

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS**

**COLEGIO DE FILOSOFÍA**

**MARCO VINICIO GONZÁLEZ SANTACRUZ**

**Unidad del pensamiento de Leibniz en  
su Física Dinámica**

**Tesis de Licenciatura**

**MTRO. JULIO ENRIQUE BELTRÁN MIRANDA**  
ASESOR

Sínodo

**Dra. Laura Benítez Grobet**  
**Dr. Alejandro Herrera-Ibáñez**  
**Mtro. Ricardo Vázquez**  
**Dr. Leonel Toledo**

*Diciembre 2007*

[marco vinicio  
gonzález santacruz]

Unidad D<sup>l</sup>pensamiento D

**L**EIBNIZ *en su*  
FÍSICA - DINÁMICA

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y  
LETRAS



COORDINACIÓN DE  
FILOSOFÍA

Mtro. Julio Beltrán Miranda  
[asesor]



Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo intelectual.

NOMBRE: Marco Vinicio González Santacruz

FECHA: 27.11.07

FIRMA: [Firma manuscrita]

# [contenido]

[introducción]

[capítulo I]

CIENCIA MECÁNICA DE LOS CUERPOS

- §§1-6 A. EL PAPEL DE LEIBNIZ EN LA FÍSICA DE SU TIEMPO  
§§7-11 B. RELACIÓN DE LA FÍSICA CON LA METAFÍSICA

## PRIMERA PARTE

### DISCUSIÓN DE LEIBNIZ CON LA FÍSICA DE SU TIEMPO

[capítulo II]

CRÍTICA A LA TEORÍA DE DESCARTES

- §§12 A. LOS PRINCIPIOS DE LA FILOSOFÍA  
§§13 – 14 Los principios del conocimiento  
§§15 – 18 Sobre la distinción de las substancias  
§§16 – 18 *Substancia extensa • Espacio • Movimiento*  
§19 B. TEORÍA DE LOS CUERPOS SUJETOS A LEYES NATURALES  
§20 Leyes cartesianas de la naturaleza  
*Primera • Segunda • tercera*  
§21 Reglas particulares para el cálculo del movimiento  
*Colisión de dos móviles en sentido opuesto • Colisión de un móvil contra un cuerpo en reposo • Colisión de cuerpos conspirantes*  
§§22 – 24 Refutación de las reglas para el cálculo del movimiento: Huygens, Wallis, Wrent  
§25 Las propiedades de los cuerpos  
§§26 – 27 En contra de los átomos

[capítulo III]

- § 28 LA DISCUSIÓN CON CLARKE  
§§29 – 31 A. RAZÓN SUFICIENTE  
§§32 – 36 B. ESPACIO  
§§36 – 37 Materia y vacío  
§38 Tiempo  
§§39 – 42 C. GRAVEDAD E INERCIA

[capítulo IV]

- § 43 LA CONSERVACIÓN DE LA FUERZA  
§§44 – 46 A. CANTIDAD DE MOVIMIENTO  
§§47 – 48 Movimiento mecánico perpetuo  
§§49 – 50 Acción Motriz  
§§51 – 56 B. REACCIONES A LA VIS VIVA

SEGUNDA PARTE

EL SISTEMA DE LA NATURALEZA

[capítulo V]

SISTEMA DE SUBSTANCIAS FORMALES

- §57 A. SUBSTANCIAS FORMALES  
§§58 – 63 Determinación metafísica de las sustancias formales  
§§64 – 65 Determinación lógico – conceptual de las sustancias formales  
§66 Determinación física de las sustancias formales  
§§67 – 70 Determinación sistemática de las sustancias formales  
§§71 – 72 B. SISTEMA DE LAS SUBSTANCIAS FORMALES  
§§73 – 74 Relación del alma con el cuerpo

[capítulo VI]

CONOCIMIENTO DE LOS CUERPOS

A. CONOCIMIENTO DE LOS FENÓMENOS

- §§75 – 76 Fenómenos  
§§77 – 83 Grados de conocimiento  
§77 *Conocimiento obscuro*  
§78 *Fuerza primitiva-derivativa*  
§79 *Interacción entre cuerpos*  
§80 *Conocimiento claro-confuso: conocimiento sensible*  
§81 *Conocimiento claro-distinto: conocimiento de nociones • Conocimiento claro distinto inadecuado*  
§82 *Conocimiento claro distinto adecuado*  
§83 *Conocimiento empírico*  
B. LA CIENCIA DE LOS FENÓMENOS  
§§84 – 87 El carácter de la ciencia  
§§88 – 92 Fundamentación sólida de la física

	<b>[capítulo VII]</b>
	DYNAMICA
	A. DESCRIPCIÓN DE LOS FENÓMENOS
§§93 – 95	Materia
§§96 – 97	Cuerpo
§§98 – 100	Movimiento
§§101 – 102	B. ECUACIONES DE LA DYNAMICA
§§103 – 104	Colisionantes
§§105 – 106	Espacio tiempo
§107	Ecuaciones del movimiento
§108	<i>Ecuación lineal • ecuación plana • ecuación sólida</i>
§§109	<i>Características de las ecuaciones</i>
§110	<i>[conclusiones]</i>
	CIENCIA MECÁNICA DE LOS CUERPOS
§111	I. UNIDAD METAFÍSICA Y DINÁMICA EN EL PENSAMIENTO DE LEIBNIZ
§112	II. UNIDAD DE CIENCIA Y EPISTEMOLOGÍA EN EL PENSAMIENTO DE LEIBNIZ
§113	III. UNIDAD DE LA EPISTEMOLOGÍA Y LOS FENÓMENOS EN EL PENSAMIENTO DE LEIBNIZ
§114	IV. UNIDAD DEL PENSAMIENTO DE LEIBNIZ EN SU FÍSICA-DINÁMICA
	<i>[índice]</i>
	<i>[índice d materias]</i>
	<i>[índice d nombres propios]</i>
	<i>[índice d figuras]</i>
	<i>[bibliografía]</i>

Para las abreviaturas de obras véase la *bibliografía*. Por lo demás se reservaron comillas latinas (« ») para las citas textuales y las inglesas (“ ”) para términos de tenor delicado. Los subrayados van en *ansiu*, a excepción de las citas, donde se reservaron éstas para las secciones marcadas en ellas por sus respectivos autores, cuando hubo necesidad de resaltar dentro de una cita se hizo en **bastardillas**

## [introducción]

¿A qué se refiere el filósofo alemán Gottfried Wilhelm Leibniz con *Dynamica*? La presente investigación tiene por objeto responder esta pregunta. La tesis fundamental de la investigación es que la teoría dinámica de Leibniz es resultado del pensamiento metafísico del autor y que, de hecho, en ella se expresa la unidad sistemática de su pensamiento: epistemológico, metafísico y científico.

El objetivo es demostrar que las características de los cuerpos, tal y como aparecen en las descripciones de los fenómenos de la física, resultan del sistema metafísico del autor. También que los enunciados generales de la ciencia pueden ser explicados a partir de los principios metafísicos. Lo anterior no quiere decir que Leibniz pretenda explicar los fenómenos a partir de la especulación metafísica, sino que la descripción científica supone conceptos que van más allá de su ámbito, mismos que deben dar razón de conceptos de la ciencia: esto es lo que aquí se llama unidad metafísica.

Además se presentarán argumentos que pretenden probar que ciertos criterios que son *directamente* aplicados al conocimiento científico en diversos sentidos (criterios verificacionistas, de relación entre enunciados, de dependencia entre conceptos y jerarquía de conocimientos) provienen y son demostrados en la teoría metafísico-epistemológica de Leibniz: a esto se llama aquí unidad epistemológica.

Por otro lado se tratará de mostrar que las características de los fenómenos, provienen, metafísicamente, del mismo principio necesario del que surge el conocimiento de los propios fenómenos.

El desarrollo de este trabajo consiste básicamente en una exposición del sistema de la ciencia física leibniziana\* entendida según los ejes que él mismo señala, a saber, en su doble relación con los fenómenos y con la metafísica. Pero el tratamiento que recibe el tema atiende también de manera, si no exhaustiva sí intensiva, a las circunstancias históricas que condicionaron el pensamiento del autor.

---

\* «Los adjetivos y sustantivos derivados de topónimos o nombres propios no adaptados al español suelen conservar las características gráficas del nombre del que derivan (p. ej.: *liechtensteiniano*, *goethiano*, *picassiano*, *taylorismo*...), permitiendo así la mejor identificación de ambos. Así, aunque la forma *leibniziano* se adapta mejor a la ortografía del español, la mayoritaria en el uso es *leibniziano*: «Utilizando una terminología leibniziana —máximos y mínimos—, descubre Hender la sutil continuidad de la historia» (Lledó Díaz [Esp. 1994]). Tenga en cuenta además que hay palabras, casi todas de origen extranjero, que, por razones normalmente etimológicas, se escriben solo con z ante e, i (aunque, en las palabras españolas, lo normal sea escribir c en esta posición), como *azimut*, *elzevir*, *enzima* ('fermento'), *nazi*, *nazia*, *zéjel*, *zen*, *zepelín*, *zigurat*, *zigzag*, *zipizape*, etc., y nombres propios como *Azerbaiyán*, *Zimbabue*, *Ezequiel*, *Zenón* o *Zeis*.» Consulta al Departamento de «Español al día» de la Real Academia Española de la lengua ([www.rae.es](http://www.rae.es)). Aquí se atenderá a la norma culta.

Para demostrar la *unidad del pensamiento de Leibniz en su física-dinámica* se expondrá —luego de un somero planteamiento general sobre la física en el tiempo, vida, obra y pensamiento leibniciano—, en la parte primera, la tesis fundamental de que, para Leibniz, la ciencia no puede ser verdadera, si no está basada en un sistema de metafísica adecuado, que es precisamente de lo que adolecía, según él, la física de Newton. Ahí se aclara en qué sentidos y en qué medida se da dicha relación entre la física y la metafísica de Leibniz.

La manera como se tratará de demostrar esta interconexión entre física y metafísica leibnicianas es la siguiente. En la parte primera de la disertación será mostrado que la *dynamica* supone una concepción del conocimiento científico, a saber una en que los enunciados acerca de los fenómenos no sólo adquieren su *verdad objetiva* de su adecuación con lo que describen ni de que predicen el comportamiento de su objeto de estudio, sino que además precisan, en tanto *enunciados del conocimiento*, ser consistentes con los principios de una metafísica adecuada. Se mostrará que esta obligatoria congruencia establece los principios propios del conocimiento científico: los principios de razón suficiente, de no contradicción, de identidad de los indiscernibles y la ley de la continuidad. Paralelamente se expondrá que, para Leibniz, los fenómenos también tienen una *realidad objetiva*, cuya determinación depende del sistema metafísico de la naturaleza. Por consiguiente, la investigación científica de los fenómenos debe tomar en consideración dicho sistema, y por tanto, valerse de la metafísica.

La crítica leibnicianana a las teorías de René Descartes e Isaac Newton muestra las características de las mismas que, a sus ojos, resultan equivocadas y que trata de solventar en su propia teoría. Estos defectos son (1) la falta de coherencia de los enunciados con los principios lógicos del conocimiento, (2) la ausencia de los mismos principios al interior del sistema de enunciados, y (3) el no considerar los fenómenos *desde* su dimensión metafísica real. Ello se hace con el objeto de presentar tanto las exigencias que Leibniz supone en una teoría científica como el carácter específico de su teoría. A lo largo de esta parte primera, serán expuestos los conceptos fundamentales de la física —espacio, tiempo, fuerza, elasticidad, velocidad, gravedad, inercia, materia— y su *estatus* en la ciencia leibnicianana. Dentro aún de la primera parte, se presentan las discusiones capitales de Leibniz con el pensamiento científico de su tiempo y el vislumbramiento, en esta atmósfera, del concepto de la *fuerza viva*, una categoría nodal de su pensamiento.

La parte segunda presenta la metafísica leibnicianana en tanto responde a las necesidades que la explicación científica de los fenómenos implica. Se resaltan ahí las determinaciones lógicas, epistémicas, metafísicas y físicas a las que la *Dynamica* como naturaleza de los fenómenos responde adecuadamente, a diferencia de las teorías de Descartes y Newton. También se expone el sistema dinámico específico de Leibniz a la luz de su fundamentación y alcance explicativo, con sus características y explicaciones particulares que lo distinguen del de sus contemporáneos.

La segunda parte es, pues, un estudio del sistema de la naturaleza que pone de manifiesto la complejidad del fenómeno-objeto de estudio de la ciencia, el fundamento de la realidad, suya y del conocimiento del mismo, las determinaciones de su *entidad* y, finalmente, la unidad de todos estos rubros en la *Dynamica*.

Las fuentes primarias documentales para la precedente argumentación son los documentos leibnicianos —opúsculos, bocetos, cartas, manuscritos— dedicados a la dinámica, haciendo especial hincapié en los que pertenecen al así llamado “período de pensamiento maduro” de Leibniz. También se examinan las obras dedicadas por el autor a polemizar con las propuestas científicas alternativas de la época y los comentarios a las mismas.

El análisis de los textos pondrá de manifiesto la constancia con la que, en unos, Leibniz remite explícitamente a la *unidad del pensamiento en su física-dinámica*, y que, en aquellos otros escritos en los que no se menciona abiertamente, existe tácitamente la misma relación con base en los conceptos empleados y su mutua articulación.

La relevancia del tema, como es aquí tratado, compete al ámbito de la *historia de la filosofía* —si bien implica a la *filosofía de la ciencia*—, y se da en tres sentidos. Primero, la figura de Leibniz es capital en el contexto de la filosofía racionalista del s.XVII, al mismo tiempo que su pensamiento se resiste a muchas de las características de los pensadores de su tiempo (como el rechazo *de facto* de la “filosofía de escuela” y el uso de terminología aristotélica). Por esta razón, un cuadro de la filosofía moderna no puede estar completo sin reparar en Leibniz y en su especificidad. Sin embargo, la exposición de su pensamiento desde el punto de vista de la ciencia natural no ha sido abordada nunca con tanto cuidado y detalle como lo ha sido a partir de las últimas décadas y este estudio reciente es esencial al abordar la figura leibniziana.

Segundo, el mecanicismo peculiar de dicho período es un hilo conductor gracias al cual pueden plantearse buena parte de los problemas filosóficos de la época. La propuesta física de Leibniz es una alternativa original y *sui generis* de este mecanicismo, que influyó notablemente en los desarrollos científicos del s.XVIII, tal y como lo demuestra la polémica surgida a partir de la estimación leibniziana de la fuerza de los cuerpos ( $mv^2$ ) y los desarrollos que surgieron a partir de su sistema de física (vía Juan y Daniel Bernoulli entre otros). De esta manera, el mecanicismo de Leibniz es importante en tanto que representa una propuesta relevante y distinta del espíritu científico de la modernidad.

Tercero, el estudio de la *Dynamica* de Leibniz, como los trabajos de muchos hombres más, es sobresaliente también por el papel que juega en la conformación de la ciencia que hoy se conoce como “física clásica”. En este sentido sus aportaciones fueron numerosas. Pero lo que aquí se subraya es el

carácter de la ciencia en Leibniz, como uno de los programas científicos que dieron lugar a la “ciencia moderna” propiamente dicha.

La disertación está compuesta por siete capítulos, uno de contextualización histórica, y el resto, que se divide en dos partes, dedicados a la argumentación probatoria.

En el primer capítulo no se abordan todavía los argumentos antes expuestos. El él se presentan los condicionamientos históricos que dieron forma a la labor científica de Leibniz. Por otro lado, también es preciso comprender cuál es la concepción del conocimiento, de sus principios y de sus características propia de la época, así como el puesto que en la misma se asignaba a la ciencia y a su objeto, la Naturaleza.

La primera parte de la argumentación, contiene los capítulos II a IV. El capítulo II expone las objeciones que Leibniz opone a la teoría de René Descartes. La polémica de Leibniz con Isaac Newton mediada por Samuel Clarke se aborda en el capítulo III atendiendo a la concepción del sistema de la Naturaleza en ambos y, específicamente, a la noción de ella que surge de los principios leibnicianos. Lo que en la historia de la física se recuerda como *la controversia de las fuerzas vivas*, un intercambio entre la clase científica de la época acerca de la estimación de la fuerza de un cuerpo, se estudia en el capítulo IV.

La segunda parte de la argumentación está compuesta por los capítulos V a VII. La exposición del Sistema de la Naturaleza leibniciano comienza en el capítulo V con las necesidades y problemáticas que buscaba resolver, se atiende a la dimensión que los fenómenos de la física ocupaban en el plano metafísico de su planteamiento. El capítulo VI, constituye el estudio del paso del nivel metafísico al físico y de los fenómenos. A partir del Sistema de las Substancias Formales se aborda el concepto de fenómeno, analizando el modo específico en que se sigue del mismo. Finalmente el capítulo VII aborda la *Dynamica* poniendo de relieve en cada concepto o procedimiento de Leibniz las fundamentaciones metafísicas que supone, o las nociones extra-científicas que funcionan ahí donde se señalan.

## I

## CIENCIA MECÁNICA DE LOS CUERPOS

La primera sección [A] de esta introducción expone sucintamente la condición histórica de la ciencia en Europa hacia la época de producción del autor. La concepción de la misma, la obra dinámica de Leibniz, está condicionada tanto por el clima socio-político que privaba en el s. XVII como por la discusión teórico-experimental [§§1-3] de la ciencia que le fue contemporánea. Pero más allá de estas determinaciones histórico-sociales, la consideración de los fenómenos naturales fue una constante preocupación a la que Leibniz, como muchos otros en la época, volvió una y otra vez a lo largo de su vida y que se encuentra íntimamente ligada con el resto de su quehacer intelectual [§§4-6]. Posteriormente [B] se atiende con especial cuidado a una aproximación inicial a la metafísica y a su relación con la ciencia de los fenómenos en cuanto *conocimiento* y en cuanto fundamento *de la realidad* de los objetos de su estudio [§§7-9]; para llegar a una breve señalización de los dos principios que atraviesan por completo su obra: el de razón suficiente y el de no contradicción, así como otros rudimentos de la epistemología de Leibniz [§§10-11].

## A. EL PAPEL DE LEIBNIZ EN LA FÍSICA DEL TIEMPO

§1 A partir del s.XVI la investigación científica comenzó a elaborarse más allá de las paredes de las universidades medievales así como una crítica de «Aristóteles y la educación convencional» desde la «nueva filosofía». El avance experimental comenzó a ser producto del trabajo individual, aunque paulatinamente los hombres de ciencia comenzaron a reunirse, para encontrar prestigio y reconocimiento, en sociedades cuyo carácter consistía en acrecentar el conocimiento empírico y el perfeccionamiento de la experimentación.

La primera de estas asociaciones tuvo lugar en Italia. La *Accademia dei Lincei*, en Roma, si bien no constituía ninguna actividad corporativa, disponía de imprentas para la difusión de resultados e investigaciones experimentales; en ella cada miembro desarrollaba separadamente su actividad y era discutida en reuniones con los demás miembros. También en Italia, la *Accademia del Cimento*, seguía el modelo de Bacon, en el que varios hombres trabajaban en la misma tarea científica, si bien sus acciones se limitaban al desarrollo experimental de los descubrimientos de Galileo y sus discípulos Torricelli y Viviani. De modo que no se produjo aquí un modelo teórico científico.

En Francia, la generación de Descartes, Gassendi, Fermat, Roberval, Pascal y Marsenne [*u Índice de nombres propios*] fue fértil en nuevas ideas teóricas y procedimientos experimentales. Las asociaciones que estos hombres constituyeron llevarían a la formación de la *Académie Royale des Sciences*, en la que varios personajes ocupaban puestos relevantes en función de su actividad epistolar: su labor consistía en informar de determinado desarrollo a cualesquiera integrantes que pudieran estar interesados en estos resultados [Hall, p. 191-3].

En Londres ciertos grupos interesados más en desarrollos matemáticos y las «ciencias prácticas», precedieron la formación de “instituciones científicas”: *The Oxford Philosophical Society* (1654) y *The Royal Society of London for the promotion of Natural Knowledge* (1662).

Todas éstas conservaban un carácter de difusión y celebraban reuniones en ciertas cedes, la cooperación mutua entre éstas permitió que para 1665 Christian Huygens desarrollara el péndulo en la fabricación de relojes, que los trabajos de Boyle y otros ingleses fueran conocidos en París y la retroalimentación entre los cartesianos y los seguidores de Gassendi.

No obstante, estas sociedades científicas terminaron por separarse de la clase “letrada y culta” de la época, y pasaron de ser centros de difusión de una «filosofía nueva» a ser centros especializados de experimentación y discusión.

«In Italy, France and England there was a transition from the discussion of natural-philosophic systems or hypothesis to the verification and accumulation of fact; as the course of scientific revolution laid more emphasis on deeds than on words, on the laboratory rather than the study, and as the preparation of commentaries and criticisms or ancient place gave place to the writing of memoirs describing the results of systematic investigation, so the characteristics or scientific organization changed accordingly.» [Hall, p. 199]

Paulatinamente estas asociaciones se convirtieron en instituciones sólidas en las que una visión experimentalista terminó por imponerse. Los libros publicados por estas asociaciones —por ejemplo— resultaban demasiado “técnicos” y mucho menos prácticos que los manuales de la época, a tal grado que los editores no los llevaban al mercado sin un pago considerable. Las discusiones acerca del carácter mecánico de los animales en la visión cartesiana parecían “entretenidas” al público culto de la época que, empero, encontraba carente de sentido una discusión acerca de la taxonomía de los huevos de insectos. En consecuencia, estas asociaciones se vieron obligadas a encontrar sustento financiero, y sus acciones, más que a liderar la “revolución científica”, se encaminaron a su propia subsistencia.

La *Académie des Sciences* fue la primera en adoptar una actitud de auto-sustento y en considerar el desarrollo de la ciencia como un asunto propio de un público especializado. En congruencia con esto comenzó con la publicación de *Philosophical Transactions* (1665), una revista en la que se publicaban las conferencias de sus miembros y las cartas entre ellos para fortalecer los vínculos entre los científicos interesados en los temas tratados.

Así, la investigación científica a partir de la segunda mitad del siglo XVII estuvo profundamente influenciada por las «sociedades científicas» y las publicaciones especializadas

«From the end of the seventeenth century the majority of active men of science were members of some active scientific group; publication in one of the ever more numerous journals gradually became the recognized manner for announcing the results of investigation; and the national scientific society was accepted as the vehicle for the state's concern in scientific matters.» [Hall, p. 186]

§2 Leibniz fue el primero en sugerir que la investigación científica podía resultar en un beneficio para el estado. Desde su punto de vista Alemania había tenido un desarrollo especial de las ciencias prácticas (química, metalurgia, ingeniería), y habían sido los holandeses los inventores del telescopio y quienes habían sido los «maestros de la navegación». La manera de remontar el subsecuente deterioro de la ciencia en Alemania era, según él, que el estado hiciera de la ciencia una prioridad. En una carta a la princesa Eugene, Leibniz discute el objetivo de dicha academia:

«Pour perfectionner les arts, les manufactures, l'agriculture, les deux espèces d'architecture, les descriptions chorographiques des pays, le travail de minières, item pour employer les pauvres au travail, pour encourager les inventeurs et les entrepreneurs, enfin pour tout ce qui entre dans l'æconomique ou mécanique de l'état civile et militaire, il faudrait les observatoires, laboratoires, jardins de simples, menageries d'animaux, cabinets de raretez naturelles et artificielles, une historie physico-médecinale de toutes les années sur des relations et observations que tous medecins salariés seraient obligez de fournir.» [sic, *apud* Hall, p. 202]

En 1682, Leibniz fundó el *Acta Eruditorum*, de acuerdo al espíritu de especialización en boga, y en 1700, con el apoyo del Elector, y después rey, Federico I, logró que se fundara la primera academia científica de Alemania bajo el amparo del estado y no como resultado de agrupaciones científicas previas (para dimensionar este hecho considérese que Brandenburgo, una ciudad importante de Prusia, estaba muy alejada de los principales centros intelectuales de Europa —Roma, París, Inglaterra—, y su primera universidad no sería inaugurada sino cien años después).

Entre las diferentes asociaciones que florecieron en toda Europa —antes o después de las grandes sociedades— fue formándose un perfil común: conceptos como el de “ley natural”, la condena del Aristotelismo-escolástico, el programa experimental y la preeminencia de las matemáticas como instrumento de análisis se impusieron entre la clase científica. Así, a finales del s. XVII la clase científica se encontraba comprometida con una “visión mecanicista del mundo”.

§3 La “teoría mecanicista del Universo” comenzó con la propuesta cartesiana expuesta en *El Mundo* o *Tratado de la luz*, y luego con *Los principios de la filosofía* [PF] (1644) y continuaría después de los *Principia Mathematica* [PM] de Newton (1687). Desde el movimiento de los elementos constitutivos de los cuerpos materiales hasta los trayectos planetarios, había que reducir la explicación a las propiedades de la materia y a las “leyes de la naturaleza”. La mecánica de los cuerpos celestes trataba exclusivamente de las fuerzas y las leyes del movimiento.

La “teoría mecanicista de la biología” estaba basada en la concepción cartesiana de los animales como autómatas. Ésta era producto de un cambio en la perspectiva filosófica y en ella no había posibilidad de una demostración “empírica” de ningún tipo. La biología de esta época trató de renovar el concepto de vida —y consecuentemente transformó la taxonomía de los seres vivos—, así como la concepción del desarrollo y las teorías de la percepción.

Finalmente, la “teoría mecanicista físico-química” estaba basada en hipótesis que, no obstante su inverificabilidad, podían ser ampliamente demostradas según sus efectos y aplicaciones. Dichas hipótesis procuraban explicar la naturaleza y constitución de la materia, los cambios y transformaciones de los cuerpos inorgánicos, la diferencia de los estados de la materia, entre densidad y masa, entre dureza y fragilidad, la naturaleza del magnetismo, electricidad, gravedad y calor, teoría de la luz y del color: todas parecían, a los ojos de los científicos de la época, requerir de una explicación a la luz de la naturaleza de la materia [Hall, p. 206].

Los filósofos naturales de los siglos XVI y XVII criticaron severamente el aristotelismo imperante y volvieron la vista a las explicaciones atomistas clásicas (Demócrito, Epicuro, Lucrecio y Hero de Alejandría), cuyos átomos exclusivamente materiales satisfacían sus requerimientos teóricos más que el *bilemonismo*, materia-forma, de Aristóteles —en 1625 Gassendi intentaba elaborar un sistema mecánico fundado en el atomismo epicúreo—. Galileo se sintió atraído por este enfoque, pues pensaba indispensable abstraer de la evidencia empírica, de la sensación, la *realidad básica* de la naturaleza. El propio Bacon, si bien consideraba que la naturaleza de la materia no debía ser atribuible a estos *átomos*, estimaba necesario descubrir las partículas reales que causan los fenómenos de los cuerpos.

De manera sucinta, a principios del s.XVIII era ampliamente aceptado que (a) la materia se componía de partículas que, en agregados, constituían los sólidos, líquidos o gases y que (b) las propiedades de los compuestos eran atribuibles a la naturaleza y movimientos de estas partículas, si bien en tres sentidos diferentes. Primero, hubo quienes sostuvieron, respecto a [a], estrictamente la indivisibilidad de los átomos y, por lo que hace a [b], la absoluta realidad del vacío en que se mueven, como Gassendi. Segundo, algunos, como Boyle, no se pronunciaron [a] acerca de la naturaleza de las partículas últimas de la materia, prefiriendo desarrollar experimentos acerca de los compuestos y se dedicaron más bien [b] a la física experimental.

Finalmente, en este ambiente intelectual, la teoría corpuscular de Descartes [§§25-7] satisfacía [a] y [b]. La naturaleza constaba de [a] tres elementos últimos, divisibles en principio, pero naturalmente “in-divididos”. El primer elemento consistía en una especie de polvo finode partículas irregulares que llenaban el espacio entre las partículas de mayor tamaño. El segundo (materia sutil o éter), de partículas esféricas más grandes y con una tendencia al movimiento. El tercero, estipulaba partículas aún mayores, irregulares y pegajosas. [b] Las propiedades de los cuerpos materiales no se encontraban en las partículas, sino que “aparecían” al juntarse éstas en agregados: la dureza se explicaba por su tendencia a permanecer en reposo, su fluidez era atribuida al movimiento interno de las partículas [Truesdell, p. 92ss].

Los cartesianos tuvieron éxito al explicar que la subida del agua en las bombas no se debe al estremecimiento del vacío o a la atracción, sino al efecto de la presión; y posteriormente trataron de explicar la gravitación también mecánicamente y como efecto de la presión. Con eso creían haber dado

razón de algunos fenómenos físicos. Si bien ningún científico asumió la teoría cartesiana de la naturaleza<sup>1</sup>, la “visión mecánica” del mundo terminó por imponerse; así como el enfoque «geométrico» de la mecánica. Como explica Truesdell:

«Actualmente, la geometría y la mecánica se encuentran alejadas entre sí: todo mundo reconoce que no existe geometría sin demostraciones, pero la mecánica se incluye dentro de la física como una ciencia de origen empírico. Durante la ilustración todavía no había aparecido este cisma absurdo, por el contrario, todo el programa de investigación de la mecánica procuraba evitarlo, pues cada generación conseguía explicar a la luz de las ciencias exactas un mayor número de fenómenos naturales.» [Truesdell, p. 96]

Hasta 1687 la investigación de las sociedades estuvo influenciada de uno u otro modo por la propuesta cartesiana. Incluso en Inglaterra Boyle desarrolló esta postura. El propio Newton se vio influenciado por este pensamiento, quizá vía Boyle, pues en sus PM habla de [a] partículas materiales últimas [§32, 36] que contienen en sí mismas las «propiedades esenciales de la materia». Estas partículas poseen una *vis inertiae* y ciertos «principios activos» que dan lugar a fenómenos como la atracción —y por ende a la gravitación. Dichos principios [b] no son «fuerzas ocultas», como le criticaron sus contemporáneos, entre ellos Leibniz, en razón de que son observados mediante la experimentación.

No obstante las ideas de Newton dieron lugar a una nueva teoría del Universo, y con base en este sistema trata de dar una explicación de la óptica y de desarrollar una biología fisiologicista. A principios del s. XVIII muchos intentos de extender las ideas de Newton más allá de la mecánica fracasaron, especialmente en la química al considerar la atracción de las partículas como causante de la afinidad entre sustancias. Eventualmente los debates científicos entre la teoría cartesiana y no-cartesiana entre Francia y Alemania, e Inglaterra respectivamente, se recrudeció, especialmente con la disputa por la autoría del cálculo y la controversia de las fuerzas vivas [§§51ss].

§4. En este contexto se desarrolla la labor intelectual de Leibniz respecto a la física. Entre 1680 y 1686 trabajó en el diseño de maquinaria para las minas de Harz [§46], en 1684 dio el análisis de la tensión en las fibras interiores de una viga sometida a carga (corregido por Jaime Bernoulli), en 1685-6 introdujo la distinción entre fuerza viva y muerta (adoptada por Juan y Daniel Bernoulli), en 1687 propuso la ley de la continuidad<sup>2</sup> o «ley de Leibniz» [§§23, 51]. El lugar de estos trabajos físicos en la cartografía de las ciencias, por así decirlo, de Leibniz, es de difícil acotación debido a tres aspectos primordiales de su obra:

---

<sup>1</sup> Boyle criticó los supuestos y la calidad de las partículas cartesianas, si bien consideró su explicación mucho más inteligible que la de las escuelas, Hooke corrigió la teoría cartesiana del color y Newton le astronomía, Leibniz las leyes del impacto de los cuerpos. [u Hall, p. 211].

<sup>2</sup> Que consiste en que el efecto corresponde plenamente con la causa, «[...] tan conocida por los estudiosos del siglo XVIII, y tan frecuentemente evocada por los geómetras continentales, incluso después de haber demostrado Euler que era insostenible.» [Truesdall, p. 101]

*Primero* debe recordarse que su biografía está entrecruzada por varios intereses y consta de las más diversas actividades, a partir de la consideración de los estudios que realizó se encuentra el más ecléctico —y enciclopédico— interés que abarca tanto a los filósofos antiguos como a lo más avanzado de la ciencia de su época (Galileo, Guericke, Kepler, Torricelli, Huygens, por mencionar algunos). Además realizó variadas funciones en lo que toca a su desempeño profesional: embajador político —y religioso— y bibliotecario fueron algunas de sus ocupaciones; y dan cuenta de su actitud multifacética.

En *segundo* término está que su propio pensamiento le exige que el conocimiento como totalidad —es decir, la relación de todos los conocimientos disponibles—, debe establecerse como una cadena de enunciados o verdades que dependan unas de las otras basadas en una concatenación, ora de mutua *dependencia demostrativa* —como en geometría—, ora de *subordinación epistémica* jerárquica de las verdades de las ciencias más particulares respecto a los conocimientos más generales —en concordancia con la propia composición del universo— [§§77ss.]. El propio Leibniz se servía del océano como metáfora: así como en él los hombres delimitan partes, aunque éstas no existan realmente, así, aunque por *conveniencia* se divida el conocimiento en áreas, éstas no existen verdaderamente.

En efecto, la *dependencia demostrativa* es exigida por Leibniz en no pocos lugares, por ejemplo:

«[...] no hay duda de que Euclides procedió más acertadamente al reducir todo a las definiciones y a un número pequeño de axiomas. Si pretendéis que esta relación entre las ideas se vea y se exprese distintamente, os veréis obligado a recurrir a las definiciones y a los axiomas idénticos, como yo pretendo; y en ocasiones os veréis obligado a contentaros con algunos axiomas no tan primitivos [...]» [NE, p. 543-4]

Respecto a la *subordinación epistémica*, se encuentran pasajes como éste:

«[...] pero en materia de sabiduría los decretos o hipótesis equivalen a los gastos a medida que son más independientes unos de otros: pues la razón quiere que se evite la multiplicidad en las hipótesis o principios, análogamente a como el sistema más sencillo es siempre preferido en astronomía.» [DM, §5, p. 58]

La *subordinación* de la que aquí se habla se basa en el continuo ontológico del Sistema de las Substancias Formales leibniciano, que va desde el fundamento mismo del Universo hasta el conocimiento de éste [§§57ss].

El *tercer* factor que dificulta la distinción de las disciplinas del conocimiento lo constituyen principios como el de «razón suficiente» y el de la «armonía preestablecida», de los que se hablará ulteriormente [§§29, 87ss], que cruzan todos los parajes de la ciencia en distintos ámbitos —metafísico, lógico, de los fenómenos—, de modo que el criterio de distinción es difuso y poco claro, pues siendo los mismos principios la causa y constitución de todo lo existente, su estudio en ciencias separadas requiere una diferenciación de precisión y matiz. No obstante es posible esbozar una idea de la distinción de los campos de la ciencia desde estas perspectivas (*primera a tercera*), del siguiente modo.

*Respecto a lo primero* debe tenerse presente que, de todos los trabajos e investigaciones que realizó el autor, fueron las investigaciones *físicas* las que recibieron especial interés debido, por una parte, al contacto que tuvo con los científicos más destacados de la época, y por la otra, a causa de la efervescencia del tema en su tiempo: las aportaciones cartesianas y las contribuciones de Newton ocupaban un espacio central entre la clase intelectual de la época.

«[...] Leibniz sought his advice on problems in theoretical optics; he wrote a treatise on the rainbow; his correspondence contains lengthy discussion about Boyle's account of the chemistry of nitre. It is also clear that he had many scientific conversations with Huygens, of whom he was a near neighbour.

»Leibniz involvement with detailed scientific work was even more extensive than Descartes's. His interests ranged from the technology of mining pumps through to the mathematics of differential calculus, and he corresponded with many of the leading scientific of the time.» [Woolhouse 1993, p. 75]

La ciencia cartesiana que se basaba en los fenómenos de colisión para explicar el movimiento había originado principalmente dos reacciones polémicas [Pepinau, p. 214]. Por una parte los cartesianos habían desarrollado la ciencia de Descartes para evitar los problemas y aporías a las que conducía [§§18, 21-2], por otro lado, Newton había encontrado una explicación alternativa de los fenómenos naturales [§28]. Estas controversias llamaron la atención de Leibniz, en principio para denunciar las que a sus ojos eran faltas en las que caían y, luego, para desarrollar modelos nuevos que no adolecían de las carencias que los mencionados: asumiendo el mecanicismo imperante en la época buscaba superar la «mera extensión» y la sola «consideración geométrica» a través de una *fundamentación sólida* en la metafísica.

Esta circunstancia es relevante en la medida que, como se verá en la primera parte de esta investigación, fue la controversia de Leibniz, a modo de correspondencia con el Reverendo Samuel Clarke, partidario de Newton, y como comentario en lo que toca a Descartes, lo que propició la redacción de buena parte de los trabajos en materia de física y las constantes publicaciones en el *Acta eruditorum* y el *Journal des Savants*, las cuales dieron pie a varios opúsculos y cartas que arrojan luz sobre el tema que aquí se discute. El propio Leibniz admite sobre el lugar de la física en su pensamiento

«Tenéis razón al juzgar (que la dinámica) es en gran medida el fundamento de mi sistema; pues en ella es donde aprendemos la diferencia entre verdades cuya necesidad es bruta y geométrica, y verdades que tienen su fuente en la corrección y en las causas finales.» [apud. Salazar, p. 6]

La relevancia de la física, además, fue una constante a lo largo de la vida y obra de Leibniz, desarrollada y enriquecida a través de su quehacer intelectual. He aquí un recuento de las principales facetas de su labor en este rubro [v Salazar, p. 9ss.]

La *Theoria motus abstracti* (1670) es el primer esfuerzo de Leibniz por explicar los fenómenos del movimiento, aquí se encuentra una aproximación de los fenómenos en términos puramente

relacionales, es decir, una abstracción de los fenómenos a principios racionales y geométricos. El movimiento —en términos de “tendencia al movimiento”— concebido como un continuo (igual que el espacio y el tiempo) se explica a partir del movimiento rectilíneo. Se acusa la influencia de Hobbes, pues se habla de átomos y *conatus*, que es el punto inextenso e indivisible recorrido en un instante. Se trata de solucionar problemas como el de la composición del movimiento, la colisión de cuerpos haciendo abstracción de la masa de los cuerpos y atendiendo exclusivamente a su fuerza. Sin embargo los efectos de la física quedan inexplicados por la teoría geométrica.

En la *Hypothesis physica noua* (o *theoria motus concreti*) Leibniz intenta salvar la distancia entre las leyes que explican las regularidades de los cuerpos físicos y su teoría abstracta; estableciendo relaciones entre los fenómenos y ciertas características de los cuerpos —masa, elasticidad, pesantez—. El éter es puesto aquí como agente de la gravedad (ello será sostenido por Leibniz hasta el final de sus días). Apoyado de nuevo en Hobbes, y ahora en Descartes, postula la propagación *ad infinitum* del *conatus* [§97].

Sin embargo aquí Leibniz se encuentra con la imposibilidad de explicar la conservación del movimiento en el mundo. El «espíritu» es concebido como «condición del movimiento», aunque es necesario postular la intervención de Dios como causa formal, como agente, de la armonía del Universo, se habla de conservación del *conatus* aunque el mecanismo no queda claro:

«Las metafísica ha de suplir entonces las deficiencias de la física. Pero las relaciones entre metafísica y ciencia no parecen estar bien establecidas, con lo que estas tesis originan tantas dificultades en materia filosófica como científica.» [Salazar, p. 11-2]

A partir de 1670 comienza el así llamado período de reformación de Leibniz, en 1672 descubre el cálculo infinitesimal —lo que le permite «des-substancializar» el espacio y definirlo como una serie de relaciones de orden— y hacia 1676 parece haber logrado la renovación de su sistema dinámico. En 1680 escribe una carta a un Sr. Filippi en la que critica las reglas del movimiento cartesianas [§24], y será en 1686 cuando publique *La demostración del memorable error de Descartes* [§44], dando inicio a la polémica de las fuerzas vivas. A partir de este período Leibniz entenderá el movimiento como la «expresión» de una fuerza.

En 1691 Leibniz escribe el *Ensayo de dinámica* (aunque este tratado no vería la luz sino póstumamente, en 1860), donde denuncia el abuso de la doctrina estática como causa de los errores de la física cartesiana [§21-4, ]. También aparece aquí la tesis de la conservación de la *fuerza viva*, si bien los argumentos dados parecen justificar dicha preservación sólo *a posteriori*. Será en *Dynamica de potentia et legibus naturae corporum* donde trate de dar una justificación *a priori* de la misma, tratando de exponer que su fundamentación, basada en la metafísica, es más sólida y, en esa medida, penetra más en el orden de las cosas (si bien esta postura será criticada por d'Alambert) [§53].

Finalmente, en 1695, Leibniz publica el *Especimen dynamicum*, donde aparece la relación entre la fuerza viva —dinámica— y la fuerza muerta —estática—, y reprocha no distinguir que en ésta sólo se considera el *conatus* antes de haber adquirido un *impetu* [§97] (cantidad de movimiento finita). Aquí Leibniz establece la ecuación  $\frac{1}{2}mv^2 = Fd$ , lo cual «constituye el gran triunfo de la dinámica leibniziana» [Salazar, p. 12].

Por lo que toca a la unidad del conocimiento, aún dados los requerimientos de *dependencia demostrativa* y *subordinación epistémica*, se encuentra como criterio de distinción el *origen de los enunciados* de que se trate, porque aunque todos los enunciados epistémicos se relacionen entre sí, existen diferencias en la génesis de unas y otras proposiciones que permiten acotar sus ámbitos.

Se tienen *verdades de razón y de hecho*, cuya correcta elucidación será tema de los siguientes apartados, baste por ahora con decir que las segundas son contingentes y posibles y que se refieren a la Naturaleza [M, §§33, 36].

De manera que al mismo tiempo que los enunciados de la Naturaleza deben desprenderse de los de la metafísica —pues el criterio razón suficiente, estudiado en ésta afecta también a los enunciados de la física— se pueden distinguir en virtud de la contingencia de los argumentos en el plano de los fenómenos.

De lo *tercero*, sobre los principios de razón suficiente y no contradicción, debe hablarse teniendo en cuenta, por un lado, que para Leibniz no existe una *realidad material per se*, sino una constitución formal de la realidad a partir de un sistema de sustancias formales, y, por otro lado, que lo que se entiende como tal se explica a través del concepto de fenómeno, como una característica de éstas [§81].

Así, debe partirse de la constitución de la realidad como una Naturaleza que no admite un salto entre lo material y lo no material. Una entidad cualquiera así, incluso las llamadas materiales, puede ser perfectamente explicada tomando en consideración sólo las especulaciones metafísicas, si bien sólo podrá ser explicado en lo *general*, pues el detalle de sus afecciones particulares no corresponde a la filosofía primera.

§5.... La física no es, pues, el estudio de un ámbito determinado de la realidad, separado de otros: pues la realidad es constante. La distinción se encuentra, antes bien, en la *atención* que se ponga a las causas de los fenómenos, sean las eficientes o las finales: aunque un fenómeno, como el cuerpo animal, puede ser explicado a partir de la sola voluntad de Dios y de los elementos que lo componen, y aunque esta vía

«[...] es más profunda, en efecto, y en algún sentido más inmediata y *a priori*, es en cambio bastante difícil cuando se llega al detalle, y creo que nuestros filósofos están, la mayoría de las veces, todavía muy lejos de ella. Pero la vía de las [causas] finales es más fácil y no deja de servir con frecuencia para adivinar verdades importantes y útiles [...]» [DM, §22, p. 81]

De manera que el estudio de la física se distingue en este sentido por una aproximación particular y detallada de una determinación de la realidad. Por supuesto, como una entidad determinada para ser comprendida totalmente debe ser explicada atendiendo a las máximas generales a las que está supeditada, tanto como a las particulares que ejemplifica, Leibniz censura que no se recurra a las causas finales —al orden de dicha entidad dentro de la Naturaleza— en física; pues «es ahí donde hay que buscar el principio de todas las existencias y de las leyes naturales» [DM, §19, p. 77-9] [*u infra* §§84ss, 93-4].

¿De qué tipo, dicho lo anterior, de división de la ciencia se está hablando? Para responder esta pregunta es posible recurrir a *Los nuevos ensayos sobre el entendimiento humano*, obra dedicada a polemizar pormenorizadamente con Locke, donde Leibniz toma la siguiente división de aquél y luego la modifica:

«Todo cuanto puede penetrar en la esfera del entendimiento humano corresponde, o bien a la naturaleza de las cosas en sí mismas, o, en segundo lugar, al hombre en calidad de agente, que tiende a su objetivo y en particular a la felicidad, o, en tercer lugar, a los medios de conseguir y de comunicar el conocimiento. También las ciencias se dividen en tres especies. La primera es la *física* o filosofía natural, que comprende no sólo los cuerpos o sus afecciones, como número o figura, sino también los espíritus, incluido Dios y los ángeles. La segunda es la *filosofía práctica* o la *moral*, que enseña el modo de obtener cosas buenas y útiles, y se propone no sólo el conocimiento de la verdad, sino también la práctica de lo que es justo. Por último, la tercera, es la *lógica* o conocimiento de los signos, pues logos significa palabra. [...] Estas tres especies, la física, la moral y la lógica, constituyen como tres grandes regiones, en el mundo intelectual, separadas por completo y distintas la una de la otra.» [NE, IV, 21, p. 634-5].

Especial atención merecen dos características, primero la idea de que (a) las regiones de la ciencia están separadas por completo en tanto que nada de lo que cae bajo el ámbito de estudio de la una puede ser considerado —si se procede con propiedad— por otra, y segunda que (b) las características de estas ciencias son enteramente diferentes entre sí. Leibniz critica esta distinción:

[a] *Cada parte del conocimiento así parcelado puede englobar a las demás*, porque si la física abarca incluso a Dios —en tanto causa última del movimiento y creador de los “cuerpos materiales”—, entonces, por hablar de éste, habría que hacerlo de bien y mal (por consiguiente de moral), y al explicar el entendimiento de los espíritus habría que hablar de lógica.

Por otro lado, si la filosofía moral trata de la felicidad, trata igualmente de la salud de las personas —que corresponde al estudio del cuerpo y sus afecciones— necesaria para ello; así mismo, las palabras que se les dirijan para explicarles qué es la virtud tendrían que estar aquí contempladas. Los diccionarios por su parte, el ordenamiento de los signos, demostrarían que es necesario, para explicar las palabras, entrar en materia física o moral: así que las tres grandes provincias estarían inmiscuidas siempre la una con la otra.

Por lo que toca a [b], *existen verdades que pueden ser colocadas en más de una esfera*, por ejemplo, la historia de un descubrimiento acerca de un objeto puede ser valorada como conocimiento teórico, pero dado que el descubrimiento modificó el significado del vocablo con el que se designaba antes del hallazgo a esa entidad, también podría ser clasificado en el conocimiento de los signos y, si además intervino una buena acción en tal evento, merece por igual ser considerada dentro del ámbito moral.

§6 Leibniz propone una división alternativa en tres niveles (a) *sintético-teórico*, (b) *analítico-práctico* y (c) *término-repatorio* [u §80-1].

La primera abarcaría las verdades clasificadas en sucesión de acuerdo a la *dependencia demostrativa* que dicen unas de otras, la segunda las ordenaría según el provecho que proveen al hombre en busca de su felicidad —o el perjuicio que en este sentido le evitan— y la tercera consistiría simplemente en un ordenamiento, por ejemplo alfabético, de todos los términos del conocimiento, indicando en cada caso a qué ciencias es pertinente dicho término.

La semejanza entre ambas distinciones es patente, lo que hace poco más que pertinente la pregunta: ¿por qué postular, y por qué es preferible, una mejor que la otra?

*En primer lugar está el criterio y el estatus de éste*. Mientras que en la clasificación de Locke, la distinción se da en virtud de las verdades mismas, es decir, suponiendo que existe una clara distinción entre los objetos a los que se refieren ciertos enunciados, para Leibniz se trata de una *clasificación dispuesta con base en la conveniencia<sup>3</sup> de su organización*.

«Ahora bien, considerando estas tres disposiciones, encuentro muy curioso que se correspondan con la antigua división, que vos habéis rescatado, que clasifica a la ciencia o a la filosofía en teórica, práctica y discursiva, o bien en física, moral y lógica. Pues la disposición sintética corresponde a la teórica, la analítica a la práctica, y la del repertorio en función de los términos a la lógica, de suerte que esta antigua división es muy adecuada, siempre que se entienda tal y como acabo de explicar esas disposiciones, es decir, no como ciencias distintas, sino como diversas **clasificaciones de las mismas verdades, en tanto se cree conveniente repetirlas.**» [NE, IV, 21, p. 638-9]

Se encuentra un criterio convencional y temporal para la clasificación de las ciencias.

La pertinencia de llamar a cada clasificación con un nombre nuevo —y no sólo redefinirla con los previamente disponibles— obedece, por su parte, a la calidad de los enunciados: sintético, analítico y término son nociones referidas al tipo de oración de que se trata, y no a la naturaleza del contenido de la oración o sus partes. Por otro lado, en todo momento Leibniz se cuidará, con mayor o menor acierto, de no contradecir las verdades físicas que estima haber alcanzado.

---

<sup>3</sup> Esta naturaleza convencional de la clasificación de las ciencias le permite a Leibniz proponer una división civil de las ciencias, basada en las profesiones a las que una verdad pertenece.

## B. RELACIÓN DE LA FÍSICA CON LA METAFÍSICA

§7 La metafísica condiciona el estudio de la física en dos sentidos. *Primero*, en tanto establece los principios generales de la Naturaleza entendida como un todo [§§58ss]. *Segundo*, en tanto determina los principios mismos del conocimiento acerca de la Naturaleza [§§65, 85, 88ss].

*Primero* La conexión de una ciencia con otra es, en tanto su estudio, dividida convencionalmente, pero en lo que toca a su contenido, como se ha visto [§4-6], todo el conocimiento se encuentra relacionado continuamente. Así, la relación de la física con la metafísica es necesaria e insoluble, no obstante que ambos campos están perfectamente delimitados entre sí, esto es como sigue.

En tanto ciencia, la física ocupa un lugar propio en su método y enfoque, así como en su campo, y no ha de apelarse a nociones ajenas a esto para la construcción de su discurso; considerada, empero, como conocimiento y explicación del universo debe estar supeditada a las verdades de la metafísica.

*La física como disciplina*, según afirma el autor, no requiere de consideraciones más generales que aquellas que el detalle de lo natural le impone, pues al considerar formas substanciales y sus características dice estar de acuerdo

«[...] en que la consideración de estas formas no sirve de nada en el detalle de la física y no se la debe aplicar en la explicación de los fenómenos en particular. Y en esto es en lo que erraron nuestros escolásticos, y los médicos de la época pasada a ejemplo suyo, al creer dar razón de las propiedades de los cuerpos apelando a las formas y las cualidades, sin tomarse el trabajo de examinar de la operación; como si quisiera uno contentarse con decir que un reloj tiene la cantidad horodáctica procedente de su forma, sin considerar en qué consiste todo eso. [...] así como un geómetra no necesita complicarse la mente con el famoso laberinto de la composición del continuo, y ningún filósofo moral y menos aún jurisconsulto o político tiene necesidad de las grandes dificultades que se encuentran en la conciliación del libre albedrío y la providencia de Dios [...]; de igual modo un físico puede dar razón de las experiencias sirviéndose, ya de las experiencias más sencillas hechas anteriormente, ya de las demostraciones geométricas y mecánicas, sin necesitar consideraciones generales que son de otra esfera; y si emplea para ello el concurso de Dios [...] es tan extravagante como si en una deliberación práctica quisiera entrar en grandes razonamientos sobre la naturaleza del destino y de nuestra libertad [...]» [DM, §10, p. 63-4]

La postura es clara: no se puede, en una explicación física, apelar al concurso divino para dar razón de fenómenos particulares y detallados, pues ello adolece de varios errores:

*Primero*, no habría razón para dar una explicación en tal caso, porque bastaría, desde un principio, con aludir a la caprichosa voluntad de Dios para aclarar todos los fenómenos —postura a la que se opone Leibniz—.

*Segundo*, hay que tener también presente, como se ha dicho más arriba, que la física compete exclusivamente al reino de la descripción fenoménica. De manera que la especulación de las

condiciones metafísicas del Universo (es decir, de las causas eficientes), de los principios de la filosofía, no son adecuados para explicar el mundo físico en dos sentidos:

- (a) No bastan para satisfacer las necesidades que demanda una explicación de este carácter por la naturaleza propia de uno y otro discurso.
- (b) Resultan impertinentes las especulaciones metafísicas en una investigación física (advuértase, no obstante, que en ningún caso la investigación retrocede en esta circunstancia, tan sólo no se aporta nada al conocimiento requerido).

«La Naturaleza está constituida como si hubiera un Estado dentro de otro Estado, como si fuera un reino doble, el de la razón y el de la necesidad, es decir, el de las formas y el de las partículas de la materia, pues así como todo está lleno de almas, todo está lleno de cuerpos orgánicos. Estos reinos están gobernados cada uno de modo distinto, cada uno con su ley, y tan inútil es buscar la causa de la percepción y el apetito en las modificaciones de la substancia, como la de la nutrición y las otras funciones orgánicas en las formas o almas. Y es que la substancia suprema, causa universal de todas las cosas, por su infinita sabiduría y poder hace que esas dos cosas tan diferentes se relacionen en la misma substancia corpórea, armonizándose perfectamente entre sí, como si una estuviera regida por la otra [...]» [OC, II, 64, p. 193]

Pero si antes se dijo que todos los conocimientos están relacionados entre sí y que no debe suprimirse la investigación de las causas primeras, y, si ahora se afirma que, vista como disciplina la física es independiente de la metafísica, es necesario aclarar en qué sentido se apoyan éstas y cuál es el punto en que se separan.

§8 *La metafísica y la física* se ocupan de un mismo Universo-continuo, propio de la ontología de Leibniz [NS, §3, p. 11-2] [§§66ss, 89], pues a su parecer sólo un Universo así puede ser *unitario*, de manera que la distancia de estas disciplinas debe ser de grado, en algún sentido.

Existiendo un Dios creador del Universo en su totalidad, respecto a Él (respecto a su entendimiento), las reglas en las que Él mismo se basó para las constitución de la creación no admiten excepción e incluso los milagros obedecen la máxima regla de su voluntad divina, misma que no puede ser encubierta por el entendimiento humano —si bien parte de ella puede alcanzar a ser vislumbrada por él— [§§85-6].

Pero existen reglas más sencillas de la naturaleza a las que el entendimiento de los hombres no tiene negado el acceso epistémico, por supuesto éstas no pueden entrar en contradicción con aquéllas, antes bien, cada regla de la naturaleza es una ejemplificación de la máxima regla del Universo: ésta se verifica constantemente en aquéllas [§91]—de suerte que un milagro es *sobrenatural* respecto a las leyes más particulares [§42]—; por esta razón Leibniz denomina a las reglas menos universales como *subalternas* (de la regla del plan de la creación) [DM, §5-7, p. 57-60].

Así, la explicación de la física trata de estas normas subalternas y apelar a las máximas generales universales no explica nada de dichas normas, porque este grado de conocimiento exige saber lo que hay de particular en las ejemplificaciones de las máximas generales dentro del mundo natural. Recurrir a los primeros principios sería no prestar atención a la particularidad de las leyes divinas, que es precisamente de lo que trata la física, si bien los enunciados de ésta adquieren su realidad por su relación con aquéllos.

Lo anterior no está en contradicción con la metafísica pues, en virtud de que ambas explicaciones han de estar conciliadas entre sí por el principio de la armonía preestablecida [M, §79, p. 53], y porque se refieren a la misma Naturaleza.

Entre el reino de las causas finales y eficientes —parámetro que también las disocia— existe la misma armonía.

De esta manera se ve que, por un lado, física y metafísica se relacionan por el solo principio de armonía preestablecida o *subordinación epistémica* y, por el otro, por el principio de razón suficiente o *dependencia demostrativa*; además de la continuidad que impera en la creación. Pero esta relación no es una que se de propiamente entre ambas ciencias en tanto tales, pues el vínculo radica más en el hecho de que ambas se refieren a un mismo mundo y a las características de éste.

Al mismo tiempo el vínculo mutuo de ambos conocimientos descansa sobre las características del conocimiento como tal. De hecho hasta aquí se ha dicho, por lo que toca a las disciplinas mismas, que pese a estar referidas al mismo objeto y estar regidas por las mismas leyes epistemológicas, son entre sí harto distintas.

La relación propia entre física y metafísica se encuentra expresada de la siguiente manera: de basar la investigación física sólo en la geometría, se llegaría a postulados y enunciados que resultan plausibles desde un punto de vista puramente matemático, pero que contravendrían enteramente el orden del universo [§84]. Leibniz ofrece el siguiente ejemplo:

«[...]siendo acorde a la razón que la suma de la fuerza motriz de la naturaleza sea la misma y que no decrezca, puesto que observamos que no se pierde ni disminuye la fuerza de ningún cuerpo sin que se transmita a otro, ya que precisamente el movimiento mecánico perpetuo no se da jamás, por lo que sin un nuevo impulso exterior ninguna máquina, ni siquiera el universo entero, puede aumentar su fuerza, se ha dado caso de que Descartes, que consideraba equivalentes la *fuerza motriz* y la *cantidad de movimiento*, haya sostenido que Dios conserva la misma cantidad de fuerza en el mundo.» [BD, p. 4]

Esta cita ha sido tomada de un breve escrito en el que Leibniz ataca la física cartesiana [§20, u §29-30]. ¿Qué demuestra este ejemplo? Lo relevante es aquí la causa del error: los que sostienen la hipótesis mencionada se fiaron, a sentir de Leibniz, del puro razonamiento geométrico, sin tomar en cuenta el “plan de la creación divina” —es decir, la condición de sistematicidad de la Naturaleza— a cuya elucidación se llega por la vía de la metafísica [§65]. En otras palabras, no tomaron en cuenta la

consideración de los fenómenos como parte de un conjunto organizado que abarca *todas las entidades posibles*. En efecto, refiriéndose a este mismo punto, dice en un texto a lo sumo escrito dos años antes:

«Pues si no hubiera en los cuerpos más que una masa extensa y en el movimiento no hubiese más que el cambio de lugar, y todo debiera y pudiera deducirse de estas solas definiciones [del movimiento] por una necesidad geométrica, de esto se seguiría, como he mostrado en otro lugar, que el cuerpo más pequeño daría al más grande que estuviera en reposo, y con el que chocara, la misma velocidad que él tiene, sin perder nada de la suya; y habría que admitir otras reglas semejantes, totalmente contrarias a la formación de un sistema. Pero el decreto de la sabiduría divina de conservar siempre la misma fuerza y la misma dirección en suma, ha provisto a ello.» [DM, §21, p. 79-80]

Esta falla sólo se evitaría con la conciencia de las reglas sistemáticas de la Naturaleza, que es el conocimiento del orden de la Naturaleza, orden cuyo estudio no pertenece al estudio de la física:

«Y parece, cada vez más, aunque todos los fenómenos particulares de la naturaleza se puedan explicar matemática o mecánicamente por los que los entienden, que, no obstante, los principios generales de la naturaleza corpórea y de la mecánica misma son más bien metafísicos que geométricos, corresponden más bien a algunas formas o naturalezas indivisibles como causas de las apariencias, que a la masa corpórea o extensión.» [DM, §18, p. 77]

Se tiene, pues, una relación metódica entre los ámbitos epistémicos que competen aquí: en efecto, resulta impropio abordar el estudio de la *física* sin conocer las máximas generales a las que las investigaciones detalladas —es decir, menos generales— están subordinadas, entre dos explicaciones igualmente plausibles no existe criterio para decidirse por una o por otra *atendiendo exclusivamente al objeto en cuestión*, sino que hay que atender también *a las leyes más generales a las que se subordinan los fenómenos* y que radican *fuera* de ellos, en su estudio y existencia [§91].

Si se quiere explicar un evento determinado y para tal fin se dispone de dos exposiciones funcionales en el mismo grado, nada en el objeto puede determinar cuál de ellas debe ser preferida (toda vez que es este objeto el definiendo y optar por alguna es ya suponer su conocimiento antes de la explicación), y tampoco se hallará en las propuestas (porque en su carácter de modelos explicativos son ambas igualmente legítimas) [§§30, 42, 92].

Conocer, pues, las reglas generales de la metafísica permitirá optar por una u otra opción. Lo cual lleva a la relación más profunda a este respecto, pues sin éstas la investigación física no podría dar cabal cumplimiento a su objetivo:

{...} I realized that the consideration of mere *extended mass* is insufficient, and that use must also be made of the notion of *force*, which is perfectly intelligible, though it belongs to the sphere of metaphysics. I realized also that the opinion of those who transform or demote animals into mere machines, although it seems possible, is implausible, and indeed contrary to the order of things.» [NSI, §2, p. 11]

*La metafísica como fundamento de la física* es la relación primordial entre éstas, expresado por el propio autor:

«These considerations, however metaphysical they may seem, are nevertheless marvellously useful in physics for grounding laws of motion, as my dynamics will be able to show.» [NS, §18, p. 20]

§9 Efectivamente, en el *Nuevo tratado sobre la naturaleza* se encuentran una serie de disertaciones que muestra Leibniz como argumentos para preferir su modelo de substancias formales en detrimento de la concepción de átomos materiales. Es de notar que la mayoría de los argumentos propuestos en el antedicho opúsculo no son de carácter explicativo o funcional. Son, antes bien, argumentos metafísicos sobre las implicaciones y relaciones lógicas que implícitamente sostiene la postura materialista-mecanicista [§§58, 84, 90].

Aparece un análisis de los axiomas y definiciones propuestos por esta explicación. Aquí Leibniz ofrece una bitácora de la reflexión que le tuvo en vilo por razón de semejante teoría donde es posible apreciar la relevancia de la especulación metafísica y la exigencia de un fundamento extra-fenomenal para la ciencia física, mismo que adquiere una relevancia tal que lleva a postular, como principio de la naturaleza, un concepto formal —y no uno corporal— por ser éste el único capaz de satisfacer las necesidades conceptuales requeridas [NSI, §11, p. 16].

Al ofrecer un modelo de los fenómenos naturales no se puede abandonar la cuestión de la explicación satisfactoria de los mismos, para considerar una propuesta satisfactoriamente explicativa, se deben estudiar las implicaciones metafísicas de los conceptos propuestos y, una vez que se encuentra un fundamento metafísico de tal discurso, éste será el fundamento *ontológico* de la propia explicación y otras ulteriores. No se debe suponer, sin embargo, que se trata de una relación puramente discursiva, como el autor dice al referirse a sí mismo en boca de *Teófilo*,

«[...] las leyes de la naturaleza, buena parte de las cuales era ignorada anteriormente a este sistema, tienen su origen en principios superiores a la materia [...]» [NE, §1, p. 67]

En todo caso la *realidad* de los enunciados físicos —que son *entre sí* independientes de cualquier otra ciencia en tanto perspectiva de las entidades, y que deben otorgar por sí mismos una explicación de los fenómenos naturales— no reposa en éstos, sino que descansa en algo anterior a ellos, a saber, el basamento metafísico:

«Yo estoy completamente de acuerdo en que todos los fenómenos particulares de la naturaleza pueden explicarse mecánicamente, siempre que los hayamos examinado suficientemente, y en que no pueden entenderse por otro método las causas de las cosas materiales. Pero creo que hay que tener siempre presente que los principios de la mecánica, y por consiguiente las leyes generales de la naturaleza, proceden de principios más elevados, y que no pueden explicarse sólo por la consideración de la cantidad y de las cosas geométricas, sino que incluyen algo metafísico, independiente de las nociones que nos proporciona la imaginación. Pues además de la imaginación y sus modificaciones la materia tiene fuerza o potencia para actuar, la cual permite el tránsito de la metafísica a la naturaleza, de las cosas materiales a las inmateriales.» [OC, II, 64, p. 192]

Dado que el mundo como tal es un continuo y el conocimiento es también parte de éste, se requiere que la metafísica sea el fundamento de la física en dos sentidos.

*Primero*, para conocer las verdades de la materia en particular se deben conocer las más generales, de manera que aquéllas no contradigan a éstas.

*Segundo*, el pensamiento discurrirá claramente si conoce que las máximas mencionadas son parte incluso de él, pues no pocas veces resulta que las características del entendimiento —que son las mismas que las del universo en general— y las de la naturaleza coinciden [NE, §1, p. 82]; en efecto

«[...] muy frecuentemente la consideración de la naturaleza de las cosas no es más que el conocimiento de la naturaleza de nuestro espíritu y de esas ideas *innatas* que no hay necesidad de buscar fuera». [NE, §1, p. 82-3]

En resumen, la relación de la metafísica con la física es como sigue:

- a) Las leyes y enunciados de la física deben estar supeditados por *orden jerárquico* a las reglas generales de la metafísica.
- b) Por referir ambas al mismo *Universo continuo*, se encuentran vinculadas, y no es posible agotar la explicación de una entidad en uno sólo de sus ámbitos, es decir, ambas mantienen una relación de *dependencia demostrativa*. No obstante el conocimiento de una no puede usarse para dar razón de lo que estudia la otra.
- c) La distinción de la perspectiva desde la que se estudiará una entidad es puramente convencional, en tanto *su naturaleza* no está actualmente dividida en esferas o ámbitos diversos.
- d) La física establece un modelo explicativo satisfactorio por sí misma que atiende al fenómeno de los cuerpos materiales, sin embargo éste adquiere su carácter de realidad ontológica con base en su congruencia con la descripción metafísica de la Naturaleza.

Además de lo ya dicho, la metafísica determina el conocimiento de las ciencias naturales de, al menos, dos maneras más:

*Primero* porque los mismos principios que rigen el pensamiento son los que rigen el orden de la Naturaleza y, *segundo*, dado que en virtud de los grados de conocimiento existe ya una distinción fundamental entre los enunciados epistémicos [§§77ss], diferencia que se ve reflejada en el ámbito del saber dentro del cual un conocimiento puede ser clasificado.

§10 Los enunciados más anteriores del conocimiento son ciertas ideas simples cuya definición no puede darse —aunque tampoco es requerida—, axiomas o *principios primitivos*, enunciados idénticos cuyo opuesto contiene una contradicción expresa [M, §35, p. 37]. Leibniz indica, además, que ciertos principios son innatos a los hombres, y que éstos no consisten en *ideas comunes* a ellos, pues sostiene que

«[...] aunque no fuesen conocidos [por un hombre en particular], no por ello dejarían de ser innatos, ya que sólo se les reconoce a partir del momento en que hayan sido escuchados; y añadiré también que, en el fondo, todo el mundo los conoce, y que, por

ejemplo, el principio de [no] contradicción es usado en todo momento, aún cuando no se le considere distintamente [...]» [NE, §1, p. 73]

y un hombre sólo sería capaz de reconocer estos principios en la medida en que los aprende, pues aunque ya se “encontraban” en él, y aunque actuaba en conformidad con ellos, no los distinguía separadamente. De estos *primitivos* parte todo pensamiento humano [§§81-2].

Así todos los razonamientos se fundamentan sobre el los principios de razón suficiente y no contradicción. El primero es aquel

«[...] en virtud del cual consideramos que no podría hallarse ningún hecho verdadero o existente, ni ninguna Enunciación verdadera, sin que haya una razón suficiente para que sea así y no de otro modo. Aunque estas razones en la mayor parte de los casos no pueden ser conocidas por nosotros.» [M, §32, p. 36]

Mientras que por el principio de no contradicción

«[...] juzgamos *falso* lo que implica contradicción, y *verdadero* lo que es opuesto o contradictorio a lo falso.» [M, §31, p. 36]

Estos principios se distinguen porque su origen se encuentra en el entendimiento y su contenido no depende de los sentidos.

«En tal sentido, hay que afirmar que toda la Aritmética y la Geometría son innatas y están en nosotros de una manera virtual, de suerte que resulta posible encontrarlas si se las considera con atención y dejando de lado lo demás que tenemos en el espíritu, sin servirse de ninguna otra verdad aprendida por medio de la experiencia o por tradición ajena [...]» [NE, §1, p. 74]

Los principios innatos se caracterizan entonces por encontrarse en el entendimiento de todos los hombres —aunque no sea de manera consciente— y por su origen. Además poseen la característica de ser verdades *necesarias*, rasgo que los diferencia de cualquier tipo de conocimiento originado en los sentidos.

Cabe decir que en la información de los sentidos se verificarían las verdades necesarias del entendimiento e incluso puede decirse que la información sensible sirve para advertir los principios innatos, que están en quien percibe (como en geometría se sirve de figuras que ilustran los axiomas, teoremas y demostraciones).

No se trata de una disyunción exclusiva entre los principios innatos y el conocimiento sensorial, simplemente es una división basada en el origen del contenido conceptual que repercute en la calidad de los enunciados obtenidos por una u otra vía:

«[...] las ideas que provienen de los sentidos son confusas, y las verdades que dependen de ellas también lo son, al menos parcialmente; mientras que las ideas intelectuales y las verdades que de ellas dependen son distintas y ni unas ni otras tienen su origen en los sentidos, aún siendo cierto que nunca pensaríamos en ellas si no tuviésemos sentidos.» [NE, §1, p. 76]

Debe ser advertido —por el contrario— que existe una estrecha relación mutua entre los principios innatos y los conocimientos sensibles o de experiencia, pues aquéllos actúan, estando conscientes o no, en la práctica diaria, permitiéndolo adquirir conocimientos empíricos a la vez que éstos permiten ser conscientes de otros conocimientos reflexivos [§§77ss].

§11 Por otro lado al aproximarse a la ciencia se ve que ambos resultan igualmente indispensables. Por los conocimientos necesarios se advierten las máximas generales del Universo aunque no ayudan en la investigación detallada de los cuerpos, para la cual es menester recurrir a los conocimientos empíricos. Al mismo tiempo los principios que rigen la Naturaleza particular de las entidades materiales son los mismos que gobiernan en el Universo y en el entendimiento.

De manera que existe una armonía entre las verdades que se adquieren sin recurrir a los sentidos y las que se entienden por la experiencia, armonía que se encuentra en la Naturaleza misma. La armonía preestablecida es, así, un principio tanto de las entidades [§67] como del conocimiento [§§75ss].

Además los principios de razón suficiente y no contradicción son constituyentes no sólo del entendimiento sino que se corresponden con la ontología en su nivel más general, de modo que incluso en los conocimientos sensoriales deben existir estos principios.

Los juicios de los que se predica *verdad* son de dos tipos: de razonamiento —necesarios y su comprobación consiste en que su opuesto es imposible— o de hecho —contingentes y de opuesto posible—. Finalmente hay otros juicios que se dan por verdades sin que requieran demostración o definición, semejantes *principios primitivos* contienen en su opuesto una expresa contradicción.

El conocimiento de los principios de razón suficiente y no contradicción constituye una *Verdad de razón*, pues su carácter de necesidad por lo que toca a su verificabilidad [§81], su origen basado sólo en el entendimiento y el que se refieran a los principios del Universo, los define como tales en contraste con las que son *verdades de hecho*<sup>4</sup> que, por referirse y originarse en los sentidos y en tanto que su verificabilidad es contingente por dedicarse al detalle de los cuerpos, se diferencian de las primeras:

«La demostración originaria de las verdades necesarias sólo proviene del entendimiento, y las restantes verdades provienen de las experiencias o de las observaciones de los sentidos. **Nuestro espíritu puede conocer unas y otras, pero es origen de las primeras, y por muchas experiencias particulares que puedan mantenerse de una verdad universal, sin conocer la necesidad de la misma por medio de la razón misma nunca se podría estar seguro de ella, y por siempre mediante la sola inducción.** [...] las ideas que provienen de los sentidos son confusas, y las verdades que dependen de ellas también lo son, al menos parcialmente; mientras que las ideas intelectuales y las verdades que de ellas dependen son distintas y

---

<sup>4</sup> En la *Moradología* se encuentra la siguiente definición:

«Hay dos clases de verdades: las de Razonamiento y la de Hecho. Las verdades de Razonamiento son necesarias, y su opuesto es imposible, y las de Hecho son contingentes y su opuesto es posible. Cuando una verdad es necesaria se puede hallar su razón por medio de análisis, resolviéndola en ideas y verdades más simples, hasta que se llega a las primitivas.» [M, §33, p. 36]

ni unas ni otras tienen su origen en los sentidos, aun [sic] siendo cierto que nunca pensaríamos en ellas si no tuviésemos sentidos.» [NE, §1, p. 77-9]

Puede esbozarse una idea de a qué es a lo que el texto se refiere con «conocimiento confuso» [§78] —término que remite a Descartes— recurriendo a otra obra de Leibniz [DM, §24, p. 83-5], donde asevera que el conocimiento es, o bien *claro-oscuro*, o *distinto-confuso*.

La primera dicotomía se refiere al hecho de poder distinguir una cosa de las demás (si de un conjunto se identifica una cosa cualquiera, sin duda, el conocimiento es *claro*, pero si se tiene dificultad en reconocer un particular de entre otros cualesquiera objetos, entonces se trata de un conocimiento *oscuro*).

La segunda cualidad del conocimiento es acerca de la conciencia de qué es aquello que hace resaltar un elemento entre otros (si del ejemplo anterior, al distinguir claramente, podemos decir qué es lo que diferencia al objeto de los demás que conforman el conjunto, el conocimiento es *distinto*, de no poder hacerlo es *confuso*): de manera que existe la posibilidad de un conocimiento *claro* y *confuso* (distinguir que una cosa es distinta a otra sin saber cuáles son sus propiedades esenciales) tanto como la de uno *claro* y *distinto*. A su vez,

« [...]el conocimiento distinto tiene grados, pues de ordinario las nociones que entran en la definición necesitarían de definición ellas mismas, y sólo se conocen confusamente. Pero cuando todo lo que entra en una definición o conocimiento distinto se conoce distintamente hasta las nociones primitivas, llamo a este conocimiento *adecuado*.»

Las verdades propias de la ciencia son las de *hecho*, aquéllas que provienen de los sentidos, y esto deja en una aporía: si este tipo de verdades produce conocimiento confuso, entonces cabe preguntarse cuál es la garantía y finalidad de su estudio [§§77ss].

Para Leibniz un conocimiento *de hecho* supone, en mayor o menor grado, un cierto nivel de confusión, ello no es razón para, como propone Descartes, dudar del conocimiento sensorial [§13]. No obstante entre más elementos dé la definición, más adecuado será el conocimiento en cuestión, aún en el nivel sensorial, y puesto que la física se fundamenta en la metafísica, al estar regida por los principios de ésta hallará la claridad que no obtiene a través de la experiencia en las máximas generales por ella enunciadas, así como sustento para las más particulares.

De modo que un conocimiento, una verdad propia de la física, provendría de la necesidad de las leyes generales y del mayor grado de distinción de las verdades de hecho, y a ello se refiere Leibniz cuando dice que

« [...] la razón suficiente debe hallarse también en las verdades contingentes o de hecho, es decir, en la serie de cosas que se hallan repartidas por el universo de las criaturas; en la cual la resolución en razones particulares podría llegar a un detalle sin límites a causa de la inmensa variedad de las cosas de la Naturaleza y de la división de los cuerpos al infinito. Hay una infinidad de figuras y de movimientos presentes y

pasados que entran a formar parte de la causa eficiente de mi escritura presente, y hay una infinidad de pequeñas inclinaciones y disposiciones de mi alma, presentes y pasadas que entran a formar la causa final.» [M, §36, p. 37]

[*primera parte*]

LA DISCUSIÓN DE  
LEIBNIZ CON LA  
FÍSICA DE SU TIEMPO

## II

### CRÍTICA A LA TEORÍA D DESCARTES

**E**l trabajo de Descartes mereció especial interés por parte de Leibniz, prueba de ello es el delicado y detenido análisis y comentarios que dedicó a *Los principios de la filosofía* [PF]. En este capítulo, como primer paso del estudio de la discusión de Leibniz con la física de su época, se aborda [A] la interpretación y objeción de Leibniz a la metafísica cartesiana, desde el planteamiento del *método* [§§13-14] y la dicotomía substancial que de ella deriva [§§15-16], hasta las nociones de directa repercusión en física: espacio [§17] y movimiento [§18]. Aquí no se desea poner el acento en *qué tesis* critica Leibniz, sino en la motivación de la objeción. Después [B] se analizará la teoría física cartesiana [§§19-20] y su mecánica de colisiones [§§21-4], la noción de *cuerpo-materia* que supone lo anterior [§§25-7] rescatando, conforme se desenvuelve la argumentación, la dinámica leibniziana que subyace a estos comentarios. A lo largo de este capítulo se señalarán oportunamente los criterios que Leibniz establece como piedra de toque para el conocimiento de los fenómenos, y de la Naturaleza en general, a saber, los principios de razón suficiente y no contradicción y la *ley de la continuidad*.

#### A. LOS PRINCIPIOS DE LA FILOSOFÍA

§12 En sus *Principios de filosofía* [PF], publicados en 1644, Descartes expone su fundamentación metafísica de la ciencia. En la primera de cuatro partes, lo hace respecto a los *Principios del conocimiento*, se trata del fundamento de todo conocimiento posible; y en la segunda encontramos las bases de la ciencia física propiamente dicha. Leibniz escribió unas *Observaciones críticas a la parte general de los principios generales* [OC], a la edad de 45 años, es decir en 1692, y aunque nunca consiguió publicarlas junto con la obra cartesiana, como era su intención original, constituye una exposición fundamental de su postura metafísico-ontológica. Téngase en cuenta que para entonces Leibniz ya había escrito su *Nuevo tratado de metafísica* [NTM], obra en la que polemiza contra algunas nociones de la física cartesiana de su tiempo. No obstante, la primera exposición de su *Nuevo sistema de la naturaleza y de la comunicación de las substancias* [NS] aparecerá tres años más tarde, basándose en DM y en estas OC.

#### LOS PRINCIPIOS DEL CONOCIMIENTO

§13 En sus PF, Descartes propone [PF, I, 1-4, p. 29-31], como condición necesaria del conocimiento cierto, dudar de todo lo que previamente se haya adquirido por vías no científicas, e, incluso, dar por falso todo aquello que admita la más leve duda. Según esto, tendría que darse por falso todo conocimiento que provenga de los sentidos y hasta las demostraciones matemático-geométricas, pues alguna vez —argumenta—, alguien se ha equivocado al discurrir en éstas y no puede saberse cuándo se han realizado acertadamente y cuando no lo han sido. Y así, por medio de cancelaciones, Descartes llega a la conclusión de que por más que sean dudosas algunas cosas no es posible dudar de que, toda vez que quien duda piensa y, dado que esto es algún tipo de atributo, existe.

Para Leibniz este procedimiento es incorrecto, pues el análisis del conocimiento no puede fundamentarse en la duda de quien piensa, habría que reparar, antes bien en los argumentos que lo respaldan:

«Lo que dice Descartes acerca de dudar de todas las cosas, incluso de las que presentan la más pequeña incertidumbre, hubiera sido preferible expresarlo con este precepto mejor y más claro: hay que considerar qué grado de asentimiento o disentimiento merece cada cosa; o más simplemente, hay que examinar las razones de cada opinión.» [OC, I, 1, p. 125]

La idea de sentar como falso lo que presumiblemente es dudoso, consiste en sustituir un prejuicio —el que ha venido con la tradición— por otro, el de que lo dudoso es falso. En la epistemología de Leibniz los fenómenos físicos, que se corresponden con una percepción sensible de los mismos, implican un nivel de confusión en la percepción, que es el que los caracteriza como sensibles. Por ende el afirmar que se debe eliminar *todo* conocimiento confuso, equivale a proscribir la experiencia de la investigación científica.

En OC Leibniz arguye que el caso de mirar a la distancia un cuerpo con una forma que desde cerca se percibe con otra, que es un ejemplo aportado por el propio Descartes, no es ninguna *razón* para tener por falso *todo* lo que se ve. No existe, pues, un argumento que torne esta *suposición* en un principio, por ende todo lo derivado de ella será puramente hipotético. Del mismo hecho se puede desprender que el grado de conocimiento de los sentidos no es absoluto [§§82-3; 75 (n. 1)], y que de ellos sólo puede esperarse que sean consistentes entre sí, de acuerdo al principio de no contradicción, y con la razón, según el principio de razón suficiente. Sería paradójico, dice, dar por sentada una tesis que cancela *absolutamente* los sentidos a causa de su auto-contradicción en virtud de una evidencia que proviene de los propios datos sensibles.

Por lo que toca a la confiabilidad de las demostraciones geométricas, Leibniz arguye lo siguiente:

«[...] sólo cabe dudar [de ellas] en la medida en que tenemos el error en los cálculos aritméticos. Y para evitarlo lo único que se puede hacer es examinar el cálculo muchas veces, o bien usar diferentes procedimientos y hacer comprobaciones. Esta debilidad de la mente humana, que procede de la falta de atención y memoria, no puede eliminarse completamente, e inútilmente la menciona aquí Descartes, como si fuera a ponerle remedio.» [OC, I, 5, p. 127-8]

Esta observación, que parece superficial a primera vista, puede ser explicada del siguiente modo. Al finalizar la fundamentación del edificio de la ciencia no podrá el fundamento epistémico cartesiano, el *cogito* —ni lo de él desprendido—, dar solución a los errores humanos en el cálculo a los que el propio Descartes apela. Proponerlo como un argumento para dudar de la geometría no sólo es inútil, sino que evidencia que la *duda metódica* no procede en este caso, como tampoco lo hizo en el anterior.

Y agrega que del hecho de que *yo piense*, se siguen, tanto como el *yo soy*, otros principios, anteriores a éste, como el de no contradicción, que Leibniz hace igual al de razón suficiente, en virtud de que *pensar* supone ya semejantes principios [§81].

§14 Luego Descartes [PF, I, 13-20, p. 34-5] supone que la mente que ha reconocido que existe no puede sino dudar de todos los principios, incluso aquéllos que considera «evidentísimos». Añade que esto sólo es superable por vía de la demostración de la existencia de Dios. Para ésta intenta probar tres cosas: (a) que el concepto de Dios es tal que contiene la existencia necesaria y eterna, (b) que dicha idea sólo podría provenir directamente del Creador, y, (c) que dado que la idea de Dios contiene todas las perfecciones y dado que se notan en los hombres algunas, se sigue que estos no han podido crearse a sí mismos, porque en tal caso lo hubieran hecho atendiendo a todas las perfecciones; por ende ha sido Dios quien los ha creado.

A este argumento Leibniz [OC, I, 13-20, p. 130-4] responde que si se admite que la substancia pensante dude incluso de lo que le parece evidente de suyo, entonces la existencia de Dios no salvará el problema, pues de semejante hecho no se sigue que no exista una criatura falible en todo. Incluso si el creador fuese bondadoso en sumo grado no se podrá demostrar que la naturaleza humana no lleva una inclinación hacia el error, pues ésta podría provenir de una causa distinta de Dios.

Respecto a la demostración de Dios responde que, [a] hasta que no se demuestre la posibilidad de que tal ente exista, no es válida la argumentación (de otro modo se podría argüir que bajo la definición de «el animal que existe necesariamente» es necesario que exista realmente el unicornio, no obstante que la posibilidad del mismo es un absurdo). [b] También responde que a menudo se tienen ideas incompatibles o incompletas que no por el hecho de ser pensadas existen (como el número entero natural más grande). [c] Por último, responde que el argumento cartesiano reposa sobre la idea humana de Dios y en el mismo grado que las ideas de los hombres son falibles, estaría equivocado [1701, p. 45ss].

Se lee en Descartes que, dado que la mente humana es finita, no podría nunca discurrir sobre lo infinito [PF, I, 26, p. 41] (y menos aún sobre las causas finales de los entes a las que se apegó Dios al crearlos). Por ello sugiere atender en física sólo a las causas eficientes [PF, I, 28, p. 28], sin pretender descubrir sus causas finales ni guiarse por lo que se imagina de ellas. A lo primero Leibniz se opone dando ejemplos matemáticos —la asíntota de una recta—: téngase en cuenta su estudio del cálculo infinitesimal [OC, I, 26, p. 135]. A lo segundo dice:

«Por lo que se refiere a los fines que Dios se propuso, estoy convencido de que se conocen y de que es muy útil investigarlos; es más, despreciar esta investigación puede ser peligroso o sospechoso [...], ciertas verdades físicas, arcanas y de gran importancia cuyo conocimiento no resultaba fácil por medio de las causas eficientes, han podido ser descubiertas por la consideración de las finales.» [OC, I, 28, p. 136]

Además, el sistema de Leibniz, que descansa sobre la armonía preestablecida, requiere explicar todos los fenómenos por su *finalidad*, pues la razón suficiente [§§29ss], a la que se supedita todo el Universo, pretendería dar razón de las cosas con base en que, si existen, debe haber una razón para ello. Renunciar, pues, a las causas finales sería, para Leibniz, tanto como eliminar por completo los principios que dan su *realidad* a los modelos explicativos que son *necesarios* para el conocimiento [§§10, 43].

## SOBRE LA DISTINCIÓN DE LAS SUBSTANCIAS

§15 Del *cogito* querría derivar Descartes la distinción entre la substancia extensa y la pensante, pues al entender a partir del hecho de dudar—dice—, se entiende también que, como entes *pensantes*, no se posee ninguna extensión, y que una substancia excluye a la otra.

A esto Leibniz se opone:

«No es correcto este razonamiento: puedo suponer que no existe una cosa corpórea, pero no puedo suponer que yo no existo, o que no pienso, luego yo no soy corpóreo, ni el pensamiento es un modo del cuerpo.» [OC, I, 8, p. 129]

La razón de este error proviene de haber dado por sentado que lo dudoso es falso, pues una substancia que se encuentra con la exclusiva certeza de que piensa, puede, a lo más, dudar de que su alma sea corpórea; pero negar que exista reposaría sobre un supuesto no demostrado [§15]. El concepto de *substancia* tal y como aparece en esta obra cartesiana muestra las siguientes características:

*Primera* Una substancia es (a) un existente tal que no requiere otra cosa para existir y, en este sentido, sólo existe una substancia —Dios— [PF, I, 51, p. 54]. Aunque (b) hay otras dos clases de entidades, la substancia creada corpórea y la substancia creada pensante; las cuales, en tanto sólo requieren el concurso de la substancia necesaria para existir, también pueden ser llamadas substancias [PF, I, 52, p. 54] o substancias *segundas*.

*Segunda*. (c) No se reconoce una substancia por sí misma sino que se hace por medio de sus accidentes [PF, I, 53, p. 55]. (d) Cada substancia tiene un atributo principal que define su esencia. Y así (e) se descubren los atributos de tres clases de substancias: la extensa, las pensantes (creadas estas últimas) y la substancia eterna [PF, I, 54, p. 55-6].

Leibniz cuestiona de esta ontología, por lo *primero*, [a] la pertinencia del concepto de substancia en virtud de que siendo sólo adecuado para el Creador se aplica, luego, [b] a las substancias creadas en las cuáles resulta incompleto:

«[...] no sólo necesitamos otras substancias sino también, y mucho más nuestros propios accidentes. Y como la substancia y el accidente se necesitan mutuamente, se requieren otros criterios para distinguir la substancia del accidente, como es que aunque la substancia necesite algún accidente, a menudo no requiere uno determinado, pues basta que, si desaparece uno sea sustituido por otro, mientras que el accidente no sólo necesita una substancia en general, sino la suya propia en la que está, siempre que

ésta no cambie. Con todo habrá que añadir otras cosas de mayor importancia sobre la naturaleza de la substancia, acerca de la cual caben discusiones más profundas.» [OC, I, 51, p. 141]

En cuanto a lo *segunda* Admite que [c] «cada substancia tiene un atributo principal que define su esencia», pero no admite que [d] la extensión sea la principal característica de la substancia corpórea, porque (i) ninguno de los fenómenos de ésta (movimiento o resistencia) se derivan de una propiedad así, (ii) ni las leyes del movimiento provienen de tal noción. Por tanto (iii) la extensión es un concepto derivado:

«[...la extensión] exige algo que se extienda o se continúe, como en la leche la blancura, y en el cuerpo lo que forma su esencia; la repetición de ese algo (sea lo que sea) es la extensión.» [OC, I, 53, p. 132]

Y hace especial énfasis en que no se demuestra propiamente [e] «que la substancia pensante carezca de extensión, ni que la extensa carezca de pensamiento». Pues en el razonamiento de Descartes se dice llanamente que es «evidente», cosa que para Leibniz significa más que una mera representación «clara y distinta» y exige una demostración que no sea *contradictoria* y que dé *razón suficiente* de ello [OC, I, 54, p. 143] [§§81, 88ss]. A continuación una enumeración de las características físicas de la *substancia extensa* cartesiana.

### *Substancia extensa*

§16 Descartes quiere mostrar la existencias de las cosas materiales del modo siguiente: (1) Todas las cosas que son sentidas por la *substancia cogitans* provienen, *sin duda*, de algo distinto de la mente, porque «lo que sentimos» se origina cuando algo «afecta» los sentidos. (2) Cabe preguntarse qué es ese “algo” que afecta sensorialmente: lo que se percibe por medios de los sentidos, clara y distintamente, es (a) o bien una «substancia extensa», (b) o bien Dios, engañando. Pero como [b] es contrario a la naturaleza de Dios engañar, debe ser [a] materia extensa lo que afecta los sentidos [PF, II, 1, p. 73].

En opinión de Leibniz esta demostración es endeble, pues aún asumiendo [1], al considerar [2], [a] y [b] no son las únicas posibilidades. Puede tratarse de alguna cosa distinta a éstas, e incluso es plausible que fuesen producidas por un agente extraño a Dios, o, por el contrario, aún supuesta la bondad de su naturaleza, nada impediría que fuese mejor para las *substantiae secundae* ser engañados que no serlo, o no se ha demostrado. Además podría ser que el engaño proviniera de éstas mismas al creer que lo que se percibe es necesariamente algo distinto de sí mismas. Leibniz sostendrá que, en realidad, el más grave error de este tipo de argumentaciones consiste en [1], pues, para él, una *substancia* no es, en el riguroso discurso, afectada por ninguna otra [OC, II, 1, p. 147] [§60].

Descartes luego trata de demostrar que la única propiedad que se percibe «clara y distintamente» de los cuerpos es su extensión. Afirma que, de todas las demás propiedades se puede

prescindir al pensar los cuerpos (por ejemplo si al acercar los dedos a un cuerpo éste retrocediera otro tanto de nosotros, no percibiríamos en ellos la dureza, pero sí la extensión) [PF, II, 4, p. 75-6].

Leibniz observa que la prueba cartesiana debió cerciorarse de que los atributos mencionados eran los suficientes para quedarse sólo con la extensión, y también las nociones de dichos atributos. Por ejemplo, para los atomistas, la dureza de los cuerpos no consiste en que el cuerpo no ceda al movimiento de las manos sino en que conserve su forma [OC, II, 4, p. 148-9].

### *Espacio*

§17 Una característica de la substancia extensa es el espacio que ocupa. A propósito de la *substancia extensa*, cuando Descartes habla de la rarefacción sostiene que la expansión de un cuerpo es la generación de poros o intervalos entre su materia que son ocupados por otros cuerpos imperceptibles —según él, no hay razón para suponer que *todos* los cuerpos afectan a los sentidos—. Esto hace innecesario suponer que (a) existe un aumento de la «extensión» —porque es idéntica a la cantidad— y, que (b) esos poros quedan vacíos [PF, II, 5-7, p. 76-8].

[a] De acuerdo a Descartes la substancia extensa y la cantidad son sólo discernibles por la razón, pues, *en realidad*, todo aumento o disminución de la una afectaría a la otra, y no hay un solo caso en el que no sea así, de donde se infiere su identidad [PF, II, 8, p. 78]. [b] También (i) se identifican una substancia corpórea y el espacio interno de ésta —es decir, el lugar que ocupa una figura—, no obstante se suele distinguirla en virtud de que cuando (ii) un cuerpo se ha movido se cree que se ha movido también su extensión, mientras que al espacio se lo supone como conservando la misma extensión y lugar que antes, siempre que la forma de éste sea la misma en relación con los demás espacios circundantes [PF, II, 10, p. 79]. Así

«[...] reconoceremos fácilmente que la extensión que constituye la naturaleza del cuerpo es la misma que constituye la naturaleza del espacio, y que no son más diferentes [entre sí] que la naturaleza del género o de la especie lo es de la del individuo [...]» [PF, II, 11, p. 79]

Pero, al quitar un cuerpo de un lugar y poner en este último otro de la misma extensión, se comienzan a considerar sus extensiones en sentido general, y es a ésta a la que se llama espacio interno, o «el lugar (la extensión) que ocupan ambos cuerpos» como generalización de sus extensiones particulares [PF, II, 12, p. 80], siempre y necesariamente con relación a otros cuerpos que se consideren como “inmóviles” [PF, II, 13, p. 81]. De aquí se sigue que, si se pone atención a la relación de un cuerpo respecto a otro, se dirá que se trata del lugar que ocupa (respecto al otro); mientras que, si se atiende a su magnitud y figura, se habla de su espacio [PF, II, 14, p. 82].

De lo anterior se desprende que el vacío, en estricto sentido, no existe, pues no puede haber un espacio sin substancia extensa [PF, II, 16-7, p. 83-4]. Un cuerpo vacío, tómesese un vaso, sólo está

“vacío” de una substancia determinada. Pero no podría estar absolutamente vacío porque la figura cóncava que delimitan sus cavidades necesariamente sostiene una relación con el espacio contenido en ellas —que es lo mismo que la substancia—. De estar *absolutamente* vacío no habría substancia alguna en ella, ni espacio, y sus paredes serían contiguas [PF, II, p. 84-5]. Concluye así que la rarefacción no puede ser un contraejemplo de la extensión como atributo primordial de los cuerpos porque en ésta no se genera un vacío.

Finalmente, Descartes también afirma del espacio que (c) es infinito, pues más allá de donde se imagina el mismo hay un espacio infinito, y dado que éste no podrá ser *vacío absoluto*, se seguirá que el espacio es infinito:

«Pues, como ya hemos puesto de manifiesto, la idea de extensión que concebimos en cualquier espacio, es exactamente la misma que la idea de substancia corpórea.» [PF, II, 21, p. 86]

¿Qué dice Leibniz de todo esto? En primer lugar declara estar de acuerdo con la explicación de la rarefacción [OC, II, 5-7, p. 149] [§§104ss], no obstante objeta [b], a la luz de que muchos de los que defienden el vacío sostienen que (i) el espacio es una substancia, de manera que no pueden ser refutados por los argumentos cartesianos. De este modo, acusa a Descartes de tener un argumento parcial. Pues aquéllos pueden argüir, frente a él, que [a] siendo en efecto la cantidad dependiente de aquello a que se atribuye, no es cierto que [b] el espacio sea la cantidad del cuerpo, pues el espacio tendría su propia cantidad, distinta a la de los cuerpos contenidos en él.

En resumen, según Leibniz, Descartes sólo habría demostrado que la extensión del cuerpo, siendo *un* atributo de la substancia corpórea, se identifica con la extensión del espacio; mas no, que sus *substancias* sean idénticas. La demostración adolece, pues, de no probar que toda substancia extensa es un cuerpo [OC, II, 8-19, p. 149-50]. Lo mismo ocurre en [c], donde explícitamente se supone que substancia y cuerpo son lo mismo [§32ss].

### *Movimiento*

§18 El movimiento, un fenómeno físico, afecta a la substancia extensa. Descartes parte de la siguiente definición de movimiento: *«la acción por la que un cuerpo pasa de un lugar a otro»*. Semejante definición equivale a una consideración cinemática del mismo, o sea, a considerar el movimiento como mero cambio de posición respecto al espacio absoluto (como es el caso de Newton [§40-1]), o respecto de un sistema de cuerpos. Pero enseguida presenta un ejemplo para demostrar que la primera alternativa no es del todo funcional: un marinero a bordo de un barco que se aleja de la costa podría decir, al mirar el muelle, que se mueve, pero al observar exclusivamente la embarcación dirá que está en reposo. Según él, puesto que la acción de cambio de lugar no se encuentra en el marinero sino en el

barco, no puede decirse que aquél se mueve [PF, II, 24, p. 88]. Así que propone esta otra definición, francamente inclinada por la segunda clase de referencia:

«[...] la (a) traslación de (b) una parte de la materia, es decir, de un cuerpo, desde (c) la proximidad de los cuerpos contiguos, que (d) se consideran en reposo, hasta la proximidad de otros.» [PF, II, 25, p. 88]

Esto es como sigue. [a] «Cuerpo» es todo aquello que se traslade de una sola vez, aunque éste pueda, a su vez, estar compuesto de varias partículas o partes que tengan movimientos propios, como un sistema de cuerpos. [b] «Traslación» se refiere al hecho de que el movimiento afecta propiamente al cuerpo que cambia su relación de contigüidad, de manera que (i) el movimiento esté decididamente en el móvil y (ii) no en lo que mueve; además (iii) el movimiento debe ser sólo un modo o afección del cuerpo movido, y no constituir *per se* un subsistente, pues consiste en la presencia o ausencia de traslación que tiene o no el cuerpo. Agrega en esta parte que no hace falta más “acción” para el movimiento que para el reposo, pues aunque no se sea consciente de la fuerza que un cuerpo tiene cuando está en reposo, se advierte fácilmente que lo anterior es cierto cuando se trata de desplazar un cuerpo que se encuentra “en reposo” [PF, II, 25, p. 88].

[c] No habría contradicción en atribuir varios movimientos simultáneos al mismo cuerpo, toda vez que es perfectamente posible que existan varias relaciones simultáneas de contigüidad de este cuerpo respecto a otros, dependiendo solamente de la amplitud que se exija para distinguir entre vecindad y no-vecindad.

[d] A estas razones contra el movimiento absoluto, se aúna la convicción cartesiana de que no puede existir el vacío [§17]:

«[...] un cuerpo no puede moverse si no es mediante un [movimiento más amplio de varios cuerpos en] círculo, es decir, expulsando algún otro cuerpo del lugar al que llega [punto B], el cual a su vez expulsa a otro [en el punto C], y éste a otro [D], etc. , hasta el último el cual ocupa el lugar abandonado por el primero [A] en el mismo momento en que lo dejó. » [PF, II, 33, p. 95]

A la definición de movimiento ofrecida más arriba por Descartes, Leibniz observa lo siguiente:

«Si el movimiento no es más que el cambio de contacto o proximidad inmediata, entonces nunca puede decidirse cuál es la cosa que se mueve. [y cuál, la que permanece en reposo]» [OC, II, 25, p. 151]

Esto querría decir que indistintamente se podría decir que se mueve un cuerpo respecto a otro «considerado» en reposo, tanto como se podría decir que se mueve el segundo respecto al primero. Pero como ello es falso, agrega Leibniz, porque no habría un *movimiento real* en la naturaleza, también lo es que exista la misma fuerza en el cuerpo movido que en el cuerpo en reposo. Pues en este último caso habría que admitir el absurdo de que la fuerza no se encuentra en el móvil, sino en los cuerpos circundantes [§§98-9].

El movimiento, si bien se aprecia subjetivamente por medio de las relaciones entre los cuerpos materiales, debe consistir en algo más, si es que ha de tener algún estatuto de realidad. El esfuerzo por resolver este problema y encontrar el criterio objetivo que permita distinguir el cuerpo móvil del cuerpo en reposo llevó a Leibniz a identificar la fuerza cinética real con las SF que los constituyen [§§41-2].

## B. TEORÍA DE LOS CUERPOS SUTETOS A LEYES NATURALES

§19 En la física mecanicista del s.XVII [§3] era aceptado que un cuerpo mantiene su estado de reposo o su estado de movimiento a menos que una fuerza sea ejercida sobre él. Se suponía también en general, que la única manera de aplicar fuerzas sobre un cuerpo era transmitiéndola de uno a otro mediante impacto [Papineau, p. 200]. Descartes fue el primero en tratar de integrar estos dos principios, junto con otros, dentro de un sistema coherente, suficiente y cerrado. Las leyes que propuso serían el punto de partida, no sólo del espíritu que pretendía reducir la explicación a *mecanismos*, sino del tratamiento de muchos otros autores acerca de la colisión de cuerpos y el método de calcular la *fuerza* de un cuerpo.

### LEYES CARTESIANAS DE LA NATURALEZA

#### §20 *Primera.*

«[...] cada cosa, en tanto que simple e indivisa, permanece siempre en el mismo, estado en lo que de ella depende, y nunca cambia más que por causas externas.» [PF, II, 37, p. 99]

Esta ley cartesiana de la *inercia* se refiere a *todo* lo simple, incluido el movimiento, y afecta a *todas* las propiedades de la substancia extensa, tanto a su estado de movimiento o reposo, como a sus figura, situación, etc. [§95]; y de ella se deriva la *resistencia de éstos*:

«En efecto, según esta ley, lo que está unido a otra cosa tiene cierta fuerza para impedir ser separado; lo que está separado [la tiene] para permanecer separado; lo que está en reposo, [la tiene] para seguir en reposo, y **por consiguiente para resistir a todo lo que pueda cambiar este reposo**; lo que se mueve, para seguir moviéndose a la misma velocidad y en el mismo sentido.» [PF, II, 43, p. 103-4]

#### *Segunda*

«La segunda ley de la naturaleza es que cada parte de la materia considerada aisladamente, no tiende nunca a continuar moviéndose según una línea oblicua, sino siempre en línea recta.» [PF, II, 39, p. 100-2]

Una piedra en una honda por ejemplo, al ser soltada, continuará su trayectoria por una tangente de la circunferencia en vez de describir la trayectoria que llevaba mientras era sujeta.

#### *Tercera*

«[...] cuando un cuerpo que se mueve choca con otro, si [a] tiene menos fuerza para continuar en línea recta que este otro para oponerle resistencia, entonces se desvía

hacia otra parte, y conservando su movimiento sólo pierde la determinación del mismo; pero si [b] tiene más, entonces mueve con él al otro cuerpo, y pierde tanto movimiento cuanto le cede [...]. Y todas las causas particulares de los cambios que se producen en los cuerpos, al menos las que también son corpóreas, se contienen en esta tercera ley [...]» [PF, II, 40, p. 102]

Descartes asumió que exactamente la misma cantidad de movimiento que pierde un cuerpo es ganada por algún otro con el que colisiona [§44] [PF, 41-4, p. 102-5]. [a] Dado que las trayectorias de los cuerpos son contrarias entre sí pero el movimiento no es contrario al movimiento, en el caso de colisión arriba mencionado existe una causa para que las trayectorias se modifiquen, pero no para que disminuya el movimiento, por ende el movimiento tiende a conservarse. [b] La segunda parte de este principio se sostiene por la tendencia a la preservación del movimiento, pues el cuerpo tendería a conservar su trayectoria recta y lo lograría en virtud de su mayor fuerza, a cambio debería perder la fuerza menor que llevaba el otro cuerpo en dirección contraria.

Quando cierta acción es ejercida sobre un cuerpo en cierto estado, y este tiende, en virtud de su resistencia [§94], a permanecer en dicho estado, entonces existe “fuerza”. Descartes consideró que la «fuerza» debe ser medida en función de la cantidad de movimiento [§§18, 43-4], que es el producto de la masa por la velocidad. En un impacto, ambos cuerpos poseen una fuerza con la que actúan. Por consiguiente antes y después del choque la suma de las cantidades de movimiento de todos los cuerpos involucrados deberá ser la misma. Descartes postula como constante en los sistemas de cuerpos la cantidad de movimiento, es decir el producto de la *masa* de un cuerpo por su *velocidad*

«[...] lo más razonable es juzgar que Dios conserva siempre la misma cantidad de movimiento en la materia, ya que puso en movimiento de diversos modos sus partes cuando las creó, ya ahora la conserva íntegramente del mismo modo y por la misma razón por la que la creó [...]» [PF, II, 36, p. 98]

Leibniz puso especial interés en las reglas cartesianas del movimiento [§4] y se volverá a sus objeciones más adelante [§§23, 44], aquí sólo importa mostrar la pertinencia y origen del postulado cartesiano de la conservación de la cantidad de movimiento, y que para él ésta es equivalente a la fuerza de un cuerpo.

## REGLAS PARTICULARES PARA EL CÁLCULO DEL MOVIMIENTO

§21 La cantidad de movimiento es una magnitud escalar<sup>1</sup>, por ello en el sistema de colisiones cartesiano, un impacto no necesariamente produce reacciones en la misma magnitud pero en *sentido* opuesto —como en la 3ª ley de Newton—, en vez de ello él consideró las determinaciones del impacto

---

<sup>1</sup> El *momentum* en física moderna es la magnitud vectorial  $p=mv$ , para no confundirla en lo sucesivo con la noción cartesiana esta última será referida como cantidad de movimiento, que es más bien equivalente a al *impulso* en la nomenclatura moderna. Así, (i) la acción necesaria para cambiar el estado inercial de un cuerpo es (ii) «fuerza de movimiento» de dicho cuerpo, cuya (iii) medida es la magnitud escalar  $mv$

con base en las relaciones de las cantidades de movimiento de los colisionantes y su capacidad para resistir la acción de otro cuerpo.

### *Colisión D dos móviles en sentido opuesto*

*Primera* [PF, II, 46, p. 106]: Si dos cuerpos B y C idénticos en masa y a la misma velocidad se colisionan en línea recta (es decir, llevan la misma dirección pero sentido contrario), después de la colisión se moverán en la misma dirección pero en el sentido opuesto al que llevaban. *Segunda (uno de mayor masa)* [PF, II, 47, p. 107]: en el caso anterior, si B es mayor —pero ambos llevan la misma velocidad—, sólo será rechazado C, y ambos se moverán en el sentido original de B a la misma velocidad en que se encontraron. *Tercera (uno a mayor velocidad)* [PF, II, 48, p. 107]: si fueran de masa idéntica pero B llevara mayor velocidad, luego de la colisión serían llevados en el sentido de B, pero este cedería a C la mitad de la diferencia de sus velocidades y se moverían, por consiguiente, ambos a una misma velocidad diferente de la primera.

### *Colisión D un móvil contra un cuerpo en reposo*

*Cuarta (contra un cuerpo de mayor masa en reposo)*: si C está en reposo y posee mayor masa que B, éste —a cualquier velocidad— será rechazado por aquél y conservará su rapidez [PF, II, 49, p. 107-8]. Y entre más aprisa vaya B mayor será la resistencia de C porque al transmitirle B el movimiento preciso para que se mueva quedaría él mismo con menor cantidad de movimiento [PF, II, 49(n. 26), p. 108]. *Quinta (contra un cuerpo de menor masa en reposo)* [PF, II, 50, p. 108]: Pero si C es menor que B, éste le moverá transmitiéndole una cantidad de movimiento tal que ambos irán a la misma velocidad diferente de la inicial, de modo que sigan conservando la cantidad total de movimiento.

*Sexta (contra un cuerpo de la misma masa en reposo)* [PF, II, 51, p. 109]: Si B se impacta contra C —ambos de la misma masa—, B empujará en parte a C y en parte será rechazado por él. Por ejemplo, si B va hacia C con una velocidad igual a cuatro, es necesario, o bien que comunique dos grados de velocidad a C (porque al ser de la misma masa la proporción exige que sus velocidades resultantes sean también iguales), o bien que sea rechazado conservando íntegra su velocidad. Pero como no hay una razón para una más que para otra es necesario que se verifiquen ambas, así, de esos dos grados B cederá uno y conservará el otro [PF, II, 51(n. 28), p. 109].

### *Colisión D dos cuerpos conspirantes*

*Séptima (ambos con la misma dirección y sentido)* [PF, II, 52, p. 109-10], B a mayor velocidad tras C de mayor masa:

- (a) si B supera en velocidad a C más de lo que éste a aquél en masa ( $\frac{m_B}{m_C} > \frac{v_B}{v_C}$ ): B transmitirá a C tanta velocidad como para que se muevan en el mismo sentido a la misma velocidad.

(b) si B supera en velocidad a C menos de lo que éste a aquél en masa ( $m_B/m_C < v_B/v_C$ ): B será rechazado en sentido contrario conservando su movimiento.

Las diferencias se calculan determinando las unidades de masa en relación con el movimiento, así si  $m_B=2$ , y  $m_C=3$ , C supera en masa a B por 1, y si la  $v_B=6$  y  $v_C=3$ , se tiene en B tres unidades de movimiento por cada una de masa, y en C una, de manera que aquí C supera en uno a B por lo que toca a la masa, pero B supera aún más a C en movimiento, porque posee la velocidad necesaria para mover a razón de uno hasta seis unidades de masa, y como la de C es tanto como tres, le aventaja esto en velocidad, es decir  $m_B/m_C = 2/3$  y  $v_B/v_C = 6/3$ , dónde se ve que la razón de las velocidades es mayor que la de las masas; si B va adelante se daría el caso [a], pero si fuera C se estaría en [b].

Descartes concluye (i) que si el cuerpo resistente tiene mayor fuerza que el agente, entonces no habrá transferencia de movimiento, ambos conservarán  $i$ , y el segundo cambiará de dirección. (ii) Si el agente posee mayor fuerza que el resistente, ambos se moverán en la dirección del primero. (iii) Un cuerpo resiste en proporción a su fuerza la acción de otro (7ª regla particular del movimiento), incluso un cuerpo en reposo posee la fuerza para mantenerse en dicho estado y por ello es capaz de resistir un impacto (4ª y 5ª regla particular del movimiento). En palabras de Papineau:

«[...] for Descartes all impact phenomena, and hence all changes on motion, were to be explained in terms of 'the forces of motion' of the bodies involved. All impacts involved the transference of force from one body to another, in such a way that the 'force' was conserved. The precise amount depend, as above, on the contest between 'force' and 'resistance'.» [Papineau, p. 201]

Al finalizar esta enumeración Descartes advierte que «el uso de estas reglas es difícil debido a que cada cuerpo está en contacto al mismo tiempo con otros muchos» [PF, II, 53, p. 111] [*u infra* §24, especialmente *fugara 1b*].

## REFUTACIÓN DE LAS REGLAS PARA EL CÁLCULO DEL MOVIMIENTO: HUYGENS, WALLIS, WRENT

§22 Christian Huygens, un cartesiano convencido en todo lo demás, pronto notó que las reglas particulares para el cálculo del movimiento cartesianas eran inconsistentes con la hipótesis de la relatividad del movimiento, que tanto él como Descartes asumían. Por ello, a partir de 1658 declaró que las leyes cartesianas estaban equivocadas. Sus descubrimientos constituyen un vínculo entre la mecánica de Descartes y la dinámica de Leibniz. De hecho éste estudió con Huygens entre los años de 1672 y 1676.

Huygens reportó que un impacto en una barcaza en un canal sería visto como conforme a las reglas cartesianas por un observador situado en la embarcación, pero no necesariamente por uno situado en la ribera. Considerando cuerpos perfectamente duros, Huygens se propuso demostrar que,

sobre la base de la primera regla cartesiana del movimiento [§21], las restantes seis no podían ser ciertas. Su estrategia consistía en mostrar que la misma colisión aparecería diferente a distintos observadores y demostrar que el principio cartesiano de la conservación del movimiento tiene algunas excepciones. Como explica el experto Woolhouse:

«Descartes was right that the quantity of motion of one body in a collision could change only if there was some change in that of the other, but wrong that this changes must be equal. It was possible for one body to lose less motion than another gains. Furthermore, not only might be the combined post-collision Cartesian 'quantity of motion' of two bodies not be the same as the pre-collision value, but also there is no absolute value in either case.» [Woolhouse, 1993, p. 117]

Por ejemplo, (a) si un cuerpo de masa 2 se desplaza en sentido OE a una velocidad de 4, y otro de masa 1 se desplaza con una velocidad de 2 en sentido contrario al primero; se tiene un centro de gravedad<sup>2</sup> combinado antes de la colisión que se mueve de OE a una velocidad de 2. Después del impacto uno de los cuerpos quedará en reposo y el otro se moverá con seis unidades de velocidad en dirección OE quedando idéntico el movimiento de los centros de gravedad.

Desde el punto de vista de un observador que se mueve con el centro de gravedad la colisión descrita parecerá como [b] el choque de un cuerpo de masa y velocidad 2 en dirección OE, contra otro de masa 1 con velocidad 4 moviéndose EO, y luego del choque el primer cuerpo para él se moverá en sentido EO con una velocidad de 2 y el segundo de OE con velocidad de 4.

En el último caso la cantidad de movimiento [CM]  $CM=8$  antes y después del impacto, en el primero, en cambio,  $CM=10$  antes y  $CM=6$  después del encuentro. Huygens mostró así que no se conserva siempre la cantidad de movimiento, pero sí la velocidad y el sentido del centro de gravedad de dos cuerpos conspirantes. Esto significa que la cantidad de movimiento se conserva *según el punto de vista del observador*.

De lo anterior se sigue que la suma total de las cantidades de movimiento consideradas como magnitudes vectoriales es la misma antes y después del choque. En [a] se tiene  $8-2$ , OE antes y  $0+6$ , OE; en [b]  $4-4$  antes y después del impacto (por supuesto considerar la cantidad de movimiento con dirección y sentido es referirse al *momentum* [§21, n.1]). Huygens mostró además que la suma total de los productos de las masas de un cuerpo por el cuadrado de sus velocidades es el mismo antes y después de las colisiones. No obstante Huygens no desarrolló estos descubrimientos y sus investigaciones siguieron por la vía cartesiana del movimiento escalar.

Estos resultados fueron presentados en el *Journal des Savants* en 1669, y reimprimos, como respuesta a una invitación, en las *Philosophical Transactions of the Royal Society* el mismo año. Hubo otras dos respuestas a la invitación de la *Royal Society*, las de John Wallis y Christopher Wrent.

---

<sup>2</sup> La velocidad del centro de gravedad de dos cuerpos puede determinarse dividiendo la suma —o la diferencia para colisiones en sentido contrario— del producto  $m_i v_i$  de cada cuerpo entre la suma de sus masas.

Wallis estimó la colisión de un cuerpo contra otro en reposo, según Descartes, ambos se moverían en la misma dirección a la misma velocidad —el primero cede algo de su fuerza al segundo— determinada por la razón de la fuerza original del primero entre sus masas juntas. Después invirtió el proceso, el segundo golpeando al primero con su movimiento actual, obteniendo resultados semejantes. Después sumo vectorialmente ambos resultados para derivar qué es lo que habría pasado en el impacto. Wallis avanzó así las leyes de colisión para cuerpos inelásticos, demostrando que la cantidad de movimiento disminuye en un marco donde uno de los cuerpos cambia de dirección.

Huygens, Wallis y Wren, independientemente del éxito de sus investigaciones, llegaron a la conclusión de que la fuerza de movimiento cartesiana, cantidad de movimiento, no se conserva en un sistema de colisiones [§44]. Al principio sus resultados se oponían a la ley aceptada por la física mecanicista del s. XVII de la conservación de la fuerza. Ahora bien, Descartes había afirmado que estas reglas podían ser deducidas de la naturaleza de Dios, y en consecuencia los resultados de los físicos mencionados ponían a los filósofos en un dilema. En un extremo del mismo, se situó Malebranche [§23], quien reducía las colisiones a la voluntad de Dios, y en el otro extremo se situó Leibniz, para quién las regularidades de los choques pueden determinarse a partir de las cualidades propias de la materia conservando la fuerza en el sistema {101ss.}

§23 Respecto a las primeras dos leyes generales de la Naturaleza, Leibniz señala que ya habían sido observadas y definidas. Por Galileo, Gasendi «y otros muchos» [OC, II, 38, p. 157-8], por lo que toca a la primera; y por Kepler («quizá después de otros» [OC, II, 39, p. 158]), en el caso de la segunda. Así que no considera siquiera que puedan derribarse [§40, 94].

La ley que por consiguiente Leibniz objetó fue la tercera [OC, II, 40-4, p. 158-63] [§20], así como todas las reglas para el cálculo del movimiento —salvo la primera que «es la única completamente verdadera» [OC, II, 46, p. 165] [§21]. Leibniz parafrasea la mencionada regla general de este modo:

«Cuando un cuerpo choca con otro más fuerte [de mayor masa], (a) no pierde nada de su movimiento, sino que se limita a cambiar de dirección, **pudiendo recibir algún movimiento de este cuerpo más fuerte**; mientras que (b) si choca con uno menos fuerte, pierde tanto movimiento como le transmite.» [OC, II, 42, p. 158-9]

La formulación de [a'] y la de [b'], correspondiente a la expresión cartesiana [§21], se corrobora en las reglas particulares del movimiento de Descartes, Leibniz muestra contraejemplos a éstas para evidenciar los errores que [a'] y [b'] representan, para, luego, descartar la tercera regla general.

(I) Descartes afirma que [a-a'], *en todo choque de dos cuerpos desiguales en masa el menor conserva su velocidad o la aumenta*. Contrario a él, Leibniz dice que un cuerpo que colisiona con otro de mayor masa aumenta o conserva su velocidad *sólo si chocan en sentido contrario*. Y lo demuestra en los siguientes ejemplos. (i) Un cuerpo más pequeño, pero también más rápido que otro con el que choca (ambos en la misma dirección y en el mismo sentido), tenderá a ir más lento después de la colisión. Para poder

conservar su velocidad, como quería Descartes (*séptima*, [a]), debería transmitir al otro cuerpo, que es mayor, tanta velocidad como para que éste aumente la suya sin perder el pequeño su propia cantidad de movimiento (lo cual es imposible)<sup>3</sup>.

(ii) En el caso anterior, si el cuerpo que va delante supera en masa el doble de lo que el pequeño le supera en velocidad, se produce el reposo. (iii) Si el cuerpo pequeño es rechazado, deberá ir más lento después del impacto, porque habría cedido movimiento al mayor y si además aquél conservara su velocidad, la suma final de las fuerzas sería de nuevo mayor a la inicial. De manera que si [a'] no es verdad, tampoco lo es la ley general para todas las colisiones, como afirma Descartes

(II) Por otro lado, respecto a [b'], considérense estos casos: (iv) Respecto al reposo (*cuarta a sexta*): si un cuerpo se topa con otro más pequeño en reposo, aquél continuará su movimiento aunque en menor medida. (v) Si el cuerpo en reposo es idéntico al primero, éste se detendrá y el segundo seguirá en la misma dirección y a la misma velocidad. (vi) Si el cuerpo en reposo es mayor, el móvil será rechazado. (vii) Si un cuerpo es igual en masa y se mueve en sentido contrario, también será rechazado.

De donde se sigue que se requiere mayor masa para rechazar al cuerpo en movimiento [vi], que para llevarlo al reposo [v], lo cual es incompatible con [b'], pues según éste [b'] se requeriría más fuerza para llevarlo al reposo que para cambiar su movimiento, en virtud de que el reposo es contrario al movimiento [§19]

«Así pues, aunque en general el movimiento no sea contrario al movimiento, el movimiento actual de un cuerpo se opone al movimiento actual de otro con el que choca, o bien el movimiento en un sentido se opone al movimiento en sentido contrario, puesto que, como acabamos de decir, se requiere un cambio y una oposición menor para disminuir el movimiento de un cuerpo, que para suprimirlo completamente o para hacer que siga el movimiento contrario.» [OC, II, 40-44, p. 162]

Una de las cualidades que Leibniz consideraba necesaria para explicar las colisiones a partir de las características de la materia era la *inercia*, «I can show, he said, that different laws of motion follows from ... [body] than would be the case if the body, or matter itself, possessed only impenetrability with extension. » [Woolhouse 1993, p. 94]. Además es necesario suponer “algo” que se extiende —es decir una propiedad anterior a la extensión que ésta supone—, que Leibniz llama «impenetrabilidad de los cuerpos» [§92ss], en virtud de la cual dos cuerpos no pueden ocupar el mismo espacio.

Ninguna de estas características explica por qué un bólide pequeño no es capaz de arrastrar consigo un cuerpo grande en reposo con el que se impacta. Un modelo así, en el que el movimiento está restringido sólo por la impenetrabilidad de los cuerpos, es perfectamente plausible en términos geométricos (considerando a los cuerpos, *á la cartesiana*, exclusivamente como extensión). No obstante

---

<sup>3</sup> Por ejemplo, si el cuerpo pequeño lleva cinco unidades de velocidad y el segundo tres, después del choque, para que el pequeño sea capaz de conservar su velocidad, deberían tener ambos una velocidad de cinco, que suma diez, pues se trata de cuerpos conspirantes; cuando al principio la suma de sus fuerzas era de ocho.

Leibniz llegó posteriormente a la conclusión de que en un mundo así no sería posible la estimación de la fuerza—podría haber, dice, *causa sin efecto* [§51].

Por ello, Leibniz establece que un cuerpo en reposo no solo es impenetrable para otro que colisiona contra él, sino que es un obstáculo y presenta cierta «repugnancia» al movimiento. En términos de Woolhouse:

«We must recognize that a material body ‘resists motion by a certain *natural inertia*, which needs to be overcome by, and at some cost to, another body which gets it to move. Matter ‘is not indifferent to motion and rest, as is generally supposed, but needs, in order to move, an active force proportional to its size.» [Woolhouse. 1993, p. 120]

Leibniz y Descartes se refieren a lo mismo cuando hablan de *inercia*, pero —además de la importancia que tiene para Leibniz— la inercia natural de los cuerpos para Descartes se refiere sólo al movimiento como desplazamiento, mientras que para Leibniz se presenta igualmente en la aceleración de los cuerpos, «he [Leibniz] argues that the proposition that ‘motion preserves as a simple state until it is destroyed by an external cause’ holds not only for a scalar speed but for ‘determination’ or vector direction too.» [Woolhouse 1993, p. 125]. La inercia se presenta tanto en el movimiento —entendido como desplazamiento—, como en la dirección del mismo, en tanto ambos son *estados*, pues incluso el reposo es para Leibniz un movimiento mínimo.

Leibniz da un criterio específico para el análisis de las reglas particulares del movimiento, a saber, la ley de la continuidad entre la causa y el efecto, que no es otra cosa que su *ley de la continuidad* [§4]:

«[...] cuando dos datos o dos cosas que se suponen diferentes se aproximan continuamente entre sí, hasta que una llega a ser como la otra, es preciso que las consecuencias o efectos de ambas se aproximen también continuamente entre sí, hasta que los unos coincidan con los otros» [OC, II, p. 163]<sup>4</sup>

§24 La *Primera regla particular del movimiento* [§21], que es aceptada por Leibniz, es, también, demostrada por una vía distinta a la de Descartes [OC, 46, p. 165]. Dado que en una colisión entre bóolidos éstos se encuentran en las mismas condiciones podría suceder bien que (i) se penetraran entre sí (lo que es absurdo); (ii) o bien que quedaran ambos en reposo (lo cual no puede ser por la ley de la continuidad); o bien (iii) que fueran proyectados desde el punto de colisión a velocidades menores que las iniciales, pero iguales entre sí porque están en las mismas circunstancias (lo cual atentaría de nuevo contra las leyes del movimiento). Sólo queda una última alternativa que es, por consiguiente, la que se debe admitir, a saber: (iv) que sean proyectados ambos desde el punto de colisión a la misma velocidad que tenían inicialmente. Aquí Leibniz se vale de su ley de continuidad:

---

<sup>4</sup> Por ejemplo en una elipse, si un foco permanece inmóvil y el otro se aleja, las elipses se comportarán paulatinamente como parábolas, y a una distancia infinita llegará a constituirse efectivamente una parábola, que deberá adecuarse a las medidas y ecuaciones de propias del caso.

(S<sub>1</sub>) Cuando se colisionan dos cuerpos iguales en masa y velocidad que viajan en la misma dirección pero distinto sentido, se rechazan a la misma velocidad y dirección pero en sentido contrario.

(S<sub>2</sub>) Si se disminuye en ambos igualmente sus velocidades, es decir, si se varía mínimamente el fenómeno, serán también mínimamente distintos los efectos: se rechazarán a una velocidad mínimamente menor.

(S<sub>3</sub>) Al acercarse al reposo —de manera tal que se muevan a una velocidad apenas superior a éste, *indefinible* (no indefinida)—, se tendría un rechazo proporcional: al llegar al reposo de ambos cuerpos contiguos —es decir, con una aproximación que sea tanto como cero— se vería un rechazo también igual a cero, y nada los movería, lo cual es conforme con las leyes del movimiento.

Por otro lado, al disminuir sus masas hasta cero desaparecería el movimiento, lo cual no contradice ésta ley como tampoco la disminución simultánea de sus masas y velocidades. Se verá enseguida que las leyes cartesianas no pueden jactarse de esto. A partir de aquí las reglas particulares del movimiento cartesianas son descartadas por Leibniz con base en su ley de la continuidad.

*Segunda* [OC, II, 47, p. 165-8]: (I) Si se hace caso a Descartes, al disminuir poco a poco la diferencia entre los cuerpos B y C mencionados en la segunda regla del movimiento de Descartes [§21]—tendiendo a su igualdad—, el efecto deberá aproximarse lentamente también al caso donde son idénticas. Así (i) a medida que decrezca la magnitud de B debe hacerlo también su avance, (ii) cuando B y C sean iguales se detendrá el movimiento y (iii) al ser más pequeño B que C, aquél se moverá en sentido contrario.

Pero, según Descartes, por muy pequeña que fuera la diferencia entre B y C, seguiría aquél siempre en el mismo sentido y con la misma velocidad que antes del impacto, no obstante, de ser así, se tendría un gran salto en los efectos, «de manera que de un avance absoluto (en la regla *segunda*, [i y iii]) se pasará a un retroceso absoluto [en la 1ª regla particular del movimiento], pasando por alto los infinitos casos intermedios», que según esta regla deberían incluir el de reposo.

(II) Así pues, tomando de nuevo el caso de la 1ª regla cartesiana, (i) si en ella disminuye C *sólo un poco*, deberá haber también un pequeño cambio en los efectos, que se aproximarían paulatinamente al caso de la desaparición de C, que es el caso en el que B sigue su trayectoria (por la primera ley del movimiento [§21]). (ii) Pero si B comienza a aumentar poco a poco su materia, llegará al punto de no poder ser rechazada, deteniéndose entre el retroceso y el avance:

«[...] el aumento de B le permitirá seguir avanzando en la misma dirección que tenía, aunque su masa nunca puede aumentar hasta el punto de que su velocidad no disminuya algo como consecuencia del choque con el cuerpo que venía en sentido contrario, a menos que su exceso sobre éste se haga infinito, es decir, a menos que C desaparezca por completo.» [OC, II, 47, p. 168]

*Tercera* [OC, II, 48, p. 168-9]: al disminuir la superioridad en velocidad de B disminuirá también la velocidad que cede a C, y, al ser incomparablemente diferentes sus velocidades —iguales—, se deberán mover en el sentido de B, que contradice la regla primera.

*Cuarta* [OC, II, 49, p. 169]: Es cierto, dice Leibniz, que un cuerpo de mayor masa en reposo rechazará a otro, pero no a la misma velocidad; pues disminuyendo hipotética y progresivamente la masa de C se aproxima a la *sexta* regla, según la cual debería ceder algo de su movimiento a C. Y así, siguiendo los principios cartesianos, se tendría, de nuevo, un salto enorme al llegar a tal regla. El argumento aquí es de inconsistencia.

*Quinta* [OC, II, 50, p. 170]: Es correcto que todo cuerpo que choque con otro menor en reposo se seguirá moviendo, no obstante no se desplazarán juntos. (i) Si B es ligeramente mayor que C avanzarían ambos en el sentido de B, por esta regla. (ii) Si C un poco mayor que B (lo que implicaría que B sería rechazado por C, por la regla *cuarta*) no puede ser que sus imperceptibles diferencias pasen, bruscamente, al ser iguales en masa, al caso de ser rechazadas ambas en sentidos contrarios a los originales, que contradice la 1ª regla cartesiana.

*Sexta* [OC, II, 51, p. 170-2]: Partiendo de la 1ª regla para el cálculo del movimiento cartesiana, (i) al disminuir la velocidad de C, B será rechazado con menor intensidad, pero C con una mayor (porque debe conservarse la suma total de movimiento, por la 1ª ley general de la Naturaleza. (ii) Cuando C alcance el reposo, la velocidad de B habría disminuido al ser rechazado, según Descartes, una cuarta parte. (iii) Pero si disminuyera un poco la masa de C, se moverían ambos —por la regla *quinta*— en el sentido original de B. Así:

«[...] un cambio mínimo en los datos supone un cambio enorme en los efectos, es decir, una especie de salto, pues cuando [ii] C estaba en reposo y era igual que B, éste era rechazado a gran velocidad (a saber, tres cuartas partes de su velocidad inicial), mientras que ahora, al [iii] disminuir sólo un poco la masa de C, se produce de repente la total desaparición del rechazo, y lo que es más, la conversión de éste en su contrario, es decir, en un avance, saltando por encima de los casos intermedios, lo cual es absurdo.» [OC, II, 51, p. 171]

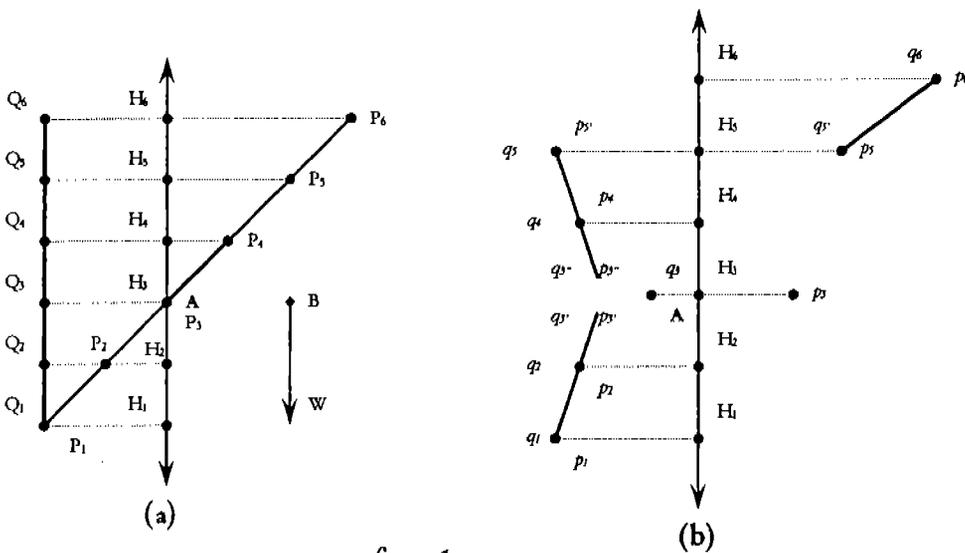
Leibniz propone que en este caso B quedará en reposo y C se moverá en el sentido que llevaba B y con la misma velocidad. Esto se infiere de lo que hay de verdadero en 4ª y 5ª reglas cartesianas del movimiento. Según aquélla, al chocar B con un cuerpo mayor en reposo será rechazado, y según la última, si el cuerpo en reposo es menor que B, avanzará. Luego, si el cuerpo en reposo es igual ni será rechazado ni avanzará sino que se detendrá. Y para preservar el movimiento lo transmitirá a C.

*Séptima* [OC, II, 52, p. 172-3]: (a) Si la superioridad de C sobre B en masa es infinitamente pequeña —tendiendo a ser iguales—, y su velocidad es también muy pequeña — dando un reposo —, deberían moverse juntos a la misma velocidad, pero ya se ha dicho en la 6ª regla cartesiana que B quedará en reposo y C seguirá con la misma velocidad de aquél. (b) No es posible que al chocar B con

C quede éste sin ser afectado cuando aquél lo es mucho. (c) Además Descartes no consideró, en esta misma ley, el caso de que  $(\frac{mv}{mc} = \frac{v^B}{v^C})$  que sería límite entre [a] y [b], aunque el efecto, según las leyes cartesianas, no lo sería, demostrándose así el error.

(d) Tampoco se considera el caso de que B sea mayor en masa que C (que agregaría otras tres situaciones, a saber, las mismas razones para  $C < B$ , es decir, una regla *octava*). Ni existe una regla que contemple dos cuerpos en colisión de distintas masa y velocidad (que se desprendería de las reglas para el movimiento 1<sup>a</sup>-3<sup>a</sup>).

Leibniz retoma la dificultad, admitida por el propio Descartes, que supone la aplicación de las reglas cartesianas para el cálculo del movimiento [§21] y presenta el siguiente ejemplo [OC, II, 53, p. 173-9; u EDII, p. 88-91 (y n. 16)]. Dados en la *figura 1a*, por un lado, el cuerpo B, con dirección *B a W* y velocidad *BW*, y, por otro, el cuerpo C de trayectoria *A a H*, cuyas variaciones de velocidad se representan por la longitud de los segmentos de rectas *AH* (*AH<sub>1...6</sub>*); los recorridos de los mismos coincidirán por debajo del punto A (en *A-H<sub>1</sub>* y *A-H<sub>2</sub>* por ejemplo), y su velocidades serán las mismas en *AH<sub>6</sub>* y *AH<sub>3</sub>*, pero la de C será menor conforme al acercarse al punto A sobre la recta *H*. Así, en el caso descrito por el punto (*A, H<sub>2</sub>*) ambos cuerpos van en el mismo sentido, pero C (*AH<sub>2</sub>*) va más lento que



*figura 1*  
 (a) Delineación de las reglas leibnizianas del movimiento  
 (b) Delineación de las reglas cartesianas del movimiento  
 Ilustración de Leibniz  
 [OC, II, 53, p. 176]

B (*BW*) —pues la recta *AH<sub>2</sub>* es más corta que *BW*—, de modo que es alcanzado por éste. En el punto A la trayectoria y velocidad de C es nula, es decir, está en reposo, y en los puntos por encima de A su trayectoria es contraria a la de B.

Ahora bien, luego de un choque entre B y C, de igual masa, sean los puntos *P<sub>1...6</sub>* la velocidad y trayectoria de B después del impacto y *Q<sub>1...6</sub>* las de éste, de manera que *HP<sub>1</sub>* signifique la velocidad y sentido de B si ambos chocan en las condiciones descritas por *H<sub>1</sub>*, y que *HQ<sub>1</sub>* lo sea respectivamente para C. Cuando el sentido de sus

direcciones después de colisionar sea igual al de B antes del choque se representará a la izquierda de la recta  $H_1$  y, en caso contrario, se hará a la derecha.

El caso en el que B y C lleven la misma dirección y velocidad (caso representado en el punto  $H_1$ , pues el segmento de recta  $AH_1$ , que representa la velocidad de C, tiene la misma longitud que el segmento  $BW$ , que es la velocidad de B, y sus sentidos son también los mismos), es obvio, *de acuerdo a las reglas leibnicianas* del movimiento, que uno va detrás del otro sin tocarlo nunca y conservando siempre la misma distancia entre ambos: su dirección y velocidad son las mismas, y en el mismo sentido que B, que antes del choque. Ambos, el punto  $P_1$  (velocidad y dirección de B) y  $Q_1$  (representando a C), estarán a una distancia equivalente a  $BW$  de  $H_1$  y a la izquierda de la recta  $H$ .

Pero si C está en reposo antes del choque, como en  $H_3$ , B —siguiendo a Leibniz— quedará en reposo, por lo que  $P_3$  debe coincidir con A, y C se moverá en el sentido y a la velocidad que tenía B antes del choque, es decir, estará a la izquierda de  $H$  a una distancia equivalente a  $BW$ .

Finalmente, si chocan a la misma velocidad pero en sentido contrario (representada para C por  $AH_5$ , que es tan larga como  $BW$  y está encima del punto A), entonces ambos cuerpos serán rechazados en la misma dirección y a la misma velocidad que llevaban antes del impacto pero en sentido contrario: de manera que  $Q_5$  estará a una distancia  $BW$  de  $H_5$  a la izquierda de  $H$  —porque antes del impacto iba en sentido contrario a  $BW$ , pero después va precisamente en ése—, y  $P_5$  estará a la derecha a una distancia tan larga como  $BW$ , toda vez que luego del impacto viaja en sentido contrario al que llevaba originalmente.

Se observa que los puntos  $P_{1,3,5}$  y  $Q_{1,3,5}$  pueden unirse mediante una línea, conforme a la ley de la continuidad. Ello no quiere decir que los puntos  $P_{2,4,6}$  y  $Q_{2,4,6}$  puedan determinarse a partir de los casos mencionados y dicha ley, pero basta con que todo los casos sean examinados para advertir que los puntos resultantes definen efectivamente las rectas P y Q.

Leibniz observa que, graficando igualmente las colisiones descritas, siguiendo las reglas cartesianas, se obtiene una representación que él denomina «monstruosa» [OC, II, 53, p. 176], donde. Sean entonces  $p$  y  $q$  los respectivos movimientos después del impacto de B y C (*figura 1b*), donde:

1) $p_1, p_2, p_3$	$q_1, q_2, q_3$	Resultan de la 7ª regla de Descartes
2) $p_3', p_4, p_5'$	$q_3', q_4, q_5$	Resultan de la 3ª regla de Descartes
3) $p_3$	$q_3$	Resultan de la 6ª regla de Descartes
4) $p_5$	$q_5$	Resultan de la 1ª regla de Descartes

Esto probaría, a decir de Leibniz, que

«[...] a partir de las reglas cartesianas no puede trazarse una línea continua que representa la variación en los efectos, y que corresponda a la línea continua que representa la variación en la hipótesis, sino que resultaría una delineación completamente deforme y contraria al criterio [...de] la *ley de la continuidad*» [OC, II, 53, p. 179]

La ley de la continuidad y la 1ª regla cartesiana del movimiento permiten a Leibniz rechazar las restantes reglas cartesianas, basado en lo siguiente: (a) la poca adecuación de éstas a dicha ley, (b) la contradicción que ofrecen con la primera regla y (c) la inconsistencia que guardan entre sí. Se observa, pues, el carácter de la ciencia en Leibniz, a la luz del cual se hacen las críticas a las reglas cartesianas. Al demostrar que las leyes propuestas no son siquiera compatibles entre sí adolecen, en primer lugar de no conformar un sistema coherente en estos tres niveles: *primero*, que cada una de las leyes sea acorde en sus consecuencias con las demás; *segundo*, que al mismo tiempo lo sea cada una con las más generales leyes de la razón (como las leyes generales de la naturaleza); y *tercero*, que mantengan una mínima congruencia con el testimonio de los sentidos; si se ha de decir de que son verdades de hecho.

Además deben ajustarse a las leyes que el entendimiento prescribe por sí mismo, o verdades de razón, como la ley de la continuidad, derivado del principio de razón suficiente (dada una causa, ésta produce un efecto; pero si no hay ninguna razón para que, existiendo la misma causa pero en mayor grado, cambie la naturaleza del efecto, y sí la hay, por la armonía preestablecida, de que el efecto se corresponda proporcionalmente con su causa.

## LAS PROPIEDADES DE LOS CUERPOS

§25 La concepción física cartesiana de la materia del cuerpo [PF, II, 54-62, p. 111-9], es decir de las propiedades de la materia, es la siguiente. Un fluido se distingue de un sólido en que (A) las partículas de aquél se apartan más fácilmente de sus lugares —debido a que éstas se encuentran siempre en movimiento. (B) Los sólidos, en efecto, contienen partículas que están en reposo, por lo que se requiere una fuerza mayor para afectarlos, y es el propio reposo lo que mantiene cohesionadas las partes constitutivas de los cuerpos no fluidos, sin requerir ningún otro «aglutinante», pues «no hay nada más contrario al movimiento que el reposo»<sup>5</sup>.

(C) Las partículas de un fluido se mueven simultáneamente en todas las direcciones de suerte que si un cuerpo se coloca dentro de un fluido permanecerá quieto, toda vez que las partículas del fluido lo empujarán en todas direcciones y lo mismo en un sentido que en otro: produciendo en él un equilibrio similar al reposo. (D) Y si algo pequeñísimo empuja al sólido que así se encuentra dentro del

---

<sup>5</sup> Más abajo Descartes se plantea el siguiente problema: ¿cómo es que (i) un cuerpo pequeño como un clavo se mantiene unido —toda vez que puede tomarse una de sus partes como un cuerpo— con tanta firmeza que las manos no pueden romperlo, si, de acuerdo con la cuarta ley expuesta arriba, un cuerpo mayor puede mover a otro menor en reposo? Se responde que esto se debe a que (ii) la mano es más bien un fluido que un sólido, y la parte de la mano se separaría al contacto más fácilmente que el segmento del clavo, provocando dolor: por ello no puede hacerse. [PF, II, 63, p. 120-1]. En cambio, Leibniz opina que no se trata del movimiento —puede moverse sobre una mesa con la mano un clavo—. Y agrega que si se diera un golpe al clavo con la más dura herramienta éste seguiría unido, el problema consistiría más bien en por qué existe la cohesión de las partes del clavo y por qué una de las partes no se mueve fácilmente con independencia de la otra (al que trata de darle solución en su teoría de los sólidos [§§95-6 ] [OC, II, 63, p.191].

fluido, se moverá a través de éste con la misma fuerza con la que es empujado, aunque no debe creerse que la fuerza de este movimiento proviene esencialmente del impulso, sino que se encuentra en las partículas mismas del fluido. La semejanza de la fuerza del impulso ajeno al fluido y la velocidad del sólido en él se debe a que es aquél el impulso el que rompe el equilibrio de las fuerzas intrínsecas del fluido que actúan en el sólido, y es por esto mismo que, aunque es mayor el impulso que tales fuerzas ejercen sobre el fluido, la velocidad del sólido nunca será mayor a la que le imprime la fuerza que rompe tal equilibrio.

(E) No obstante, si las partículas del fluido se mueven más lento que el impulso recibido por el cuerpo, no podrá ser considerado un fluido (porque éstos se caracterizan por un mayor movimiento en sus partículas que el de las del sólido), sino que éste actuará como resistencia de aquél, del modo que el mar le opone más resistencia al barco cuando va deprisa que cuando navega lentamente.

(F) Así mismo, si un fluido se mueve, también se moverá el sólido contenido en él, pues el movimiento de aquél denota una tendencia en el movimiento de sus partículas en alguna dirección (como los ríos), al que el sólido quedará supeditado, y no sería adecuado decir que tal cuerpo contenido en el fluido se mueve, pues por la definición cartesiana de movimiento [§18] el sólido permanecería siempre cercano a las mismas partículas por las que es arrastrado, mientras que arriba —en el fluido en reposo— se alejaba de unas por acercarse a otras.

Leibniz acepta de la definición que (A) las partículas de los fluidos están siempre en movimiento, pero no acepta que (B) la “dureza” de los sólidos (*firmeza*) proceda del reposo [u §96]. El argumento de Descartes es como sigue:

«[...] el reposo es el modo del cuerpo más contrario al movimiento; ahora bien, [ii] el modo del cuerpo más contrario al movimiento es la causa de la firmeza; luego [iii] el reposo es la causa de la firmeza.» [OC, II, 54-5, p. 180]

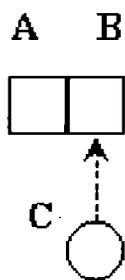


figura 2

Dos átomos se encuentran con un tercero  
Ilustración de Leibniz  
[OC, II, 54-5, p. 182]

En opinión de Leibniz, se requiere más fuerza para desviar un cuerpo en sentido contrario a su movimiento que para hacerlo entrar en reposo [§24]. Por ello [i] un movimiento se opone más a otro movimiento en sentido contrario que al reposo. [ii] No está probado, pero bien pudo suponerse este paralogismo «la firmeza es lo más contrario al movimiento», «su causa también es lo más contrario al movimiento», de ahí (ii') «la causa de la firmeza es lo más contrario al movimiento».

De manera que habría que sustituir (ii) por (ii'), y se obtendría (iii') «la causa del reposo es la causa de la firmeza» por [iii]. Pero de nuevo son cuestionables las premisas. [ii'] Firmeza es la cualidad por la que una parte de un cuerpo se opone a moverse

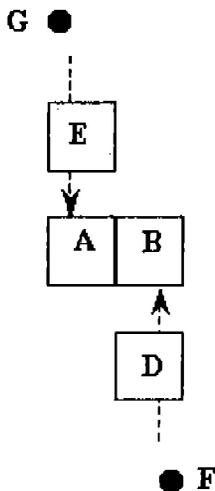
sin que se mueva otra, y precisamente hay que averiguar por qué hay dureza. [ii] Y cuestiona que si algo es contrario a otra cosa lo sea también su causa.

En el ejemplo (*figura 2*), al colisionar C con B encontraría resistencia por parte de éste a abandonar su estado de reposo, lo mismo que si B estuviera alejado de A, y en cierto sentido B opondrá también resistencia a separarse de A en tanto su estado —que tiende a conservar— incluye el ser contiguo A. Pero esto es accidental, pues no está en la naturaleza de B ser adyacente a A, pero sí lo está el ofrecer resistencia al movimiento:

«El sofisma consiste —según Leibniz— en pretender concluir, por el hecho de que cualquier cuerpo preserva en su estado cuanto le es posible, que dos cuerpos están adheridos porque están en reposo el uno junto al otro, y que el mero reposo les da firmeza; pues con la misma razón se podría concluir también que están unidos los que distan entre sí diez pies, y que tienden a comportarse de tal modo que conservan siempre esa distancia» [OC, 54-5, p. 183]

### En contra *D<sup>os</sup> átomos*

§26 Descartes supone que la impenetrabilidad de los cuerpos es prueba de la existencia de los átomos. A propósito de la rarefacción [§25], Descartes creía haber refutado el atomismo como explicación de los cuerpos al adelantar su noción de *substancia extensa*. En contra de los átomos, él decía que, por muy pequeñas que fuesen estas unidades de materia, siempre serían necesariamente extensas, pero al poderlas dividir, aunque fuese sólo con el pensamiento, deben tomarse como divisibles: luego, no son indivisibles. Además, no podría Dios haber hecho una cosa tan firme y dura que él no pudiera dividirla [PF, II, 20, p. 85-6].



*figura 3*  
Átomos cohesionados entre sí  
Ilustración de Leibniz  
[OC, II, 54-5, p. 184]

Leibniz opuso a ello que un atomista aún podría defenderse definiendo el átomo como lo que no puede ser dividido por fuerzas naturales —aunque pueda serlo por el pensamiento o poder divino [§84]. Por lo tanto, la refutación cartesiana del atomismo resultaría para él demasiado endeble [OC, II, 20, p. 151].

Leibniz retoma la cuestión de la refutación al atomismo a propósito del problema de la definición de los sólidos. Habría que buscar la causa de que los cubos A y B formen el cuerpo AB, en el ejemplo de la *figura 2*. Esto, según los atomistas, se debe a la unión perfecta entre sus partes,

«[...] si el paralelepípedo AB es un átomo, divisible mentalmente en los cubos A y B, pero no dividido en la realidad, entonces no es divisible también [*sic*] en realidad, sino que conservará su firmeza.» [OC, II, 54-5, p. 183]

Suponiendo que dos átomos D y E golpean a los respectivos A y B en

el modo y la dirección indicados en la *figura 3*, se trata de averiguar, asumiendo el compuesto AB, por qué A no se separa de B.

(I) Respecto a la separación, decir que el cuerpo AB está compuesto por A y por B es sólo decir que actualmente no está dividido. Un atomista podría añadir que «en un continuo no existe la separación actual», pero, o bien ello no considera una causa de la separación, y por ende no impide la separación cuando aparece dicha causa actual para ello —en cuyo caso no se explicaría la solidez del cuerpo—, o bien sí la considera, y aún sobre ella no es posible la división —lo que lleva a que ningún continuo será nunca divisible—.

(II) Por lo que toca a la división, ¿cómo habrían los átomos llegado a formar el cuerpo? Si los dos átomos por simple contacto formaron el cuerpo AB, entonces, por simple contacto, la materia tendería a aglutinarse en aumentación, «como una bola de nieve cuando rueda por la nieve, y llegaría un momento en que la coalescencia reduciría todas las cosas a un solo cuerpo más duro que el acero» [OC, II, 54-5, p. 185].

Sólo quedaría la opción de decir que (i) en la naturaleza no existen superficies «planas» de contacto entre átomos, de manera que no habría adhesión o composición de átomos sobre superficies íntegras, y tendrían que admitir átomos esféricos que apenas se tocan. (ii) Algunos afirman que la razón por la que los cubos no se separarían es que el «medio ambiente» no podría introducirse rápidamente por el espacio entre los cubos. Pero esto sería así por la compresión provocada por dos cuerpos duros, y se trata de explicar esto precisamente, tampoco podría decirse que (iii) están unidos por algún aglutinante, pues éste debería tener la firmeza para mantenerse a sí mismo cohesionado y los dos cuerpos A y B en cuestión; lo cual exige una explicación acerca de las cualidades o propiedades que dan firmeza al aglutinante. (iv) Y si las prominencias de un cuerpo se insertaran en los poros del otro provocando así su unión, habrá que preguntar a qué deben esas prominencias su dureza, y cómo es que tienen la fuerza para cohesionar dos elementos [§§59, 66].

§27 Leibniz ofrece una definición esencial para explicar su *física*, la de cuerpo sólido, ya que, como se verá [§71-2], éste no se compone de materia, en el sentido cartesiano-newtoniano del vocablo, sino que la define del siguiente modo: materia es la combinación de sucesos del infinito circundante [NE, p. 46] y la causa de la cohesión de los sólidos es el movimiento conspirante [OC, II, 54-5, p. 186] [§104]. Es decir,

«[...] sólo el movimiento nos permite distinguir unas partes de la materia de otras, porque esta por sí misma es homogénea e igualmente divisible por todas partes; pero vemos que incluso los fluidos adquieren cierta firmeza gracias al movimiento[...].» [OC, II, 54-5, p. 187]

Es más difícil, por ejemplo, que un cuerpo penetre un fuerte chorro de agua a que penetre en la misma cantidad de agua estando ésta en reposo. También, cuando se ve un imán cerca de la limadura de

hierro se advierte que las pequeñas partículas forman hilos unidos sólo por la fuerza magnética, formando fuerzas en las partículas que concurren hacia un mismo fin.

Así, Leibniz resuelve que la diferencia entre un sólido y un fluido radica en una ley de la naturaleza que dice que *todos los cuerpos poseen movimiento interno*, y en que los movimientos de aquél son organizados mientras que los fluidos son tales en la medida que sus movimientos son irregulares y desordenados, de ahí que todos los cuerpos

«[...] tengan algo de fluidez y cierto grado también de firmeza, y que ninguno sea tan duro que no tenga algo de flexibilidad, y viceversa.» [OC, II, 56-7, p. 188]<sup>6</sup>

No obstante, el resultado más relevante de la discusión con la teoría cartesiana fue el que Leibniz hallara la formulación de átomos formales constituyen los verdaderos «átomos de la naturaleza» [§§57, 84-5, 93ss]:

«But *atoms of matter* are contrary to reason, quite apart from being composed of parts [...] Mathematical points are really indivisible, but they are only modalities. It's only metaphysical or substantial forms (constituted by forms or souls) which are both indivisible and real, and without them there would be nothing real, since without true unities there would be no multiplicity.» [NSI, p. 16]

---

<sup>6</sup> De (C) [§96] se seguiría según Leibniz, que un cuerpo en un fluido será movido por una fuerza externa aunque ésta sola no baste para moverlo, pues por pequeña que sea romperá el equilibrio interno de las fuerzas del fluido, siendo más éstas la causa del movimiento; empero luego dice que la causa de dicho movimiento es la fuerza externa (para salvar su falso principio de conservación del movimiento). Esto debido a la «ficción sorprendente» del movimiento de las partículas. El movimiento del cuerpo, por el contrario, requeriría más cantidad de movimiento, primero por la resistencia del fluido (que no deja de «tener algo de sólido»), segundo, porque requeriría más fuerza para desplazar al fluido cuyo lugar ocupa. [OC, II, 59, p. 189-91].

### III

#### LA DISCUSIÓN CON CLARKE

Indiscutiblemente el intercambio epistolar de Leibniz con el newtoniano Rev. Dr. Samuel Clarke resulta pertinente a la presente investigación, toda vez que en él Leibniz se ve sometido a una **l**ordalía por su concepción dinámica, ya madura en tiempos de la correspondencia. Este capítulo analizará [A] el juicio de la Naturaleza en tanto objeto de estudio de la ciencia de Leibniz confrontándolo con el de Isaac Newton, así como las razones de sus divergencias [§§29-31] que repercuten en, lo que se mostrará son, definiciones pre-teóricas tan fundamentales como [B] el espacio [§§32-5], la materia y el vacío [§§36-37], el tiempo [§38] y las categorías físicas de [C] gravedad e inercia [§§39-42]. Se trata de la comparación de dos teorías sólidas y del mismo potencial explicativo —como también será expuesto—, por ello el análisis de las mismas ilustra puntualmente el tenor del pensamiento científico leibniziano.

§28 La discusión entre Leibniz y Newton es de suyo un momento crucial de la historia del desarrollo de la ciencia. Por un lado, Newton representa la culminación del proceso de «emancipación» de la ciencia respecto de la filosofía y, por otro, Leibniz es considerado como un filósofo más que como un científico. El propio Leibniz reconocía los trabajos físicos de Newton, si bien demeritaba sus trabajos filosóficos. Por ejemplo, en una carta escribe:

«I believe the metaphysics of this gentleman [Newton and his supporters –G. F.] to be a *narrow one* and their mathematics *arriuable* enough; this does not prevent me from estimating very highly the physico-mathematical meditations of M. Newton.» [Freudenthal, p. 5]

Newton, por su parte, consideraba que la filosofía es demasiado especulativa; y, para él, Leibniz

«[...] prefers hypothesis to arguments of induction from experiments, ... and instead of proposing questions to be examined by experiments before they are admitted into philosophy, he proposes hypothesis to be admitted and believed before they are examined[...].» [Freudenthal, p. 6]

El objetivo de Leibniz en la correspondencia que mantuvo con Samuel Clarke es mostrar, por un lado, que la teoría de Newton es auto contradictoria, mientras que la suya no lo es; y, más importante para este estudio, que aún si la de Newton no lo fuera, es preferible la teoría de Leibniz en virtud de la fundamentación en el nivel metafísico, que aquí se expresa en el principio de razón suficiente [Broad, p. 12].

#### A. RAZÓN SUFICIENTE

§29 Para Leibniz, los principios de razón suficiente y no contradicción son la garantía de las verdades necesarias y de las verdades contingentes respectivamente [§§10-1, 81-3]. Las verdades necesarias lo son lógicamente, una verdad contingente, en cambio, no es lógicamente necesaria, su contrario no contiene en sí mismo una contradicción, no obstante siempre existe una razón suficiente por la que cierto enunciado contingente es verdadero mientras que las posibilidades lógicas alternativas no lo son. Además, dicha razón es, a su vez y en todo caso, ella misma una verdad contingente. Esto

significa que para cada verdad contingente habría siempre una cadena infinita de razones particulares contingentes; o como dice Leibniz: «las razón última de todas las cosas debe estar en una substancia necesaria» la cual, no obstante, no ha de hallarse *en* el sistema de las verdades contingentes [M, §37-9, p. 37-8] y que contiene la causa eficiente y final de los fenómenos [§58]. En física no es necesario atender a la congruencia de las determinaciones finales de los fenómenos, pero sí a la razón suficiente de los mismos que es su causa eficiente y a la condición de no contradicción de sus enunciados.

La razón última para toda verdad contingente es que Dios necesariamente crea el mejor mundo y se asegura de que el mundo actual, en el que un enunciado contingente es verdadero, sea mejor que otro mundo posible en el que el mismo es falso [§§67-70]:

«He therefore chose to create a world in which this proposition would be true, and to leave uncreated all the equally possible worlds in which this proposition would be false and one or other of the possible alternatives to it would have been true.» [Broad, p. 8]

Esto convierte la razón de las verdades contingentes en una verdad necesaria, pues Dios necesariamente crea el mejor de los mundos posibles, en el que se verifican todas las verdades contingentes [u §§88ss]

«[...]sostener que Dios quiere algo sin que hubiera ninguna razón suficiente de su voluntad va contra el axioma o regla general de todo lo que sucede. Es recaer en la vaga indiferencia que ya he rechazado ampliamente y que he señalado como absolutamente quimérica incluso en las criaturas y contraria a la sabiduría de Dios; cómo si el pudiera obrar sin actuar por razones.» [3<sup>o</sup>C, p. 67]

Dios mismo actúa sobre el mundo *basado en el principio de razón suficiente* [§70]. Ello no niega en Él la facultad de elegir y remonta su elección a su sabiduría. Pensar que las cosas del Universo suceden *exclusivamente porque Dios así lo quiso* le niega la libertad y le reduce, según Leibniz, al capricho. Así, no se puede decir, que de entre dos opciones idénticas Dios opta por alguna en virtud de su voluntad, porque en tal caso no existe ninguna elección ni voluntad. Una simple voluntad sin ningún motivo es contradictoria con el propio concepto de voluntad. Si se diera el caso de dos cosas igualmente buenas pero incompatibles, Dios no elegiría ninguna, pues no hay razón para ello [3<sup>o</sup>C, §2, p. 67; §7, p. 69; 4<sup>o</sup>C, §1-5, p. 78-9; 5<sup>o</sup>C, §2-19; 99-104].

Clarke alega que esta tesis de Leibniz conduce a la «necesidad universal», y que los seres vivos —inteligentes— son movidos por actos igualmente vivos, no por meras causas: «unas veces, a la vista de motivos fuertes; otras, a la vista de motivos que no lo son tanto, y, en otras ocasiones, cuando las cosas son absolutamente indiferentes» [4<sup>o</sup>R, §1-2, p. 89]. Además, el motivo ciertamente actúa sobre la decisión, pero no es el «principio de la acción»; pues así exista un motivo, sin el dicho principio no habría una decisión y si la hubiera sería, quien la realice, un sujeto pasivo. Por esto no puede afirmarse, según Clarke, que Dios no podría actuar sin razón suficiente, ¿por qué no tendría Dios una buena razón para crear dos partículas de materia en todo idénticas? [4<sup>o</sup>R, §18-9, p. 94].

Por lo demás, Leibniz, según Clarke, sólo demuestra que para Dios no habría razón para crearlos y no que *de hecho* no los cree [5<sup>o</sup>R, p. 140]. Es posible, por ejemplo, que, en algún sentido, dos cosas idénticas no sean la misma: tómense de un cuerpo homogéneo cualesquiera dos partes iguales en figura y dimensión. Según Leibniz no habría razón para que Dios las crease, pero se aprecia que de hecho sí lo hizo, pues se posee el cuerpo del que se tomaron ambos fragmentos. (No obstante el propio Clarke precisa que, dado que *se encuentran en lugares distintos* del espacio no son idénticas sus relaciones respecto al espacio absoluto) [4<sup>o</sup>R, §3-4, p. 90].

Otra objeción de Clarke es que suponer como principio que se requiere siempre una razón suficiente, precisa una prueba que *no podrían inferirse de lo fenómenos mismos*. La fundamentación newtoniana, pues, prescinde, en el estudio de los *fenómenos en su conjunto*, de la razón por la que estos son *actualmente*. El fundamento del “sistema mecánico del universo” es éste mismo en tanto fenómeno-dado, o dicho de otra manera, no hay una razón de la existencia (ni de la naturaleza) del sistema en su conjunto. (Por ello el principio de razón suficiente no plantea problema alguno: se aplica solamente a los fenómenos regulares y parciales que constituyen la Naturaleza, no a la Naturaleza en su conjunto). La razón suficiente de un fenómeno relativo a la totalidad del Universo, siguiendo a Clarke, no puede ser otra cosa que la voluntad de Dios. Dado que el espacio es vacío —de acuerdo a Newton—, por qué un sistema de materia estaría en un lugar del espacio y no en otro —siendo sistemas idénticos y asumiendo que el espacio es indiferente a la materia—: sólo por la voluntad de Dios (negarlo eliminaría en él la libertad de elección) [2<sup>o</sup>R, §1, p. 62]:

«[...] cuando dos modos de obrar son semejantes e igualmente buenos, (como en los ejemplos antes mencionados), afirmar, en tal caso, que Dios no puede obrar en absoluto, o que no es una perfección en Él [*sic*] poder obrar, porque no puede tener una razón externa que le haga hacerlo en un sentido más que en otro, porque parece no tener un razón externa que le haga hacerlo en un sentido más que en otro, parece negar que Dios tenga en sí mismo algún principio original o poder para empezar a obrar, y parece en cambio afirmar que debe necesitar ser determinado siempre por las cosas extrínsecas (como si fuera mecánicamente).» [3<sup>o</sup>R, §7-8, p. 74]

y luego agrega que

«[...] no hay en las alteraciones que se complace causar en el orden de las cosas más de extraordinario que en la continuación del mismo; que en las cosas absolutamente iguales e indiferentes por su naturaleza, la Voluntad de Dios puede escoger y determinarse libremente sin causa externa alguna que la impela, y que poder obrar así es una perfección de Dios [...]» [3<sup>o</sup>R, p. 76]

§30 Según lo dicho recién, la concepción *lógico-metafísica a priori* del Universo de Leibniz se opone a la visión *empirista a posteriori* que aparece en PM, donde el objetivo de Newton es

«[...] to obtain the true motions from their causes, effects, and apparent differences, and conversely from the motions whether true or apparent to obtain their causes and effects [...], the whole burden of philosophy seems to consist in this — from the

phenomena of motions to investigate the forces of nature, and then from these forces to [investigate] other phenomena» [*apud* Freudenthal, p. 13]

La Naturaleza como un sistema [*system of the world*] comprendido exclusivamente como las leyes de los fenómenos es incompatible con un Universo establecido conforme un *orden lógico metafísico* que da realidad al nivel de los fenómenos.

§31 Leibniz, a partir del principio de razón suficiente, formula un nuevo principio: el de la “identidad de los indiscernibles”, sobre el que se basan muchos de sus argumentos y que encuentra distintos matices según el punto de la argumentación.

(a) En la discusión acerca del espacio, dice, si éste es absoluto, entonces se trata de un espacio euclideo: «Thus, there is no way to distinguish experimentally one absolute place from another» [Huglett, p. 161]. Si dos puntos son indiscernibles, no hay una razón suficiente para colocar un cuerpo en un punto antes que en otro; por lo tanto no puede haber dos puntos idénticos [3<sup>o</sup>C, §5, 7; p. 68-9]. La sola denominación de dos sustancias idénticas que sólo difieren en número, es auto-contradictoria: «Proponer dos cosas indiscernibles es proponer la misma cosa bajo dos nombres». La concepción del universo absoluto es, entonces, «una ficción imposible» [4<sup>o</sup>C, §6, p. 79]. De modo que, dos cosas, con las mismas notas características y los mismos accidentes (como las partículas de materia propuestas por Clarke [5<sup>o</sup>C, §1-20, p. 138-9]), son el mismo concepto [Rada, p. 38-9].

(b) Por otro lado, Leibniz acepta que la indiscernibilidad de dos partículas idénticas de materia «es posible en hipótesis» —como insiste Clarke [4<sup>o</sup>C, §3-4, p. 90]—, pues ésta no contiene en sí misma un contradicción: «Esta suposición de dos indiscernibles[...] parece posible en términos abstractos, pero no es compatible con el orden de las cosas [...]» [§29]. Es posible abstraer —como concesión— dos partículas idénticas de materia, pero suponer que existen actualmente es imposible. Éste es «uno de los defectos de los atomistas» [5<sup>o</sup>C, §21, p. 104; *cf.* Broad, p. 9].

(c) Además, si entre dos estados distintos de cosas no existe una diferencia observable, entonces ambos estados son el mismo, y se trata de una distinción inútil. Dados el estado de las disposiciones de los cuerpos entre sí, y un estado idéntico de relaciones en “otro punto” de un espacio euclidiano; no es posible distinguir entre ambos, pues no hay ninguna característica que permita distinguir entre ambos estados; y son, entonces, el mismo.

Los argumentos [a], [b] y [c] representan niveles distintos de argumentación: [a] es la expresión lógica del principio de identidad, derivada del principio de razón suficiente: *nihil sine ratione*. El argumento [b] es la determinación metafísica de la naturaleza, pues «la naturaleza de las cosas implica que todo acontecimiento tenga previamente sus condiciones, requisitos, disposiciones convenientes, cuya existencia constituye la razón suficiente» [5<sup>o</sup>C, §18, p. 103]. En [c] el principio de identidad es un criterio de verificación empírica, en donde si dos estados de cosas son indiscernibles son, de hecho, el mismo [Rada, p. 39, Huglett, p. 165].

Así, la postura acerca del fundamento de la física de Leibniz se resume en los siguientes términos [5°C, p. 99-136]: *Primero*, respecto al «agente necesario», el fundamento necesario de los enunciados contingentes [§69], hay que distinguir la *necesidad* en (a) *lógica* (i. e. metafísica o matemática), cuyo opuesto implica contradicción; (b) *moral*, que hace al sabio elegir lo mejor; (c) *hipotética*, que es la suposición de las reglas de la naturaleza con base en su regularidad y, finalmente, (d) la *absoluta*<sup>1</sup>. Dios elige la mejor disposición para los entes y les da existencia, siendo aún posibles las otras ordenaciones, y aquellos posibles órdenes no escogidos no son imposibles para él, de manera que no implican una contradicción expresa. Sostener que Dios elige el mejor de los mundos posibles porque los demás no son posibles es conferir a la creación una *necesidad absoluta* que no posee. La *necesidad moral* del Creador de elegir el mundo mejor no le resta la *posibilidad metafísica* de generar los demás mundos posibles, en tanto el mundo actual no es en sí mismo necesario, pero sus ventajas relativas sí son una *razón suficiente* para crearlo.

«Dios no es un agente necesario al producir las criaturas, puesto que actúa por elección. Sin embargo, lo que se propone aquí está mal fundado: que un agente necesario no sea en absoluto un agente.» [5°C, p. 122]

*Segundo*, sobre la demostración del *principio de razón suficiente*, éste es de suyo evidente, como se observa (a) en el transcurso de la naturaleza y como se concluye de que (b) no podemos encontrar un caso en el que no se encuentre presente. *Tercero*, respecto al principio de identidad, argumenta que no respetarlo empíricamente supone una oposición al orden de la Naturaleza basado en el principio de razón suficiente [§67ss].

## B. ESPACIO

§32 El concepto de espacio constituye por una parte uno de los términos fundamentales de la física y, por otra, una noción clave en la filosofía de s. XVII. En general pueden esbozarse dos tendencias entre las muchas teorías acerca del espacio: la teoría del *espacio relativo* y la del *espacio absoluto*. Según Einstein:

«Those two concepts of space may be contrasted as follows: (a) space as a positional quality of the world of material objects; (b) space as container of all material objects. In case (a), space without material object is inconceivable. In case (b), a material object can only be conceived as existing in space; space then appears as a reality which in a certain sense is superior to the material world.» [apud. Freudenthal, p. 7]

Mientras que Leibniz se encuentra en las caracterizaciones del tipo [a], Newton pertenece al grupo [b]. Éste, al comienzo de PM, no define el espacio, pues se trata, según él cree, de uno de los

<sup>1</sup> Según Clarke

«En cuestiones filosóficas, necesidad significa siempre necesidad absoluta. Las necesidades moral e hipotética son solamente metáforas y, en rigor filosófico, no son en realidad necesidad en absoluto.» [5°R, p. 139]

conceptos más familiares que se tienen, como el de tiempo y el de lugar; aunque trata de prevenir contra el hábito de considerarlo únicamente en relación a objetos perceptibles. El espacio como lo entiende Newton posee dos características fundamentales: *primero* es un espacio absoluto y, *segundo*, es un espacio vacío. Así las determinaciones del espacio absoluto, y relativo, son:

«II. Absolute space, in its own nature, without relation to anything external, remains always similar and immovable. Relative space is movable dimension or measure of the absolute space; which our senses determine by its positions to bodies; and which is commonly taken for immovable space; such is the dimension of a subterraneous, an aerial, or celestial space, determined by its position in respect of the earth. Absolute and relative space are the same in figure and magnitude; but they do not remain always numerically the same. For if the earth, for instance, moves a space of our air, which relatively and in respect of the earth remains always the same, will at one time be one part of the absolute space into which the air passes; at another time it will be another part of the same, and so, absolutely understood, it will be continually changed.» [PM, 46-7]

El espacio para Newton posee prioridad lógica respecto de los cuerpos que hay en él, el espacio es *absoluto* en la medida en que éste existiría exactamente en el mismo sentido “categórico” aún si no existiera ningún cuerpo dentro de él. Por esto es necesario distinguir entre el volumen de un cuerpo y el espacio que ocupa, el primero es una propiedad del mismo, mientras que el espacio es independiente de él. En estricto sentido el espacio no puede contener partes, no obstante es posible hablar de partes como ciertas regiones delimitadas convencionalmente en las que se contienen determinados cuerpos materiales. La diferencia entre espacio absoluto y relativo estriba en que el primero es inamovible y el segundo es, en cambio, movable: una parte arbitraria de la totalidad del espacio absoluto. La dificultad consiste en (I) identificar el espacio absoluto, es decir, probar la existencia de algo que, por su propia naturaleza —sin relación con nada externo a él—, permanezca siempre inmóvil. Empero, ya que no existen cuerpos *realmente en reposo*, no existe cuerpo alguno al cual vincularlo [Freudenthal, p. 14ss].

Aún así es posible, siguiendo a Newton, (II) identificar el espacio absoluto tomando como referencia algún *movimiento absoluto*, pues semejante cosa supone un marco de referencia inmóvil. Por lo tanto, demostrando [II] es posible inferir [I]. El movimiento absoluto, por su parte, es identificable a través de (1) sus propiedades, (2) de sus efectos, o bien, (3) por sus causas.

[1] Si se obtiene un cuerpo en *reposo absoluto*, A, que mantenga relaciones de reposo respectivo con otros cuerpos y con el espacio absoluto, se descubrirían las propiedades del movimiento de estos cuerpos respecto al espacio absoluto en virtud de su relación con el cuerpo A. De manera que el movimiento absoluto [II] de un cuerpo sería verificado en virtud de su relación con A. No obstante semejante cuerpo no es conocido.

[2] Puede definirse el movimiento absoluto [II] diferenciándolo del movimiento relativo por sus causas. (i) El movimiento absoluto [*true motion*] sólo puede ser generado o alterado por una fuerza que actúa sobre el cuerpo en cuestión. (ii) El movimiento relativo, por su parte, puede ser causado en

un cuerpo, incluso si se encuentra en reposo absoluto, si los cuerpos circundantes cambian de posición respecto a él. Así, [II] quedaría caracterizado por la *fuerza* que actúa sobre un cuerpo [i], y que no es necesario para el movimiento relativo [ii].

«The problem here is that one non-perceptible (absolute space) [I] must be identified by means of another non-perceptible (force) [II-i].» [Freudenthal, p. 16]

[3] Para identificar el movimiento absoluto por sus efectos hay que considerar aquellos que permiten identificar [II]: las fuerzas resultantes que existen en el eje de rotación de un movimiento circular [PM, 49-51]. Los efectos del movimiento circular absoluto son distintos del relativo, para distinguirlos Newton recurre a un experimento fácilmente practicable, que consiste en que una cubeta llena de agua y colgada de una cuerda sea puesta en movimiento. Como puede comprobarse fácilmente:

- (i) El agua y el recipiente se encuentran en reposo respectivo mutuo.
- (ii) Conforme el artefacto comienza a moverse la cubeta se mueve siguiendo la trayectoria del cordón, al tiempo que el agua permanece en reposo y su superficie se encuentra lisa.
- (iii) La fuerza del movimiento se transmite paulatinamente al agua hasta que alcanza la misma velocidad del contenedor, es decir, llega a estar nuevamente en reposo relativo a éste como en [i].
- (iv) La superficie del agua toma forma cóncava, que es más pronunciada en cuánto el agua y la cubeta se encuentran en reposo mutuo [iii].

El movimiento circular absoluto del agua es evidente en virtud de la fuerza con que se aleja del centro de rotación [iv], y en este caso es contrario a su movimiento relativo —con respecto al balde— [iii], pues cuando éste es de reposo, aquél es mayor (aún en los casos en los que el hombre aplica la fuerza al móvil, sólo puede asegurarse que el impulso afecta al cuerpo, pero es imposible decir en qué medida el movimiento proviene de dicho empuje, menos aún ello es prueba de [i]).

De este modo tanto la magnitud como la dirección de la fuerza-efecto del movimiento circular absoluto pueden ser determinadas. Así, Newton ha caracterizado [II] un movimiento absoluto [3, i-iv] con base en la fuerza centrífuga resultado de la rotación (que, dice, aparecería incluso si éste se verificara en un espacio vacío), y a partir de esto se da por comprobada la realidad del [I] el espacio absoluto<sup>2</sup>.

Sin embargo, el argumento no prueba todo lo que debía de probar. Aún suponiendo que la fuerza centrífuga producida fuera resultado del movimiento circular absoluto —y no del movimiento relativo del agua respecto de la masa de la Tierra— [I], de ello no se desprendería [II] que el espacio absoluto puede existir independientemente de los demás cuerpos.

---

<sup>2</sup> A finales del siglo XIX, Ernst Mach criticó la primera de estas conclusiones. Según él, el experimento de Newton sólo demuestra que la rotación del agua relativa a los bordes de la cubeta no produce fuerza centrífuga notable, es imposible saber los resultados de esta prueba si se incrementara el diámetro del contenedor hasta que posea un ancho de varias leguas [Freudenthal, p. 17].

§33 En cuanto al supuesto de que el espacio absoluto es *vacío*, el espacio es caracterizado a partir de experimentos realizados con péndulos de distintos materiales e igual peso, diseñados de manera que a pesar de su diferencia de volumen tengan el mismo peso. Newton, como ya lo habían hecho Galileo y Leibniz [§45], demostró que los cuerpos en el vacío caen todos a la misma velocidad. En medios no vacíos, sin embargo, caen sólo si su densidad es mayor que la del entorno.

Así, si el espacio fuera pleno, dice Newton [P; III, prop. VI, t. VI], la gravedad específica de cualquier fluido que ocupara la región del aire, dada la enorme densidad de la materia, sería tal que ningún cuerpo de menor densidad que el mercurio, o el oro, o incluso más pesado, podría descender en el aire. Pero este argumento supone (i) que todas las partículas de la materia son iguales en masa y (ii) volumen y, si la fuerza de gravedad es la misma, supone que las partículas son iguales en peso; (iii) por tanto la diferencia en el peso específico de la materia está en razón de espacios vacíos y llenos por unidad de volumen. Es decir que la densidad —la razón entre la masa y el volumen— de todas las partículas de materia es la misma [i-ii], por tanto la diferencia de los pesos entre un cuerpo y otro se debe a algo distinto que su materia [iii]:

«If all the solid particles of all bodies are of the same density, and cannot be rarified without pores, then a void, space, or vacuum must be garanted» [Newton].

»The concept of 'density' thus means the relation between the number of solid particles of a body and the pores; with the exception of an absolutely dense body, every body must be conceived as porous. Newton thus concludes "that bodies are much more rare and porous than is commonly believed. Water is nineteen times lighter than gold, and by consequence, nineteen times rarer than Gold" (*Opticks*, Bk II, Part iii, prop. viii). The conclusion that gold is nineteen times less 'porous' than water since it is nineteen times heavier, is only valid if it is presupposed that every 'ultimate' particle of Gold has the same mass and the same volume of every 'ultimate' particle of water » [Freudenthal, p. 18-9]

Aún si esta suposición fuese correcta [i-ii], quedaría sentado que *debe* existir un espacio vacío entre las partículas de los cuerpos —cualquier tipo de materia en esos espacios sería igual en masa, volumen y peso a las del cuerpo mismo— para explicar la diferencia de peso específico de dichos cuerpos. No obstante, ello no demuestra que exista un *espacio vacío* fuera de ellas, ni que éste sea el propio espacio absoluto.

Para llegar a esta conclusión Newton sigue dos vías. Primero, del hecho de que la cantidad de materia en un espacio determinado puede disminuir por rarefacción, cómo se observa en la diferencia de pesos específicos, extrapola al aseverar que no existe una razón para que este proceso no se siga *ad infinitum*. Por otro lado, Newton demuestra *empíricamente* la existencia del vacío de la siguiente manera.

Un cuerpo ofrece resistencia, y el espacio donde éste no la encuentra es llamado “vacío”, de modo que puede definir éste como el espacio en el que no se encuentran cuerpos materiales<sup>3</sup>.

En conclusión: la concepción absoluta del espacio de Newton implica, por un lado, que —más allá de los cuerpos materiales— todo punto en el espacio es idéntico, y, por otra parte, no hay manera de determinar qué tan rápido se mueve un objeto en un espacio absoluto. Se discutirá enseguida lo primero, y lo segundo se hará en el siguiente apartado al discutir la definición newtoniana de «inercia».

§34 En su correspondencia, Leibniz y Clarke abordan los planteamientos contrapuestos acerca de las características del espacio en términos (I) leibnicianos: (A)pleno-(B)relativo, y (II) newtoniano: (A)vacío-(B)absoluto, respectivamente.

Leibniz entiende el espacio

«[...IB] como una cosa meramente relativa, al igual que el tiempo; como un orden de coexistencias, mientras que el tiempo es un orden de sucesiones. Pues el espacio señala en términos de posibilidad un orden de las cosas que existen al mismo tiempo, en tanto coexisten conjuntamente, sin entrar en sus peculiares maneras de existir; u en cuanto vemos varias cosas juntas, nos damos cuenta de este orden de cosas entre ellas.» [3<sup>o</sup>C, p. 67-8]

Leibniz intenta demostrar, mediante una reducción al absurdo, que la concepción [II] vacío-absoluto es insostenible [§17]. El argumento es básicamente demostrar que, supuesto [II], no existe ninguna razón para que exista el universo. Así, supuestos los idénticos cuerpos *A* y *B*, en los puntos *P* y *Q* de un *ser real y absoluto*, no existe una razón para que el sistema de los cuerpos exista. El espacio tendría que ser [IIB/i] absolutamente uniforme. De modo que, sin cuerpos en él, un punto resultaría idéntico a otro y por lo tanto no habría una *razón* para que Dios, conservando la misma disposición de los cuerpos entre sí, haya colocado los cuerpos de un modo y no de otro, entre ambas alternativas no existiría una diferencia *real*. La misma consecuencia se sigue del modelo espacial de relaciones en el caso de que

«[...] the point *P* is defined by certain spatial relations to a certain set of material particles chosen as a system of reference, and the point *Q* by certain other spatial relations to the same set of material particles.» [Broad, p. 9]

Por lo tanto (i) *A* y *B* deben ser distintos entre sí. Ahora, resulta indiferente colocar *A* (o *B*), diferentes entre sí, en los puntos *P* o *Q* de un espacio absoluto, por lo cual (ii) *P* y *Q* deben ser también distintos entre sí. Si se define el espacio como independiente de los cuerpos, *P* es el mismo sin importar

---

<sup>3</sup> Newton calculó que en regiones altas de la tierra el aire es más delgado en proporción de 75(10)<sup>11</sup>:1, de manera que el movimiento del planeta Júpiter sería retardado 1/1(10)<sup>6</sup> en un millón de años. En experimentos realizados en la Tierra al vacío, no se registra resistencia del medio a la caída de los cuerpos. [Freudenthal, p. 21]

<sup>4</sup>

«Estos señores sostienen que el espacio es un ser real absoluto, pero eso los lleva a grandes dificultades. Pues parece que esta entidad debe ser eterna e infinita. Por esto hay quienes han creído que era el mismo Dios, o bien un atributo suyo, su inmensidad. Pero como tiene partes, no es un atributo, no es una cosa que pueda convenir a Dios.» [3<sup>o</sup>C, p. 67]

qué cuerpo está ubicado en él. Pero si el espacio es una serie de disposiciones mutuas entre cuerpos, *P* es uno, si alberga *A*, y otro distinto, si alberga a *B*. Por tanto, la única condición que satisface al principio de razón suficiente es el espacio relativo contenedor de partículas diversas.

En cambio, en opinión de Clarke, la uniformidad del espacio no implica que el sistema del mundo carezca de razón. Clarke interpreta el principio de identidad, como la imposibilidad de que existan estados indiferentes. «Dos cubos idénticos de materia», colocados en dos puntos idénticos, son estados indiferentes. Para Dios habría «motivos» para elegir alguno [4<sup>o</sup>C, §3-4, p. 90]. Ahora bien, si existen dos partículas idénticas de materia, cuya razón para existir es la acción del agente necesario (Dios) y un punto de un espacio relativo, como el de Leibniz, se define por los cuerpos en él, también el modelo relativista carece de razón suficiente por sí sólo, porque si en un punto no estuviera actualmente un cuerpo, sino otro, se diría que éste último existe en función de una razón suficiente que es el agente necesario: nada *en los fenómenos mismos* da razón, pues, de ellos.

En su quinta carta, Leibniz rechaza que la razón de un estado de situaciones sea tan sólo la acción de un agente, las razones que éste consideró para preferir determinado estado son la razón del mismo y distinguen un estado de otro [5<sup>o</sup>C, §15-6, p. 102-3]. Además, el principio de razón suficiente «es común a los agentes y a los pacientes», las razones para preferir un estado provienen de éste, por lo tanto, las razones para privilegiar un estado en vez de otro provienen de los propios estados, que no pueden, pues, ser indiferentes [5<sup>o</sup>C, §14, p. 102]: así, «la naturaleza de las cosas implica que todo acontecimiento tenga previamente sus condiciones, requisitos, disposiciones convenientes, cuya existencia constituye la razón suficiente» [5<sup>o</sup>C, §18, p. 103]. En el caso de Dios, el agente siempre elige las razones del mejor orden de cosas [5<sup>o</sup>C, §9, p. 101]: «decir que se actuará cuando se tengan razones para actuar, incluso cuando las vías de actuación fuesen totalmente indiferentes, es hablar [...] de una manera insostenible» [5<sup>o</sup>C, §17, p. 103]. Y por tanto no pueden existir dos partículas de materia idénticas.

Otra característica atribuida por Newton a su espacio absoluto es la [IIB/ii] *divisibilidad absoluta*. Por lo que, de admitir partes, habría infinidad de partes absolutas. En esto, Clarke corrige a su maestro:

«[...] al ser dichas partes [del espacio] (llamadas así impropriamente) esencialmente indiscernibles e inamovibles entre sí y no divisibles sin que haya una contradicción expresa en los términos: es en sí mismo uno y absolutamente indivisible.» [4<sup>o</sup>R, p. 92].

Se trataría simplemente de “un abuso” del sentido metafórico de la palabra “partes”. (Además espacio y tiempo son magnitudes y no lo son ni la situación ni el orden). El espacio infinito y absoluto, según Clarke, está compuesto de finitos tal y como éstos de infinitésimos<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> El newtoniano hace las siguientes precisiones: no hay, en realidad, un espacio limitado, sino que sucede que se fija la atención en una parte o cantidad, el espacio es, invariablemente, la inmensidad de un sólo sujeto; las partes de la inmensidad no le impiden ser infinitas —como tampoco las de la duración le restan eternidad—; Dios

«Porque el espacio infinito es uno, absoluto y esencialmente indivisible, y suponerlo dividido es una contradicción en los términos, porque en su separación debe haber espacio, lo cual es suponerlo dividido, y, sin embargo, no dividido al mismo tiempo.» [3<sup>R</sup>, p. 73]

(Leibniz, señala que el propio Clarke explícitamente atribuye partes propiamente dichas e inseparables al espacio, aunque en otro lugar las admite como impropias). Pero, si el espacio no tiene partes, como afirma Clarke, no está compuesto por los espacios finitos, y aquél subsistiría sin ellos al ser éstos aniquilados:

«Sería como si se dijera, en la suposición cartesiana de un universo corporal extenso sin límites, que este universo podría subsistir cuando todos los cuerpos que lo componen fueran reducidos a la nada.» [4<sup>C</sup>, p. 80]

El punto en discusión es éste: si el espacio es absoluto, entonces debe ser una entidad por encima del nivel de los fenómenos. Clarke, en su correspondencia, afirma que el espacio es una propiedad o consecuencia de un ser eterno e infinito: «el espacio infinito es la inmensidad»; pero como la inmensidad no es Dios mismo, el espacio infinito no se identifica con Dios. Es por esto y no por su “divisibilidad” —dice— por lo que Dios y el espacio absoluto no pueden ser identificados.

Suponer el espacio como una propiedad implica que lo es de una *substancia*: dados dos cuerpos separados por un espacio vacío, tendrían que decir de qué substancia es atributo el espacio que media entre ellos. Por otro lado, si «el espacio infinito es la [propiedad de la] inmensidad», el finito es la mesurabilidad o extensión limitada, y la extensión —por ser una propiedad— lo es de un cuerpo; un espacio vacío finito sería la extensión de un cuerpo, mas si está vacío, se pregunta Leibniz, ¿de qué cuerpo es atributo?

Pero el espacio vacío, dice Clarke, es la propiedad de una substancia incorpórea y no está delimitado por los cuerpos sino que es uno de ellos y subsistiría sin ellos (“vacío” quiere decir tan sólo vacío *de cuerpos*). Los cuerpos, en efecto, no están delimitados por el espacio sino por sus propias dimensiones y aquél, por su parte, no es un atributo sin sujeto [4<sup>R</sup>, p. 90].

§35 Clarke sostiene que la postura leibniziana es insostenible porque si el espacio fuera, como éste dice, [IB] la relación de los cuerpos entre sí, entonces una disposición (o espacio) *A* sería completamente indistinguible de una *B*, siempre que los cuerpos que lo integran conservaran la misma situación unos respecto a otros. En otras palabras, no sería posible distinguir dos universos cuyas únicas

---

mismo no sufre cambios, lo que muta lo hace *en él*; Dios no existe ni en el espacio ni en el tiempo, antes bien, éstos son consecuencia de él. El argumento del espacio absoluto, continúa, se basa en la posibilidad de que el mundo material sea finito, por lo tanto, para responderlo hace falta que lo anterior sea *de hecho*, imposible —y no sólo que parezca poco razonable para Dios—. De la cantidad, aunque en la matemática existiera la cantidad como relación, primero, los objetos de la matemática son muy a la relación y el orden; segundo, la proporción no es cantidad, sino proporción de cantidad, pues la proporción de 1 a 1 es la misma aún si cambia la cantidad a 2 [5<sup>R</sup>, p. 142ss].

diferencias fueran estáticas y cinemáticas: cuyas únicas diferencias fueran sus posiciones absolutas, sus orientaciones absolutas o sus trayectorias absolutas.

[IB/i] Si el Sol, la Luna y la Tierra, actualmente en el lugar  $a$ , estuviesen situados donde están ahora las estrellas fijas,  $b$ ; [IB/ii], o si los cuerpos hubieren sido creados en un punto distinto a dónde fueron dispuestos — $b$  en lugar de  $a$ —, cambio de lugar o estático del sistema; o bien, si todos los cuerpos se desplazaran en la misma dirección —dígase de  $a$  a  $b$ —, desplazamiento o cambio dinámico; [IB/iii] [3<sup>o</sup>R., p. 72-4]; conservando en cada caso las distancias recíprocas entre sí: habría que aceptar que siendo el espacio otro —en virtud de la disposición de los cuerpos en un lugar  $b$  distinto a  $a$ —, sería, empero, el mismo atendiendo a sus relaciones de contigüidad; lo que demuestra el absurdo de la suposición [IB].

En defensa de su propio argumento, Leibniz dice [v §106]: la oración “un orden  $A$  es indiferente al orden  $B$ ” [IB/i], demuestra por sí sola un absurdo. Si ambas disposiciones son indiferentes, entonces nunca serán resueltas por Dios, quien no actúa sin una razón suficiente. Decir además que se desplacen dos cuerpos idénticos e indiscernibles es un mero galimatías [IB/ii-iii], por el mismo principio de los indiscernibles [4<sup>o</sup>C., p. 78-81], y concluye:

«Se dice que el espacio no depende de la situación de los cuerpos, pero es este orden lo que hace que los cuerpos sean situables, y por él ellos tienen una situación entre sí al existir conjuntamente, igual que el tiempo es este orden respecto a su posición sucesiva. Pero si no hubiera criaturas, el espacio y el tiempo no existirían más que las ideas de Dios.» [4<sup>o</sup>C., p. 84].

Por otro lado, para que los argumentos de cambio cinemático y dinámico de Clarke sean válidos, es indispensable postular un punto de referencia absoluto, respecto al que todos los cuerpos se desplazarán conservando su disposición mutua: es decir, un punto  $Q$  respecto al que se distingue el desplazamiento y lugar de  $a$  hacia  $b$ . Este punto estaría en reposo absoluto respecto a un espacio también absoluto [v §42]. Dado que dicho punto *no puede ser demostrado*, los cambios aducidos por Clarke, no son, por definición, observables, ni siquiera en la teoría de Newton. Por tanto se trata de dos estados, cinemática y estáticamente, idénticos y, en función del principio de identidad de los indiscernibles, se trata en realidad de uno y el mismo universo. Así [IB/i-iii], además de que es una petición de principio, en tanto supone de antemano la concepción newtoniana de espacio, los desplazamientos sugeridos por Clarke suponen, igualmente, un “espacio interno independiente” del espacio absoluto, determinado por las relaciones recíprocas de los cuerpos (lo cual remite a la noción de espacio de Leibniz).

Finalmente, para Leibniz el espacio «[...] no es otra cosa más que un orden de existencia de las cosas que se manifiesta en su simultaneidad.» [5<sup>o</sup>C., p. 106]. Y

«[...] *sitio* es aquello que se dice ser lo mismo para  $A$  y para  $B$ , cuando la relación de coexistencia de  $B$  con  $C, E, F, G$ , etc., conviene enteramente con la relación de

coexistencia que A ha tenido con los mismos, suponiendo que no haya ningún motivo de cambio en C, E, F, G, etc. Se podría decir también, sin entrar en mayores detalles, que *sitio* es aquello que es lo mismo en diferentes momentos para existentes distintos, cuando sus relaciones de coexistencia con ciertos existentes que de uno de esos momentos a otro se suponen fijos coinciden enteramente [...]. En fin, *espacio* es lo que resulta de los espacios tomados juntos.» [5<sup>o</sup>C, §47, p. 112]

Es posible reconstruir el argumento de Leibniz del siguiente modo [§106]. Dado un orden de cuerpos A, C-G, con una serie ( $\Sigma$ ) de relaciones ( $r$ )  $\Sigma r$ , formada, en parte, por las disposiciones o distancias ( $d$ ) de A respecto a C ( $d^{ac}$ ), A respecto a D, ( $d^{ad}$ ), D respecto a A ( $d^{da}$ ), etc., que son sus «relaciones de coexistencia». Las relaciones de coexistencia de A son todas las disposiciones de A respecto a todos los demás cuerpos:  $r_A = d^{ac}, d^{ca}, d^{da}, \dots, d^{ag}$ , o bien  $r_A = d^{ax}, d^{xa}$ . El *espacio* es la serie  $\Sigma r_{A, C-G}$ .

Si el cuerpo A rompe su relación con el conjunto (afectando *exclusivamente* las serie de relaciones  $r_A = d^{ax}$  y  $d^{xa}$ ) y entra un nuevo cuerpo B cuyas relaciones  $r_B = d^{bx}$  y  $d^{xb}$  son respectivamente idénticas a las de A, entonces la serie  $\Sigma r$  sufrió un *cambio*, de A por B, llamado *movimiento*. Si este cambio se produjo *por la naturaleza* de A, el movimiento pertenece a A, y lo propio si se produjo por la naturaleza de B.

Puede argüirse que Leibniz propone este criterio para dar cuenta del movimiento absoluto de la fuerza centrífuga demostrada experimentalmente por Newton [5<sup>o</sup>C, §47-53, p. 112-6; cf. Freudenthal, p. 38] [*u infra* §§32, 98, 106 (especialmente n. 4)]. El movimiento absoluto se distingue del relativo en que la causa inmediata del cambio de posición relativa del primero *se encuentra en el cuerpo mismo* [Board, p. 13].

Las disposiciones  $d^{bx}$  y  $d^{xb}$ , (que son el *sitio* de B) en este ejemplo, satisfacen las respectivas  $d^{ax}$  y  $d^{xa}$  de A (es decir, ocupan el sitio de A), pero no podrán, «precisamente e individualmente», satisfacer  $\Sigma r$ , pues A y B son dos cuerpos distintos que, para satisfacer enteramente la serie de relaciones, deberían ser indiscernibles ( $A \equiv B$ ), en cuyo caso se trataría del mismo cuerpo, lo cual es imposible por el principio de identidad de los indiscernibles.

De lo anterior se percibe que *sitio* y *espacio* son dos cosas puramente *ideales*. Un cuerpo finito, para ser móvil, debe serlo respecto a otro finito *considerado* no móvil. Si se desplazase homogéneamente el conjunto de todos los cuerpos existentes, es decir, el Universo, entonces no habría manera de establecer que hubo un cambio, y por tanto el movimiento supuesto resulta ser quimérico<sup>6</sup>.

«Leibniz regards Space as a logical construction out of places, and regards a place as a logical construction out of facts about relative spatial position.» [Board, p. 13]

<sup>6</sup> «El espacio y el tiempo —dice Clarke— son cantidades, cosa que no son ni la situación ni el orden.» [3<sup>o</sup>R, §4, p. 74]. El Espacio como situación, para Leibniz, tiene también su cantidad, distancia o intervalo; y la sucesión o tiempo: anterior y posterior, además, las cosas relativas tienen su cantidad en el mismo grado que las absolutas, «por ejemplo, las razones o proposiciones de las matemáticas tienen su cantidad y se miden por logaritmos; sin embargo, son relaciones.» [5<sup>o</sup>C, p. 117] Así, si  $3/5$  es mayor que  $1/2$ , entonces tiene magnitud; pero  $3/5$  es una relación, por tanto las relaciones tienen magnitud. Para Clarke, el espacio y el tiempo son de naturaleza (y magnitud) absoluta, donde las razones se dan entre relaciones de ellos mismos.

## Materia y vacío

§36 Newton habla de densidad en varios sentidos. Uno de ellos es (i) la relación entre partículas y poros, discutida más arriba [§33]. (ii) En otro sentido sostiene que dos cuerpos tienen una misma densidad ( $P$ ) si sus respectivas fuerzas de inercia están en la misma proporción con sus respectivos tamaños. ( $P_1=P_2$ ) si  $m_1/v_1=m_2/v_2$ . *Empíricamente* sólo el segundo de estos conceptos puede ser constatado: como la relación de las masas de dos cuerpos de igual volumen;

«The measure of density is  $P=m/V$ . A measure of density would then be the mass of the unit of volume of a particular kind of matter. The density of other bodies can thus be expressed as the relation of their masses per chosen unit of volume to the standard (i. e., the unit of measurement). Newton expresses this by speaking of the “*same density*” and thus assuming that two masses are being compared.» [Freudenthal, p. 19]

Toda vez que la masa de un cuerpo —compuestas por sus partículas de materia [i]— no puede ser verificada experimentalmente, puede no obstante ser definible como el producto de la masa de cada una de las “partículas últimas” de materia por el número de las mismas en el cuerpo determinado. Por otro lado, la densidad [ii] es entendida como la razón, por un lado de la relación masa-volumen de un patrón y, por otro, la misma relación para la misma cantidad de volumen de otro cuerpo. Por consiguiente, la densidad es definible como la comparación entre los productos de la masa de las partículas por el número de las mismas en el patrón y en el cuerpo a comparar. La densidad, pues, puede ser imaginada o pensada como si se tratara del número de partículas por unidad de volumen, o bien la cantidad de unidades últimas de materia en el espacio que comprende el cuerpo. De acuerdo a Ernst Mach, siguiendo esta lógica sería posible definir la densidad simplemente como la masa de la unidad mínima de materia [*apud* Freudenthal, p. 20].

Ahora bien, esta definición permite a Newton derivar, de la diferencia de densidad en dos cuerpos de igual volumen, la existencia del vacío (entre las partículas que hacen la distinción entre ambos). Y, mediante una extrapolación [§33], la existencia del vacío fuera de los cuerpos materiales<sup>7</sup>.

De esta manera, la concepción de materia de Newton supone, a lo largo de las definiciones de PM, partículas infinitamente densas (de dureza infinita), y sin vacío dentro de ellas<sup>8</sup>, a la cuáles los cuerpos deben las propiedades que conforman sus notas esenciales en tanto tales:

«The qualities of bodies, which admit neither intensification nor remission of degrees, and which are found to belong to all bodies within reach of our experiments, are to be

7

«The only alternatives [...] which would have a meaning on the Absolute [Newton's] Theory [...] and would be meaningless on the Relational [Leibniz's] Theory are the following. (i) That the universe as a whole should rotate or not rotate about an axis. (ii) That, if the universe be finite in extent, it should, as a whole, either have a motion of translation or be translationally at rest.» [Broad, p. 15]

8

«All assumptions mentioned presuppose themselves, the existence of ultimate particles of matter, atoms. This could not be demonstrated, but Newton hopped to be able to observe the large particles with a microscope.» [Freudenthal, p. 217, n. 9]

esteemed the universal qualities of all bodies whatsoever [...]» [*Regula philosophandi III*, PM 552]

«The extension, hardness, impenetrability, mobility, and force of inertia of the whole, result from the extension, hardness, impenetrability, mobility, and forces of inertia of the parts; and hence we conclude that the least particles of all bodies to be also extended, and hard and impenetrable, and movable, and endowed with their proper forces of inertia. Ad this is the foundation of all philosophy.» [Scholium to *Regula philosophandi III*, PM 554]

Clarke afirma que los solos principios matemáticos bastan para demostrar que estas partículas de materia o cuerpos últimos son la parte más pequeña del universo —aunque no dice de qué manera lo prueban—[1 R, p. 53, §84]<sup>9</sup>.

En cambio, para Leibniz la magnitud de la masa está determinada por la resistencia que ofrecen, a una fuerza de movimiento, dos volúmenes iguales de diferentes materiales [§96]. La densidad de un cuerpo, para él, es la relación entre *su* masa y *su* volumen. Ya que la densidad puede ser definida con base en dos medidas empíricas, una definición basada en magnitudes no-empíricas le resulta a Leibniz inaceptable. Tal es el caso de la definición newtoniana de la densidad, basada, como se ha dicho, en su problemática noción de “cantidad de materia”. En comparación con esto, la definición de Leibniz tiene la ventaja de que no precisa suponer “espacios vacíos” entre las partículas.

Por lo demás, en la teoría relativista del espacio, es igualmente plausible que la materia sea (i) finita o (ii) infinita. Tomando la distancia entre dos puntos dados como unidad distancia, la hipótesis [i] significaría que la distancia entre todos los pares de puntos del espacio es menor que  $N$  veces la unidad, donde  $N$  es algún número entero. La hipótesis [ii] querría decir que, para cualquier número  $N$  y para cualquier un punto cualquiera, siempre habrá en cualquier dirección un punto que está a una distancia mayor que  $N$  veces la unidad. Igualmente, puede suponerse en la teoría relativista, que la materia bien puede ser continua o discontinua, según sea que se postule o no un espacio vacío como el sitio entre dos partículas en el que no hay ninguna otra partícula [Broad, p. 15].

---

<sup>9</sup> Para Leibniz son estos principios los que han conducido a que varios autores hagan «a las almas corporales [materiales] y algunos al propio Dios» [1C, p. 51]. Esto es para Clarke un error que se debe a la adscripción de tales escritores

«[...] a la falsa filosofía de los materialistas, a la cual los principios matemáticos de la filosofía se oponen directamente. [...] los cuales principios, y sólo ellos, prueban que la materia o cuerpo son la parte más pequeña e inapreciable del universo». [1R, p. 53]

Según él los principios matemáticos se oponen a los que defienden el materialismo toda vez que éstos suponen que la Naturaleza entera se podría explicar partiendo exclusivamente de los principios de la mecánica y del movimiento, mientras que la ciencia de los números exige una causa inteligente y libre para el estado de las cosas [2R, p. 62]. Leibniz quiere demostrar que los mismos principios pueden conducir al error de reducir todo a partículas materiales, pues no son los principios matemáticos los que demuestran el error de los materialistas, es, antes bien, el principio de razón suficiente —fundamento mismo de las matemáticas— lo que demuestra la divinidad y todo el resto de la metafísica [2C, p. 56]. Los principios mencionados, acerca del «estado de las cosas», no pertenecen a las matemáticas puras, sino al ámbito de la metafísica [3C, p. 67]. Así, Leibniz enfatiza el hecho de que, tal y como no es posible explicar la Naturaleza a partir de los solos principios mecánicos, no lo es tampoco partiendo exclusivamente de principios matemáticos.

El rechazo del vacío por parte de Leibniz se da más bien por otras razones [§88], a saber: que no es necesario postularlo, mientras que hacerlo conduce a mayores dificultades, además de no ser comprobable empíricamente. No obstante que la afirmación del *pleno* obedece a estos motivos metafísicos, su utilización en el sistema de Leibniz no genera contradicciones y da pie a una relación causal entre los conceptos de la física y las disposiciones de los fenómenos [§§66ss.].

§37 Lo que pareciera una frase incidental acerca de dos fragmentos idénticos de materia [§§34, 88 (n. 4)] es tomada por Leibniz como motivo de la discusión en torno a la materia. Si los cuerpos estuvieran compuestos de *materia* —como afirmó el newtoniano en su respuesta—, entonces el Universo, en virtud del principio de razón suficiente, sería más perfecto y sabio en proporción a la cantidad total de materia contenida en él (o sea, entre más materia existiera, más *ser* habría en la Naturaleza, y por consiguiente mayor perfección). De esta manera, la idea de vacío que subyace a la afirmación en cuestión (en cuanto *los cuerpos ocuparían la parte más pequeña de un espacio vacío*) le resta perfección, y por ende no hay *razón* para el vacío [2<sup>o</sup>C, p. 58].

Por otro lado, como cualquier limitación es un tipo de imperfección, ésta no existe en la obra de Dios, no habría razón para la limitación de la materia y ésta no tendría lugar en absoluto [4<sup>o</sup>C, p. 81]. Aún si existen en espacio cosas distintas de la materia, no podrían ser incompatibles con ella, de modo que no habría ni siquiera en este caso espacio vacío [4<sup>o</sup>C, p. 81]. El espacio vacío supone una reducción del poder de Dios [3<sup>o</sup>C, p. 69-70]: aunque Dios podría ponerle límites a la materia, no hay razón para que lo haya hecho. Como Dios solo quiere lo mejor (aquello para lo que hay una razón suficiente), no habría *querido* limitar la materia, si bien él hubiera *podido* hacerlo [5<sup>o</sup>C, §73, p. 21].

«La misma razón que hace que el espacio fuera del mundo sea imaginario prueba que todo espacio vacío es una cosa imaginaria, pues no difieren más que de grande a pequeño.» [4<sup>o</sup>C, §7, p. 79]

Es decir, del mismo modo que no existe razón para que exista un *espacio carente de materia* más allá de los cuerpos materiales, no existe una que demuestre que los cuerpos se disponen sobre un espacio vacío, idéntico en todos sus puntos, al no haber más razón de poner un cuerpo en un punto que de ponerlo en otros cualesquiera [§85].

A todos estos argumentos, Clarke responde que el poder de Dios no se establece en función de la *cantidad* de cuerpos, y que hay cosas distintas de la materia existiendo en el espacio vacío, sobre las que actúa el Creador [2<sup>o</sup>R, p. 63]:

«Supongo que la cantidad de materia que hay ahora en el mundo es la más conveniente para el presente sistema de la naturaleza, o para el presente estado de las cosas, y que tanto una mayor (como una menor) cantidad de materia hubiera hecho menos conveniente el presente sistema del mundo y que, en consecuencia, haber ejercido sobre ella no habría sido un mayor objetivo para Dios.» [3<sup>o</sup>R, §9, p. 75]

Si la limitación en tanto imperfección probara que Dios no puede limitar la cantidad de materia, probaría también que tampoco puede limitar el tiempo. Pero en tal caso, el mundo material sería eterno necesaria e independientemente de Dios. Y eso probaría que *no puede* dejar de hacer lo que puede hacer, esto lo convierte en un agente necesario (y no en Señor) del Universo [4<sup>R</sup>, 21-3, p. 94] [§§68-70].

## Tiempo

§38 El tiempo «verdadero» y «matemático», dice Newton, es independiente del movimiento. Éste puede ser acelerado o desacelerado, pero la «duración» de un fenómeno es siempre la misma.

«Absolute, true, and mathematical time, of itself, and from its own nature [define Newton], flows equably without relation to anything external, and by another name is called duration: relative, apparent and common time is some sensible and external (whether accurate or unequal) measure of duration by the means of motion, which is commonly used instead of true time, such as an hour, a day, a month, a year.» [PM, 46]

Un movimiento absolutamente uniforme sería la medida del movimiento como tal, cada ciclo sería una unidad de medición del mismo. Sin embargo, dicho movimiento no existe y el tiempo debe permanecer independiente a los movimientos. El tiempo «aparente», en cambio, está vinculado a la medición de un fenómeno con base en un movimiento, que no es absolutamente uniforme, usado como parámetro, por tanto este tiempo aparente no fluye constantemente y con independencia a cualquier cosa externa. Así, el tiempo «matemático» no guarda ninguna relación con ninguna sucesión o cambio, en las que se observa un tiempo «común».

El concepto de tiempo de Leibniz [§§105-6] es, en cambio, el siguiente: (1) Sea  $i_t$  la serie de relaciones  $\Sigma r$  mencionadas más arriba [§35] en un momento 1.

$$\Sigma r_t = i_t$$

El tiempo es la sucesión  $\Sigma$  de instantes  $i_{t-n}$ .

$$\Sigma i = i_{t-n}$$

(2) Ahora, si la suma total de las relaciones  $\Sigma r_{t-n}$ , no existen más que idealmente (virtualmente), se ve en seguida que  $\Sigma i$  posee el mismo carácter ideal [5<sup>C</sup>, §49, p. 117]. Leibniz da a conocer su concepto de tiempo con un argumento análogo al del espacio. El tiempo no es sino la sucesión de las relaciones que los cuerpos guardan entre sí.

Clarke pretendía demostrar la imposibilidad de semejante concepción del tiempo con base en un argumento referido *mutatis mutandi* al espacio. Éste puede ser parafraseado así: (i) si el tiempo es la pura sucesión de eventos, entonces independientemente de que el universo hubiera sido creado en un momento o en otro, se obtendría siempre uno y el mismo universo —toda vez que conservara el mismo orden—. Pero si dos universos se distinguen por haber sido creados en distinto momento,

entonces existirán dos universos distintos —en tanto creados en distinto tiempo— que son iguales —en tanto sucesión de eventos— [3<sup>a</sup>R, §6, p. 74].

«[ii]La sabiduría divina puede tener muy buenas razones para crear este mundo en el tiempo determinado en que lo hizo; pudo haber hecho otro tipo de cosas antes de que este mundo material comenzara a existir, y puede hacer otro tipo de cosas después de que sea destruido.» [4<sup>a</sup>R, §15, p. 93]

[i] Suponer, precisa Leibniz, que el tiempo es absoluto y que sobre su eterno discurrir Dios eligió un momento para crear el mundo en vez de cualquier otro, es tanto como afirmar que existe el tiempo independientemente de los cuerpos a los que afecta. Esto es, según él, absurdo y demuestra que el tiempo es sólo la disposición y el orden de los eventos entre sí [3<sup>a</sup>C, §6, p. 68-9]:

«Es una ficción parecida, es decir imposible, suponer que Dios haya creado el mundo millones de años antes. Quienes proponen esta clase de ficciones no sabrían responder a aquellos que argumentan en favor de la eternidad del mundo. Del hecho de que Dios no haga nada sin razón y no haya ninguna razón asignable por la que no haya creado el mundo antes, se seguirá o que no ha creado nada o que ha creado el mundo antes de todo tiempo precisable, es decir, el mundo sería eterno. Pero cuando se demuestra que el principio, sea el que sea, es siempre la misma cosa [a saber, el comienzo de la sucesión de eventos], la pregunta de porqué no ha sido de otra manera desaparece.» [4<sup>a</sup>C, §15, p. 80]

### C. GRAVEDAD E INERCIA

§39 Newton descubrió que la gravedad, tal como queda determinada bajo la fórmula que él le dio, puede explicar las órbitas de los planetas. Ello significa que los cuerpos actúan entre sí a distancia y a través de un espacio vacío. Él explicaba el movimiento circular a partir de la gravedad basándose en dos modelos: una pelota que gira dentro de un cilindro, y un cuerpo que gira alrededor de un punto atados ambos por una cuerda. En el primer modelo la atracción de los planetas hacia el sol no sería sino la reacción que sobre ellos ejerce la superficie interna del cilindro, cuando aquéllos son lanzados contra ella, lo cual es imposible, pues al desplazarse en el vacío no son empujados por ninguna superficie. El segundo, supondría un “vínculo” entre los planetas y el sol, que es también imposible por la misma razón (que se mueven en el vacío).

Ente las características de los átomos materiales de Newton [§36], que son el fundamento de las «cualidades universales de todos los cuerpos», no aparece la propiedad de la “gravedad”. No obstante, ésta se encuentra al alcance de la experimentación [*within reach of our experiments*]; en mayor medida inclusive que la impenetrabilidad (misma que en las regiones celestes no es verificable). En un apéndice inédito a la primera edición de PM, Newton escribe:

«Gravity is a quality of all bodies upon which experiments can be conducted, and existing in individual bodies in proportion to the quantity of matter, it cannot be intensified or remitted, and consequently by Hypothesis III [*Regula III*] it is a property of all bodies.» [*apud* Freudenthal, p. 22]

Así, aunque la gravedad no se encuentra enumerada entre las características fundamentales de la *materia*, es según Newton tan “observable” en *los cuerpos* como lo son aquéllas. Luego, en la tercera edición de los PM, Newton agrega al final de la *Regula III* citada más arriba

«Not that I affirm gravity to be essential to bodies. By their *vis insita* I mean nothing but their force of inertia. This is immutable. Their gravity is diminished as they recede from the earth» [*apud. Ídem* ]

¿Cuánto disminuye la gravedad de un cuerpo alejado de la Tierra respecto a otro que se encuentra a la mitad de distancia? Por otro lado, la gravedad no constituye una «*propiedad esencial*» de la *materia*, puesto que admite grados, pero sí una “*propiedad universal de los cuerpos*”, como el propio Newton le llamaba [Freudenthal, p. 217, n. 11]. ¿Pero cuál es la diferencia entre una propiedad universal y una esencial?

El argumento newtoniano del vacío basado en la rarefacción de la materia a grandes alturas [§33], implica que existen regiones muy distantes de la superficie terrestre en las que habría una sola partícula de materia. Considerado mentalmente, se llega a la conclusión de que esta partícula solitaria conserva su propiedad de inercia, pero que no se registra gravedad en ella, pues ello supone, cuando menos, dos cuerpos. La gravedad, pues, es una propiedad de todos los cuerpos del universo, pero no lo es de un cuerpo en cuanto tal [§§54-5].

§40 A diferencia de la gravedad, la inercia es una propiedad que se encuentra en cada porción de materia, es decir, que se presenta en los cuerpos incluso si se encuentran en el vacío. La inercia es definida por Newton como la propiedad de que

«Every body continues in its state of rest, or uniform motion in a right line, unless it is compelled to change that state by forces impressed upon it» [PM, 56]

La inercia es para Leibniz la resistencia que oponen los cuerpos al movimiento como tal, independientemente de sus determinaciones (uniforme, rectilíneo, orbitante, acelerado) [§§95ss]. Como Kepler, parece identificar la inercia con la tendencia al reposo de los pensadores medievales (*indinatio ad quietem*). En su correspondencia con Clarke, Leibniz identifica el concepto de inercia de Kepler con el de Descartes (según es expuesto en sus cartas), de acuerdo al cual la «materia bruta» rechaza el movimiento, de manera que entre más masa tiene un cuerpo mayor resistencia al movimiento opone. Sin embargo en sus OC, Leibniz había aceptado también de Descartes [§23] que los cuerpos tienden a permanecer en su estado de reposo [Bernstein, p. 274-5].

Ni el *reposo* ni el *movimiento rectilíneo uniforme* suponen la acción de una fuerza, y son por tanto dinámicamente equivalentes, ello constituye un problema para la teoría de Leibniz. La diferencia entre ambos en una teoría como la de Newton, con un marco de referencia absoluto, estriba en el desplazamiento respecto a un punto *absolutamente fijo*, o sea, un punto fijo respecto al espacio absoluto.

Leibniz resuelve esta dificultad afirmando que la materia, por su propia naturaleza, se resiste al movimiento (y no sólo a la aceleración), de manera que en el movimiento ha de intervenir una fuerza que venza la resistencia al movimiento (indistintamente de su calidad uniforme o acelerada), que no interviene en el reposo de un cuerpo *así considerado*. Este principio de resistencia al movimiento constituye su ley de inercia. Un movimiento rectilíneo uniforme, entonces, implica vencer una resistencia constante de la materia [§55] y no requiere postular de un punto absoluto para poder señalar un signo que lo anuncie.

En el experimento newtoniano del balde de agua, pueden observarse *aceleraciones* absolutas (implícitas en la fuerza centrípeta), si bien no puede determinarse una *velocidad* absoluta. Supónganse dos cuerpos *A* y *B*, el primero en reposo y el segundo en movimiento rectilíneo uniforme; si dos fuerzas idénticas actúan sobre ambos, los efectos de la inercia serán idénticos en ambos y no ofrecen una medida de sus velocidades en el espacio absoluto. De hecho, no hay ningún experimento mecánico que pueda determinar la velocidad absoluta de un sistema en el espacio vacío —sólo puede determinarse su velocidad relativa a otro sistema—. Newton advierte esto en el corolario V de los PM:

«The motions of bodies included in a given space are the same among themselves, whether that space is at rest, or moves uniformly forwards in a right line without any circular motion'. What Newton means is that if his laws of motion are true in one frame, then they are true in every frame moving with a constant relative velocity.» [Hugett, p. 161]

§41 Tómesese un sistema donde, respecto a un punto *P*, los objetos sólo aceleran su velocidad cuando una fuerza actúa —es decir, un sistema en un marco donde la inercia se verifica—. Considérese ahora un segundo punto de referencia *Q*, que se mueve constantemente respecto a *P*. Los cuerpos se moverán respecto a *P* en los mismos casos que se mueven respecto a *Q* (variando la velocidad y la dirección), es decir, *cundo una fuerza actúe sobre ellos*: si se verifica la ley de la inercia en el marco de referencia *P*, debe verificarse también en *Q*.

Si la 1a. Ley de la Naturaleza fuera verificable únicamente en marcos de referencia respecto a un marco en reposo (respecto al espacio absoluto), bastaría con encontrar el sistema de cuerpos en el que se verifica —que sería el marco o punto de referencia absoluto—, y definir respecto a él la velocidad absoluta de un cuerpo. No obstante acaba de observarse que la ley se conserva en todo marco relativo de movimiento, y, al tiempo que no ofrece una prueba de la existencia del espacio vacío, no es posible determinar la velocidad absoluta de un cuerpo.

La ausencia de un punto absolutamente fijo lleva a las consecuencias que Clarke opone al modelo relativista de Leibniz [§35]. Un ejemplo en el que el sistema de cuerpos se encuentra en un punto distinto del espacio absoluto [3<sup>o</sup> R, §2, p. 72-3; 4<sup>o</sup> R, §3-4, p. 89-90] —cambio estático—, o en el que la velocidad de cada cuerpo fuera proporcionalmente diferente [5<sup>o</sup> R, §29, p. 141] —cambio cinemático—. Para Clarke [§105, n. 5], que el universo en dicho caso no muestre diferencia alguna,

cuando de hecho ha cambiado, es prueba de la inconsistencia del argumento leibniciano. Sin embargo, su argumento (el del cambio estático tanto como el del cambio cinemático) supone necesariamente un *punto absoluto*. Pero Newton no ha probado la existencia de tal punto [§35].

La necesidad de un punto fijo, que permita distinguir los cambios cinemático y de reposo, llevó a Newton a postular que dicho punto se encuentra en el centro del sistema del mundo, el cuál, dice él, «como todos saben» se encuentra en reposo. Y, por otro lado, el centro de gravedad del Sol, la Tierra y los planetas puede encontrarse en movimiento rectilíneo uniforme o en reposo, pero lo primero no puede ser [1]; así, dicho centro se encuentra en reposo y es el punto de referencia absoluto [PM, 586]. La ley de inercia precisa la “postulación” de dicho punto fijo en el universo.

Supóngase ahora que, en un momento dado, todos los cuerpos del universo se encuentran como están, con sus *velocidades respectivas*, y sea que en un momento dado todos los cuerpos del universo reciben una fuerza idéntica en su centro de masa: cambio dinámico. Según la teoría newtoniana éste es otro universo distinto del ya conocido, en función de las *velocidades absolutas*, que no puede determinar. Para Leibniz, en cambio, éste no es sino el universo actual, definido por sus *velocidades respectivas* [§95, n1]. Ahora bien, si el cambio hipotético ocurriera, en todo el universo aparecerían fuerzas inerciales, a causa de la aceleración o desaceleración, de los cuerpos. La teoría de Newton sí podría explicar dichas fuerzas con base en la *aceleración absoluta* de los cuerpos; pero la de Leibniz, no. Dado que las *aceleraciones respectivas* siguen siendo las mismas, la postura leibniziana tendría que insistir en que es el mismo universo.

Esto es lo que Clarke remarca y objeta, cuando sostiene que este problema es semejante al de distinguir el estado que guarda un barco anclado y en reposo, del estado que guarda el mismo barco cuando está en movimiento [§18]. Si bien un hombre en la cabina no percibiría ninguna diferencia ni, por ende, el movimiento, la diferencia es real, y un observador externo sí podría detectar y medir el movimiento. Del mismo modo, un movimiento absoluto, no es lo mismo que un movimiento aparente [§18]. La *aceleración absoluta*, «realidad del movimiento», es identificable en virtud de sus efectos en el experimento del balde de agua aún cuando la *velocidad respectiva* del líquido respecto al contenedor sea nula, es decir, «independientemente de su observación» [4<sup>R</sup>, §13, p. 92].

El movimiento, dice Leibniz, es independiente de la observación, pero no de la observabilidad [5<sup>C</sup>, §52, p. 116]. Un «movimiento absoluto» supone dos nociones diferentes: absoluto, que quiere decir que la causa del movimiento está en el cuerpo en cuestión, y no en los cuerpos circundantes; y la de movimiento. Esta última implica que el cuerpo cambia de posición respecto a otros, independientemente de su observación, pero supeditado a su observabilidad.

«To say that a body moves absolutely means nothing more than that only one of the kinematically possible descriptions is also suitable for a dynamical explanation. In the system in question certain bodies moves absolutely but all bodies [incluyendo éstos] move relative to one another.» [Freudenthal, p. 38]

Clarke afirma que esto lleva a

«[...] la absurda consecuencia de que la movilidad de un cuerpo dependa de la existencia de otros cuerpos y de que cualquier cuerpo singular que exista solo sería incapaz de tener movimiento o de que las partes de un cuerpo que gira (supongamos el Sol) perderían la fuerza centrífuga que se origina en su movimiento circular si toda la materia exterior que las rodea fuera aniquilada.» [5<sup>R</sup>, §31, p. 141]

Leibniz reconoce «que hay diferencia entre un movimiento absoluto verdadero de un cuerpo [aceleración absoluta] y un simple cambio relativo de situación por referencia a otro cuerpo [aceleración relativa]» [5<sup>C</sup>, §53, p. 116]. Pero niega que ello demuestre la existencia del espacio absoluto, y afirma que, por el contrario, eso no representa un problema para él. Sin embargo, no aclara en qué sentido la diferencia entre el movimiento real y el aparente representa un problema para la tesis del espacio absoluto.

§42 Aunque Leibniz no vivió para responder a esta objeción, ni para definir la aceleración absoluta en términos del espacio relativo [Huglett, p. 167], sí puede esbozarse una respuesta a ella basada en lo expuesto por él. Siguiendo a Freudenthal [p. 37-9], es posible decir que el movimiento absoluto de las partículas originado por la fuerza centrífuga de rotación *puede observarse* en una partícula respecto a las demás, si no se considera al cubo de agua como un cuerpo, sino como un sistema de partículas. Aunque si se tratara de *una sola partícula*, en cuyo caso no sería posible observar el movimiento entre distintas partículas, tampoco sería demostrada ninguna fuerza centrífuga [§102].

Además, la propia teoría de Newton es inconsistente en sí misma, como se puede ver si se sigue a Leibniz, pues

«[...] the only way to make sense of the Newtonian theory of attraction would be to suppose that, when one material particle is moving in the neighborhood of another, God diverts the former from the straight line which would otherwise traverse with uniform velocity in accordance with the Law of inertia.» [Broad, p. 4]

Durante su intercambio con Clarke, Leibniz enfatiza que la gravedad es una propiedad de los cuerpos que, no obstante, no se encuentra en sus partes constitutivas [§39]. Si un cuerpo mantuviera un movimiento orbitante regular a mitad del éter, dice, sin que ningún otro cuerpo creado interfiriera, y sin que exista en el centro de dicha trayectoria un cuerpo que ejerza alguna fuerza sobre él, sería un milagro [§§7, 74]: «al no ser explicable por la naturaleza de los cuerpos» [3<sup>C</sup>, §17 p. 71]; y es una constante excepción a la Ley de inercia de Newton, por lo que pretender explicar así los fenómenos es como apelar a un permanente “milagro”.

«Es sobrenatural, también, que los cuerpos se atraigan de lejos sin ningún medio y que un cuerpo gire en círculo sin escapar por la tangente, aunque nada le impida escapar. Pues estos efectos no son explicables por la naturaleza de las cosas [...].» [4<sup>C</sup>, §46-6, p. 84]

De aceptar la hipótesis de Newton, habría que

«[...] recurrir al milagro para explicar las cosas naturales, lo que es en realidad la reducción de una hipótesis al absurdo, ya que con los milagros podemos dar razón de todo sin trabajo.» [3<sup>o</sup>C, §12, p. 61]

Si dos cuerpos no pueden ejercer fuerza entre sí sin que exista un medio entre ambos, es decir, en el vacío, entonces uno no es capaz de afectar al otro en un espacio como el descrito por Newton. Y aunque este fenómeno sea usual, esta fuerza debe explicarse por la naturaleza de los cuerpos [5<sup>o</sup>C, §107-14, p. 130-2].

Clarke refuta arguyendo que la distinción entre “natural” y “sobrenatural” no es legítima en Dios: todo acto puede ser realizado por Dios sin que para él se trate de un milagro [2<sup>o</sup>R, §12, p. 65]; lo *natural* no es otra cosa que lo «habitual» en la naturaleza, de manera que algo no-habitual pasa para los hombres por un milagro, ya sea que provenga del Creador o que provenga sólo de sus criaturas, de manera que

«[...] si cualquier cosa que no procede de, y no es explicable por, las facultades del cuerpo fuera un milagro, entonces cualquier movimiento animal es un milagro.» [3<sup>o</sup>R, p. 77]<sup>10</sup>.

«Si para un cuerpo es habitual el moverse circularmente en el vacío alrededor de un centro (como se mueven los planetas alrededor del sol), entonces esto no es un milagro, ya sea producido inmediatamente por Dios mismo, ya mediatamente alguna fuerza creada.» [3<sup>o</sup>R, §17, p. 76-7].

Por lo que toca al medio de que se sirven las fuerzas de gravedad, éste «puede» ser indivisible e intangible y, no obstante, existe y obra mucho y regularmente, lo cual le impide que se pueda llamar un milagro [4<sup>o</sup>R, §43-5, p. 97].

«Es irrazonable llamar milagro a la atracción gravitatoria y es un término no filosófico, después de haber dicho tan a menudo y de muchos modos que mediante el vocablo atracción no queremos expresar la causa que hace que los cuerpos se atraigan mutuamente, sino simplemente el efecto o el fenómeno mismo y las leyes o proporciones de esta tendencia descubierta por experiencia, cualquiera que sea o no su causa.» [5<sup>o</sup>R, p. 110-6, p. 159]

En sus primeros estudios Newton tenía en mente “cierta materia” que produce la gravedad, pero en PM expone simplemente el fenómeno de que los cuerpos se atraen mutuamente, y la ley o fórmula que describe la manera como lo hacen [Freudenthal, p. 48ss]. Mientras se preparaba la segunda edición de los PM, Newton llegó a pensar que los antiguos ya habían vislumbrado la existencia de una fuerza de gravedad, pues, según él, ellos, al describir el movimiento de los planetas como si dependiera del *alma de la materia*, apuntaban a esto mismo. Esta suposición, no obstante, materia animada,

---

<sup>10</sup> En este punto del intercambio Leibniz ya había establecido una explicación de la comunicación de la *substancia corporal* con el *alma*, y, al menos en ese sentido (teniendo una formulación que explica lo que explica la física newtoniana tanto como lo que para éste es un «milagro»), su teoría resulta —a la luz de su propia exigencia explicativa de la ciencia— superior [§8ss].

contravenía las propiedades de la misma que él suponía, por tanto prefirió atribuir dicho movimiento a la acción de Dios.

La acción constante del Creador que le permite a Newton explicar la gravedad es que (a) al encontrarse los cuerpos *en Dios* como sus especies en los hombres, al igual que las sustancias de los cuerpos en el sensorio humano —que Newton concibe como material—, la atracción no se debe tanto al movimiento de los cuerpos no por su mutua acción sino a la voluntad divina en su sensorio:

«If material bodies in space are considered analogous to species in the human sensorium, then the difficulty of explaining gravitation is inconsequential, for species do not act upon each other like material bodies, but rather are moved by thought or the will. It makes no difference whether species moves towards one another or away from each other; in the sensorium one can just as easily imagine a mutual approaching ('gravitation') as a separation (as consequence of impact).» [Freudenthal, p. 52]

Una respuesta que Newton ofreció subsecuentemente consistía en afirmar que (b) habiendo creado Dios el espacio, dispuso en una parte del mismo la propiedad de la impenetrabilidad, —una de las propiedades esenciales de la materia de acuerdo a Newton—. Supóngase que Él movió después dicha propiedad a otra parte del espacio, puede explicarse así el movimiento de la materia. La gravitación, como todos los movimientos naturales, no es sino el desplazamiento de la impenetrabilidad de un cuerpo a otro.

Ambas posibilidades explican una propiedad, si no esencial, sí universal de la materia, pero a costa de contradecir las propiedades de sus elementos constitutivos, o sea, negando su materialidad. Ambas terminan, pues, por explicar el sistema Natural con intervenciones que violan el propio orden del mismo.

## IV LA CONSERVACIÓN DE LA FUERZA

**B**ajo el intercambio que mantiene con otras teorías, como se ha visto en esta parte del trabajo, la teoría de Leibniz establece las condiciones que debe satisfacer la ciencia como conocimiento. Ahora se reparará en cómo este proceso llevó al descubrimiento de lo que él llama *vis viva* o *fuerza viva*, la cual tiene una doble importancia en su sistema de la Naturaleza. Desde el punto de vista metafísico, la fuerza viva constituye la condición de posibilidad de la continuidad y la perfección del Universo como un sistema cerrado y terminado —contrario a Newton—. Y en una perspectiva física, *constituye* la entidad propiamente dicha del cuerpo material en que se presenta y determina la estabilidad mecánica de la Naturaleza. Se exponen en este capítulo [A] los argumentos *mecánicos* por los que Leibniz trata de demostrar que la *fuerza viva* es la medida de la *fuerza* de un cuerpo: cantidad de movimiento [§§44-6], movimiento mecánico perpetuo [§§47-8] y acción motriz [§§49-50]; así como [B] las reacciones a la propuesta leibniziana [§§51-6].

§43 Descartes dice en sus *Principios de la filosofía* [PF] que la causa del movimiento es doble. En primer lugar, en sentido general, se refiere a la existencia del movimiento como tal, aquello a lo que se debe que exista este modo de los cuerpos [§18]. En segundo término se refiere, en particular, al hecho de que este modo afecte a un determinado cuerpo. En sentido general sería Dios quien garantizaría que

«[...]aunque el movimiento no sea más que un modo de la materia que se mueve, tiene una cantidad determinada y entendemos fácilmente que puede ser siempre la misma en todo el universo aunque cambie en sus partes.» [PF, II, 36, p. 98]

Para Leibniz es fundamental estudiar la física, en tanto conocimiento supeditado a la metafísica [§§7-8, 28-30], desde la perspectiva de las causas finales, atendiendo a la razón metafísica por la que un fenómeno es como es y no de otro modo: aquéllo hacia lo que tiende el ente en cuestión. Este principio es igualmente plausible en el ámbito de lo propiamente físico, el de los cuerpos. Aquí, contrario al reproche cartesiano [§14]<sup>1</sup>, se presta atención a la causa de un fenómeno tanto como a su efecto, y ello dará lugar al axioma leibniziano del que enseguida se hablará.

---

<sup>1</sup> Dice Descartes

«Pues confieso abiertamente que la única materia de las cosas corpóreas que reconozco es aquella absolutamente divisible, configurable y móvil que los geómetras llaman cantidad, y que toman como objeto de sus demostraciones; y no considero en ella nada más que estas divisiones, figuras y movimientos; ni admito como verdadero acerca de éstos nada que no se deduzca, a partir de las nociones comunes de cuya verdad no podemos dudar, de un modo tan evidente que pueda considerarse como una demostración matemática. Y como todos los fenómenos de la naturaleza pueden explicarse así, como se verá en lo que sigue, me parece que no hay por qué admitir o desear en física otros principios distintos de aquéllos.» [PF, II, 64, p. 121].

## A. CANTIDAD DE MOVIMIENTO

§44 La noción de que cierta fuerza se conserva en el universo es fundamental para Leibniz, porque para él constituye la perfección metafísica de la Naturaleza. La explicación metafísica de la preservación del Universo como perfección continua y constante debe corresponderse con la de una fuerza también constante que permanece constante en el universo [§§20, u §§93-4]:

«Esta consideración de la fuerza distinguida de la cantidad de movimiento, es bastante importante, no sólo en física y en mecánica, [...] sino también en la metafísica, para entender mejor los principios, pues el movimiento, si no se considera en él más que lo que comprende precisa y formalmente, es decir, un cambio de un lugar, no es una cosa enteramente real, y cuando varios cuerpos cambian de situación entre sí, no es posible saber, por la sola consideración de esos cambios, a cuál de ellos debe atribuirse el movimiento o reposo [...]. Pero la fuerza o causa próxima de esos cambios es algo más real, y hay fundamento bastante para atribuirla a un cuerpo más que a otro; y sólo por esto puede conocerse a cuál pertenece más el movimiento. Pero esta fuerza es algo diferente de la magnitud, de la figura y del movimiento y por ello se puede juzgar que no todo lo que se concibe en los cuerpos consiste únicamente en la extensión y sus modificaciones, como opinan nuestros modernos.» [DM, §18, p. 76-7]

En efecto, Leibniz comparte con Descartes la idea de que alguna *fuerza* permanece constante en el universo [BD, p. 4] —y rechaza la idea newtoniana de que ésta se pierde paulatinamente en él—. Para Descartes era la cantidad de movimiento la que conservaba en los sistemas de cuerpos, por ello los descubrimientos de Huygens, Wallis y Wrent [§22], que demuestran que la misma no se conserva en sistemas de colisiones, resultaban problemáticos para Leibniz. Consciente de que la cantidad de movimiento, de la que hablaba Descartes, no se conserva en los sistemas de colisiones, Leibniz llegó a la conclusión de que *la fuerza* que se conserva en el universo no puede ser la cantidad de movimiento cartesiana, ni puede, en consecuencia, ser medida con la fórmula  $mv$ . Según Descartes:

«Por eso, cuando [i] una parte de materia se mueve con el doble de velocidad que otra, siendo [ii] ésta el doble de grande de aquélla juzgamos que [iii] hay igual cantidad de movimiento en ambas; y que [iv] cuanto más disminuya la velocidad de una parte, [v] tanto más aumentará la de alguna otra igual a ella.» [PF, II, 36, p. 98]

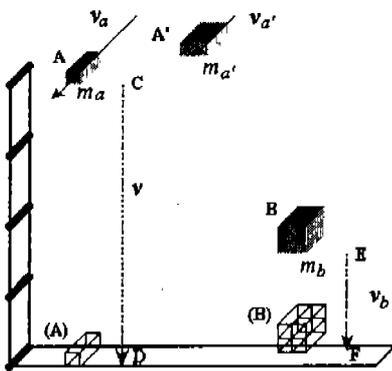


figura 4

Fuerza de los cuerpos en caída libre  
Basado en una ilustración de Leibniz  
[BD, p.5]

Dados, pues, los cuerpos A y B en la *figura 4*, [i] si A se mueve al doble de velocidad que B y [ii] B tiene el doble de masa que A, [iii] la cantidad de movimiento de cada cuerpo será la misma, según Descartes, para el cuerpo A de  $m_a=1$  y  $v_a=2$  que

para otro A' de  $m_b=2$  y  $v_b=1$ , respectivamente<sup>2</sup>. Es decir, *será el producto de la masa por la velocidad de un cuerpo*:

$$CM = mv$$

Ahora, si sólo existieran estos dos cuerpos en el universo, la cantidad total de movimiento sería

$$CM_A + CM_B = \Sigma CM = 4$$

y [iv] al disminuir la velocidad, por ejemplo en A, [v] se tendría  $m_a=1$ ,  $v_a=1$  y  $m_b=2$ ,  $v_b=1$ , lo cual daría una valor de  $\Sigma CM$  tal que 3, [v] pero, la unidad de movimiento habría que transmitirla a algún otro cuerpo, para preservar siempre  $\Sigma CM$ . Se requiere (vi) que A' posea  $v_a=1$ . 5; o sea:  $m_a=1$ ,  $v_a=1$  y  $m_b=2$ , de donde  $CM_a=1$  y  $CM_b=3$ , de modo que  $CM_a + CM_b=4$ .

Según Leibniz esto es un error que consistiría en que

«Muchos matemáticos [...] deducen la fuerza motriz [*fm*] a partir de la [i] cantidad de movimiento [CM], o bien [ii] el producto de multiplicar la masa por la velocidad. O, hablando en términos geométricos, [iii] sostienen que las fuerzas de los cuerpos (de la misma especie) que se mueven y actúan igualmente, tanto en función de su masa como de su velocidad, son proporcionales a sus masas y velocidades.»[BD, p. 3]

La fuerza motriz está calculada como el producto  $mv$ ; además de esto la tesis cartesiana querría hacer de la suma total de todos los productos respectivos de los cuerpos una constante  $K$

$$K = CM$$

Para Leibniz semejante constante existe, no obstante no está determinada por la cantidad de movimiento de los cuerpos [§93], en tanto no es proporcional con ella, como supone Descartes<sup>3</sup>. Para exponer esto Leibniz pretende demostrar que la *fuerza* no es proporcional con la velocidad de un cuerpo, de manera que la fórmula  $f_m = CM = mv$  no podría ser sostenida. El orden de la demostración es, primero, (I) proporcionar un caso donde la *fuerza* de dos cuerpos es la misma y, luego, que (II) en ese caso no son iguales las cantidades de movimiento y, tercero, (III) explicar porqué en algunos casos coinciden.

#### §45 [I] Primera parte: fuerza de los cuerpos.

Sean los cuerpos

A,  $m_a=1$

<sup>2</sup> Ténganse en cuenta los términos actuales para éstos vocablos: *cantidad de movimiento* es *momento lineal* ( $p=mv$ ),  $mv^2$  es el doble de *energía cinética* ( $K$ ), y la fuerza motriz (*fm*) es el trabajo que realiza un cuerpo. Para comodidad de la lectura, me referiré siempre al concepto de fuerza cartesiana subsistente en el universo como cantidad de movimiento, —igual a *impulso*—, y al de Leibniz como *fuerza viva* —igual a energía cinética—, aunque este concepto no aparecerá en el autor sino hasta más tarde, como se dirá enseguida.

<sup>3</sup> Esto lo denunció en un escrito —de donde ha sido tomado lo anterior— de 1686, cuando tenía cuarenta años, aunque una refutación muy semejante a la de este texto aparece en el Discurso de metafísica [p. 73-6], escrito en el período de ese año y los dos previos, y aparecerá seis años más tarde en sus OC [II, 36, p. 153-7]. Salvo expresa indicación de lo contrario, la exposición se basará en la «Breve de demostración» [p. 4ss.].

B,  $m_B=4$ .

Suponiendo que

(1) Un cuerpo en caída adquiere una cierta fuerza que le permite volver al punto inicial si su trayectoria es tal, por ejemplo, el movimiento pendular.

(2) Que se requiere tanta fuerza para elevar el cuerpo A, [figura 4] a una altura igual a cuatro unidades, como para levantar a B a la altura de una<sup>4</sup>.

Entonces:

(3) El cuerpo A generará tras su desplazamiento desde C, al llegar a D, tanta energía como para volver a C [1].

(4) Desplazado desde E, el cuerpo B llega a F y desde ahí posee la fuerza para remontar hasta E.

(5) C<sub>1</sub>: Puesto que A tiene fuerza para subir de D a C, y B tanta como para subir de F a E [4 y 5], y dado que se requiere la misma fuerza para elevar un cuerpo de  $m=4$  (B) a una altura de 1 que uno de  $m=1$  (A) a una altura 4 [1], A y B tienen, al llegar a D y F respectivamente, la misma fuerza, aunque no la misma velocidad.

### [III] Segunda Parte: cantidad de movimiento.

(6) Galileo<sup>5</sup> mostró que la velocidad adquirida en el lapso CD es el doble de la adquirida en EF .

(7) La velocidad  $v_2$  de A será tanto como dos, respecto a B [6], y se tendrá  $v_2=2m_1$ , o sea, 2.

(8) B es tal que  $v_1=1m_2$ , es decir 4.

(9) Por tanto, la cantidad de movimiento de A en D es 2, y la de B en F es de 4.

C<sub>2</sub>: La cantidad de movimiento no es igual en ambos cuerpos.

C<sub>11</sub>: Existe [I] un caso en donde las *fm* de dos cuerpos son iguales entre sí (C<sub>1</sub>), pero en este mismo caso [II] sus cantidades de movimiento no lo son (C<sub>2</sub>), por lo tanto *la cantidad de movimiento no es proporcional a la fuerza motriz*.

<sup>4</sup> Si alguien negara este principio, dice en otro lugar [§48],

«[...] puede convencerse por el mismo principio. En efecto, si suponemos que en una balanza de brazos desiguales 1 libra descende 4 pies por una parte, por la otra sólo pueden levantarse 4 libras a un pie, y nada más; es decir, que el efecto consumirá exactamente la potencia de la causa, y por lo tanto será igual a ésta en fuerza.» [OC, II, 36, p. 6]

<sup>5</sup> Efectivamente, Galileo (en el Tercer día del *diálogo sobre las dos nuevas ciencias*), establece una constante sobre el movimiento uniformemente acelerado para un cuerpo *independientemente de su masa*. Para un tiempo que comienza en un instante cualquiera A (figura 5), representado por la línea AB, en la cual se toman dos momentos cualesquiera AD y AE; tomando un cuerpo que comienza una caída a partir del reposo H un en a trayectoria HI, si HL representa la distancia atravesada durante el período AD (lo que en el ejemplo está representado por EF) y HM aquella que atraviesa el cuerpo durante el período AE (aquí CD), entonces el espacio HM mantiene una relación con HL proporcional al cuadrado de la razón que hay entre AE y AD, o puede decirse simplemente que HL y HM son iguales e los cuadrados de AE y AD, *u fig 5*. Así, enuncia la segunda proposición del teorema dos:

«The spaces described by a body falling from the rest with a uniformly accelerated motion are to each other as the squares of the time intervals employed in traversing these distances.» [Galilei, Galileo; Dialogue between the two new sciences, p. 206]

No es posible, pues, definir la fuerza motriz cómo  $mv$ , porque al hacerlo se supone que la cantidad de movimiento es proporcional a la fuerza, se tendría  $f_m = mv$ , donde  $f$  es proporcional a  $m$  y a  $v$  pero esto no es cierto, y por ello es también falso que  $CM = K$ . Basado en Galileo, Leibniz demuestra que  $f_m$ , que constituye la  $K$ , es decir la fuerza que siempre permanece constante en la Naturaleza, es igual al cuadrado de las velocidades [6] por sus respectivas masas [§109], así

$$fv = mv^2$$

La fuerza debe ser calculada, agrega, según el efecto que puede producir —por ejemplo, [1, 3, 4] a qué altura se puede levantar un cuerpo de una magnitud determinada—, y no por la velocidad que se le imprima.

«Se ha de decir, pues que las fuerzas están en razón compuesta de los cuerpos (de la misma gravedad específica o solidez) y de las alturas que producen la velocidad, a saber, aquellas desde las que pueden ser adquiridas tales velocidades o, más generalmente (porque a veces no se produjo aún ninguna velocidad), de las alturas en trance de aparecer, y en verdad no de las velocidades mismas en general, a pesar de que esto parezca plausible a primera vista y muchos lo hayan creído.» [BD, p. 7]

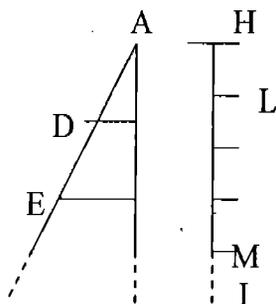


figura 5

Relación entre la altura y la velocidad de cuerpos en caída libre.

Ilustración de Galileo

[*Dialogue between the two new sciences*, p. 206]

[III] Origen del error

La identificación de la cantidad de movimiento con la fuerza de un cuerpo se explica, de acuerdo a Leibniz, del modo siguiente. (i) Si los cuerpos A y B fueran ambos de masa 1, al caer B de una altura 2 y A desde 1, B tendría el doble de fuerza que A, toda vez que podría elevar un peso a una altura 2, mientras que A sólo puede elevar el mismo peso a una altura de 1. Del mismo modo, si B cayera desde una altura de 3, tendría el triple de fuerza. Por otro lado, (ii) si A tuviese una masa 1 y B una masa de 2, al caer ambos a la misma velocidad, dígame 4, alcanzarían, por igual, una altura de 2. De donde se seguiría que B levanta el doble de masa que A hasta la misma altura.

En [i] y [ii] B posee el doble de fuerza que A, debido en [i] a que la velocidad de B es el doble que la de A, y en [ii] a que A posee sólo la mitad de la masa de B. Y esta proporción se conserva: si en [i] se triplica la altura desde la que se precipita B también la fuerza de B será tres veces la de A, o si en [ii] A tiene un tercio de la masa de B éste triplicará a aquél en fuerza. Esto hace parecer que la fuerza está en proporción directa de la masa y la velocidad, es decir, de la cantidad de movimiento [EDI, p. 75-7].

Dicho error *proveniría* del estudio de las máquinas simples. Debido a que en ellas la magnitud de un cuerpo es compensada por la velocidad de otro que ha originado la disposición de la máquina. O cuando los tamaños son recíprocos a las velocidades,

«Así pues, sucede aquí de modo accidental que la fuerza puede estimarse a partir de las cantidades de movimiento. Pero se dan otros casos, como el antes referido, donde no coinciden.» [BD, p. 7]

§46 ¿Por qué es importante para Leibniz que el origen del error se deba a que «Muchos matemáticos, al ver que la velocidad y la masa se compensan entre sí en las cinco máquinas simples, deducen en general la fuerza motriz a partir de la cantidad de movimiento» [BD, p. 3]? ¿Por qué si Descartes tenía conocimiento de las leyes para los cuerpos en caída de Galileo y llegó a intentar medir la fuerza a partir de la altura desde la que caen los cuerpos [Freudenthal, p. 31], no llegó al descubrimiento de la *fm* de la que habla Leibniz? Finalmente, ¿por qué Huygens, quién encontró la constante,  $mv^2$  [§22], no terminó por darle la importancia que ésta tiene para Leibniz? En este capítulo se analizarán las primeras dos preguntas, mientras que la última será analizada a lo largo de la segunda parte.

El que el origen del error se encuentre en las cinco máquinas simples [§51] hace al lector preguntarse en qué máquinas estaba pensando Leibniz. En los años previos a la composición de BD, entre 1680-86, Leibniz trabajó en el diseño de un tipo de máquina, en el que el principal problema consistía en convertir *fm*, en potencia muerta almacenable para su uso futuro [§4]<sup>6</sup>. Al tener esto presente no resulta extraño que la crítica leibniziana se enfoque en el tipo de máquina de que se trata y su *fuerza motriz*, Descartes, por el contrario no tenía en mente la *fuerza motriz*, sino *K* al realizar sus investigaciones.

Más allá de estimar *fuerza* con base en la cantidad de movimiento, Descartes creía que ésta formaba una constante para los sistemas de colisiones y para toda la Naturaleza, entendida como un gran sistema de choques [§§19-21]. Leibniz lleva el problema de la estimación de la fuerza del ámbito del impacto de cuerpos, a otras áreas de la filosofía natural, ello no quiere decir que estimara en menos el fenómeno de colisión, pero ya que la cantidad de movimiento cartesiana en choques se había vuelto problemática, precisaba determinar la fuerza de los cuerpos desde otras áreas [Pepineau, p. 204].

## MOVIMIENTO MECÁNICO PERPETUO

§47 En el *Ensayo de dinámica* [E], escrito en 1692, Leibniz fundamenta lo que él proyectaba como su tratado de dinámica. Aquí expone que la *fuerza* de un cuerpo, debe ser estimada como  $mv^2$ , esto es a lo

---

<sup>6</sup> En las minas de Harz se utilizaban máquinas para bombear el agua fuera de las galerías, para ventilarlas y para extraer los minerales. Ahí se empleaba la fuerza natural del agua y del viento, que eran menos costosas que fuerza animal o humana. El problema estribaba en que el agua escaseaba en épocas de sequía y el viento no era lo suficientemente regular como para depender de él. Los problemas técnicos eran (i) garantizar un abasto *regular y confiable*, de energía y (ii) reducir al máximo la pérdida de fuerza durante la transmisión de la misma. La solución ideada por Leibniz consistía en usar la energía cinética del viento para transportar el agua a grandes contenedores a determinada altura, dónde ésta se convertía en una «gran reserva de energía potencial». El primer motor de esta maquinaria no activa directamente el mecanismo, sino que éste depende de un depósito regular de energía [Freudenthal, p. 32].

que, a partir de aquí, llamó *fuerza viva* y permanece constante en el Universo. El argumento supone la relación existente entre las distancias y las velocidades enunciada por Galileo [§45].

En este trabajo Leibniz expone por primera vez ciertas definiciones y principios *claramente* explicados. Se trata de definiciones y postulados que se encuentran a la base de su sistema dinámico. La presentación de la *fuerza viva* en este trabajo es más detallada, pues establece sus características y ofrece un motivo para justificar su relevancia: ella constituye la constante en el mundo material.

La estrategia del argumento consiste de nuevo en demostrar que la cantidad de movimiento y la fuerza son dos parámetros enteramente distintos, cuya confusión proviene de ciertos casos especiales en los que ambas coinciden. Después procede demostrando que de suponerse *m* como constante, se estaría frente a diversos absurdos. Finalmente expone que la *fuerza viva* permanece constante, independientemente de la cantidad de movimiento, en los cuerpos.

Aunque Leibniz polemiza constante y arduamente con las concepciones cartesiana y newtoniana en lo que toca a la física, acepta determinadas acepciones de uno u otro. Así, el concepto de *masa* es definido en el *Dynamica de potentia* sustancialmente en términos de Newton [§§33-6] —que data a lo más de tres años antes que [E] del siguiente modo:

«La masa de los cuerpos móviles, o bien los cuerpos móviles mismos, están entre sí en razón compuesta de los volúmenes y las densidades, o sea, de las extensiones e intensiones de la materia. [...] La masa es la cantidad de materia contenida en el cuerpo móvil (y en los graves es llamada Peso); por consiguiente las masas son como los cuerpos móviles.» [*Dynamica de potentia*, *apud* «Ensayo...», p. 33, n. 5]

En el ensayo predomina el concepto de que la «[...]masa de los cuerpos sensibles se explica por el peso.» [E, p. 33], debido a que en él Leibniz ha querido «[...] expresarlo [la naturaleza del movimiento] con ciertos números, para hablar más inteligiblemente en consideración a los que están menos acostumbrados a las frases de los géometras» [ED, p. 45]. En efecto, el *Ensayo* expone características del movimiento con base en ejemplos de cuerpos graves considerándolos *exclusivamente* como tales.

Por otro lado acepta la definición de cantidad de movimiento en términos cartesianos [§18], es decir, como la *magnitud escalar* producto de la masa por la velocidad de los cuerpos, apartándose aquí de Newton —para quien ésta es de carácter vectorial—. Pero se separa de la filosofía de Descartes donde  $CM \rightarrow K$ , pues para Leibniz «No se conserva siempre la misma cantidad de movimiento.» [E, p. 46], pero sí

«Axioma 1: Se conserva la misma cantidad de fuerza, o bien el efecto entero es igual a la causa total.» [E, p. 35] [*tu supra* §4, n.2]

---

<sup>7</sup> Leibniz deberá demostrar que la cantidad de movimiento cartesiana y su *fuerza viva*, son características distintas de los cuerpos (pues el hecho de que bajo determinadas circunstancias coincidan hacía que muchos se inclinaran a identificarlas); además debe probar que la *fuerza viva* es la “causa”; lo cuál constituye el problema en cuestión,

Fuerza que debe estimarse, como *fuerza viva*, del siguiente modo:

«Axioma 2: Hace falta la misma fuerza para elevar una libra a una altura de 4 pies, que para elevar 4 libras a la altura de un pie.» [E, p. 36].

Que, como se verá enseguida, tiene un carácter práctico dentro de las demostraciones del ensayo, aunque «[...] bien podría ser demostrado por el primer axioma y de otro modo» [E, p. 36] (tal vez considerando que el efecto que producirían las fuerzas del cuerpo de una libra y del de cuatro sería el mismo, y, por el axioma 1, las causas serían también idénticas).

En cualquier caso fuerza aquí es la capacidad de realizar un trabajo determinado, de manera que se requiere la misma cantidad de fuerza para elevar un cuerpo de masa 4 a una altura de 1 que para hacer lo propio con un cuerpo de masa 1 a una altura 4. El trabajo en ambos casos es el mismo. Esta fuerza debe, según Leibniz, ser capaz de pasar de un cuerpo a otro, en virtud del axioma de la conservación de la fuerza.

§48 Leibniz recurre a la siguiente estrategia. Además de una demostración análoga a la de BD<sup>8</sup>, se vale de una reducción al absurdo. El objetivo es demostrar que (A) si  $CM=K$ , se producirían absurdos como el movimiento mecánico perpetuo, y que (B) lo anterior no ocurre si se considera la *fuerza viva* como  $fv=K$ .

El movimiento mecánico perpetuo es un estado en que los cuerpos producen un trabajo mecánico, estado violento, tal que estos permanecen de suerte que, pasado cierto tiempo, se conserva el mismo estado. Ello implicaría que al final el efecto es mayor que la causa plena del movimiento, pues la fuerza inicial capaz de producir determinado estado que permanece constantemente, ello aumenta la causa en el efecto debido al trabajo producido, lo cual resulta absurdo en virtud del axioma 1. El movimiento mecánico perpetuo implica que el efecto sea mayor que la causa, es decir, que la fuerza que interviene en un cuerpo aumente por sí misma.

---

como se verá en la siguiente sección de este capítulo, pues si bien esta ley era ampliamente aceptada se discutía qué debía ser considerado como “causa” y qué como su “efecto”.

<sup>8</sup> Leibniz demuestra que la *fuerza viva* de un cuerpo no se identifica con su cantidad de movimiento, y que ambas son propiedades de la materia, es decir, que se trata de algo más que un simple cambio de términos. Para ello recurre a

(A) Demostrar que dos cuerpos con igual cantidad de movimiento no tienen la misma fuerza viva.

(B) Demostrar que dos cuerpos con la misma fuerza viva no tienen la misma cantidad de movimiento.

Sean los cuerpos

A,  $m=4$ ,  $v=1$

B,  $m=1$ ,  $v=4$

C,  $m=1$ ,  $v=\sqrt{4}$

(A) A y B en este ejemplo tienen la misma cantidad de movimiento pero no la misma fuerza viva [§45]. (1)  $CM_A=CM_B=4$ . (2) Debido a sus velocidades respectivas A podrá subir una altura de 1 y B de 2. (3) B puede levantar una masa  $m=1$ , que es su propio peso, hasta 2. (4) A puede levantar una  $m=4$  a una altura 1. (5) Los cuerpos A y B pueden levantar hasta una altura 1 masas  $m=1$  y  $m=4$ , respectivamente. Como 4 es tanto como 4 veces la masa que levanta A, se sigue que B tiene capacidad para levantar el cuádruple de lo que puede levantar A. (6) Por tanto la fuerza de B es cuatro veces la de A, aunque sus respectivas cantidades de movimiento son iguales. (B) Los cuerpos A y C tienen la misma fuerza viva pero no la misma cantidad de movimiento.  $CM_A \neq CM_C$ .  $4 \neq 2$ . (1) A podrá elevar una  $m=4$ , su propio peso, a una altura de 1. (2) C puede alcanzar una altura de 4, es decir puede elevar su masa  $m=1$  a una altura de 4, que es lo mismo que elevar un cuerpo de  $m=4$  a una altura 1. (3) A y C tienen la misma fuerza viva aunque no la misma cantidad de movimiento.

Una máquina capaz de producir dicho movimiento, podría arrastrar eternamente agua con un solo impulso inicial. Teniendo en cuenta sus avances mecánicos en Herz [§§4, 46], debe tenerse presente que en esta refutación Leibniz no sólo supone los números de Galileo, sino los problemas reales al convertir energía cinética en energía potencial. Por ello es comprensible que se refiera, una y otra vez, a su modelo de máquina.

Tómense de nuevo los cuerpos

A,  $m=4$ ,  $v=1$     B,  $m=1$ ,  $v=4$

(I) Si la cantidad de movimiento se conserva siempre, entonces se puede sustituir un cuerpo A, por otro cuerpo B.

Porque si hay que transmitir la fuerza de A a B, es necesario que éste reciba 4 grados de velocidad, de modo que  $CM_A = CM_B = 4$

(II)

«Un cuerpo que pesa una libra y baja una altura de 16 pies puede elevar a un cuerpo B que pesa 4 libras hasta una altura que sea un ápice menor que 4 pies [E, p. 39]»

Un cuerpo como A que baja desde una altura 1 puede elevar al cuerpo B hasta una altura poco menor que 4.

Es decir, se trata de demostrar que

(1) Un cuerpo de masa 4 puede ser levantado hasta una altura 4 por un cuerpo de masa 1 si éste se desplaza desde una altura de 16.

(2) Dada una balanza de brazos desiguales LMN como la de la *figura 6*, en la que distancia que media entre el centro M y el extremo del brazo de potencia N sea poco más que cuatro veces mayor que la que hay entre el punto más distante al centro del brazo de resistencia L. Es decir,

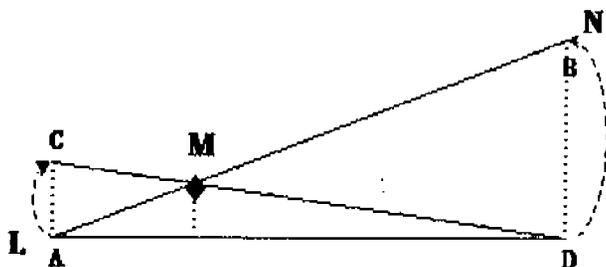
donde

$$MN \geq 4LM$$

(3) Si el extremo L está situado sobre el suelo en el punto A y N eleva el peso B a 16 pies, hasta el punto B, y si  $MN = 4LM$ , entonces el peso B permanecería equilibrado con el peso A; porque  $m_A = 4m_B$

(4) Pero en virtud de [2], será B quien levante A hasta el punto C.

(5) Si ahora se trazan líneas



*figura 6*  
Balanza de brazos desiguales  
Ilustración de Leibniz  
[E, p.40]

perpendiculares que vayan de los puntos C, M, y B hasta la horizontal, se obtienen las distancias AC, ME y BD. Después Leibniz sigue de esta manera, primero:

(a) $ME/BD = LM/LN$	Por otro lado	y finalmente
(b) $LM/LN \leq 1/5$ [2]	(f) $ME/AC = MB/AB$	(k) $BD/AC \geq 5/1/5/4 = 4$ [c, j]
(c) $ME/BD \leq 1/5$ [2, a]	(g) $ME/AB = LM/LN$	(l) $BD \geq 4AC$ [k]
(d) $ME \leq 1/5BD$ [c]	(h) $LM/LN \leq 4/5$ [2]	(m) $16 \geq 4AC$ [l]
(e) $BD \geq 5ME$ [d]	(i) $ME/AC \leq 4/5$ [f-h]	(n) $AC \leq 4$ [m]
	(j) $AC \geq 5/4ME$ [i]	

Así, el cuerpo B puede desplazar al cuerpo A [1], dadas las condiciones postuladas en [2], y este desplazamiento sería ligeramente menor a 4 [5], que es lo que se pretendía demostrar [II].

[III] Si (I), entonces es posible obtener movimiento mecánico perpetuo.

(1) Si A baja desde una altura de 1 adquirirá una velocidad de 1, mientras que B, gracias a su velocidad, podrá alcanzar una altura de 16 (en esta demostración Leibniz supone el teorema de Galileo al que ya se ha hecho referencia).

(2) B podrá subir A hasta una altura poco menor que 4 (II).

(3) En el estado  $S_1$  A estaba a una altura 1 ( $p=4$ ) y B sobre el horizonte, después de empujar B ( $p=4$ ), se tiene  $S_2$ , donde B está de nuevo sobre el horizonte pero A está a una altura 4. Antes de volver a  $S_1$  se puede usar la fuerza extra (que es la diferencia entre las alturas de A en  $S_2$  y  $S_1$ ) para producir algún trabajo, y una vez que A haya vuelto a la altura de 1, restituyendo  $S_1$ , tendrá una cantidad de movimiento igual a 4, que al ser transmitida a B le permitirá subir hasta 16.

(4) «Porque al conservarse siempre la cantidad de movimiento (por hipótesis), se puede sustituir en lugar de 4 libras velocidad 1; 1 libra, velocidad 4 [...] y, al pasar esto, se podrá obtener el movimiento mecánico perpetuo [...]» [E, 43]

De ello Leibniz concluye que

«Supuesto que la misma cantidad de movimiento se conserve siempre, se puede obtener el movimiento mecánico perpetuo [...]; ahora bien, este movimiento es imposible; por tanto, no se conserva siempre la misma cantidad de movimiento.» [E, p. 46]

La cantidad de fuerza es enteramente distinta a la cantidad de movimiento [I], además para evitar el movimiento mecánico perpetuo es necesario que se conserve siempre la misma cantidad de fuerza. El movimiento mecánico perpetuo [II] es consecuente con la supuesta conservación de la cantidad de movimiento —que Leibniz da por desmentida—. Lo anterior es expresado de «manera analítica» [E, p. 47]: si se colisionan los cuerpos A y B mencionados anteriormente, con velocidades  $c_1$  y  $d_1$ , después del choque tendrán respectivamente las velocidades  $c_2$  y  $d_2$ .

a) Si las cantidades de movimiento se conservan es necesario que

$$Ac_1 + Bd_1 = Ac_2 + Bd_2$$

b) Si son las fuerzas las que se conservan, entonces tendremos

$$Ac_1^2 + Bd_1^2 = Ac_2^2 + Bd_2^2$$

Ambas ecuaciones no pueden ser verdaderas simultáneamente amén de «ciertas coyunturas particulares» (a saber, cuando dos bólidos colisionantes viajan en la misma dirección y sentido antes y después del impacto, entonces la suma algebraica de sus cantidades de movimiento coincide con la suma aritmética de sus fuerzas [§§21, 24, 107ss]).

## ACCIÓN MOTRIZ

§49 Descartes habla de transferencia del movimiento de un cuerpo a otro en un choque [§21], movimiento que, para él, es un «modo» de los cuerpos [§18, 43]. More pregunta cómo puede hablarse de la transferencia de un cuerpo a otro de algo que no está en ninguno (pues un *modo* no está propiamente en los cuerpos) [Woolhouse, 1993, p. 134; *v* PF, II, 25]. Considerado cinemáticamente, el movimiento, responde Descartes, es un modo de los cuerpos y no se transmite de uno a otro, la transferencia de movimiento se da como el paso de la fuerza que impulsa las partes de su materia [§42].

El problema aquí es la consideración del movimiento como transferencia, o bien, como fuerza subyacente a los cuerpos.

«Descartes himself does not seem puzzled about these things —about ‘the moving force itself, about ‘where it resides’, in matter or outside of it’, about ‘how it passes from one body to another’. He seems content to think that it ‘resides in matter’, and he is able quite unselfconsciously to speak of it as being ‘mutually transferred when collisions occur.» [Woolhouse, 1993, p. 135]

Para Descartes cada cuerpo tiene una *cantidad que expresa su movimiento*; posee una velocidad y una masa, y el producto de ambas puede expresarse numéricamente. No obstante no es tan claro que esto sea una *fuerza poseída* por un cuerpo. Bien puede tratarse de una mera cantidad, sin que ello constituya ninguna *fuerza* del cuerpo. Según Leibniz, Descartes no acertó a identificar una *fuerza dinámica* en el movimiento de los cuerpos —o, al menos, no correctamente—. Huygens, en un comentario a [BD], dice no estar seguro de que Descartes identifique la cantidad de movimiento con la *fuerza de un cuerpo* mientras que More encomia a Descartes por haber probado que la transmisión del movimiento se debe a la voluntad de Dios [Woolhouse 1993, p. 136ss].

No obstante las anteriores demostraciones [§§44-5, 47], es un hecho que dos cuerpos desiguales en *fuerza viva* pero iguales en cantidad de movimiento pueden detenerse mutuamente, lo cual, en la lectura de Leibniz, contribuyó al error de identificar la cantidad de movimiento con la *fuerza* de un cuerpo. Así, dados los cuerpos A de masa 3 y velocidad 2, y B de masa 2 y velocidad 3, pese a que A es más débil que B (A puede levantar una libra a una altura 12 y mientras que B hasta 18), ambos se detendrán al colisionar en igual dirección pero sentido opuesto [EDII, p. 105-6].

La colisión de cuerpos elásticos es, pues, un caso en el que debe confirmarse que la *fuerza viva* se conserva en todo momento, y, además, ha de darse razón del mutuo reposo en el que quedan dos cuerpos de desigual fuerza motriz. Esto último será abordado en el capítulo VII, por el momento será expuesto lo primero, a saber *la conservación de la acción motriz*.

La demostración parte de lo siguiente:

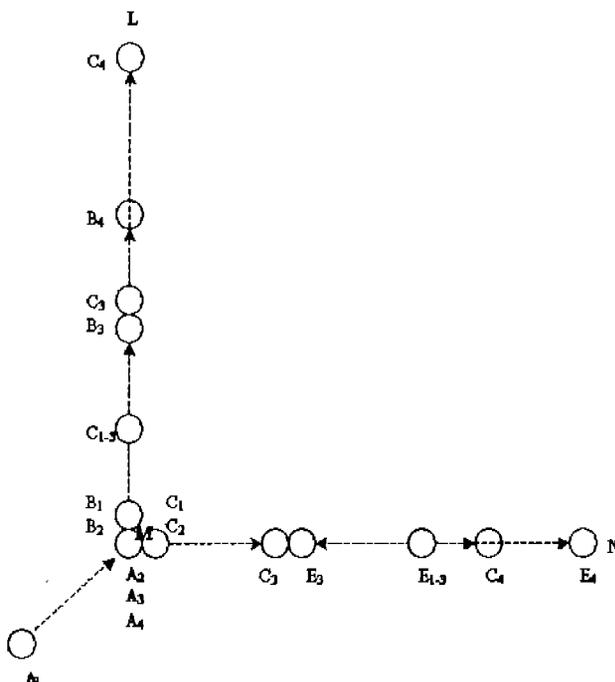
«Cualesquiera cambios que puedan producirse entre cuerpos concurrentes, de cualquier número que sean, es preciso que haya siempre la misma cantidad de Acción motriz en un mismo intervalo de tiempo en los cuerpos que concurren ellos solos entre sí.» [EDII, p. 108]

Ahora bien, para estimar la acción motriz, como *fuerza viva*, se precisa del efecto formal del movimiento:

«Este efecto formal o esencial al movimiento consiste en lo que es cambiado por el movimiento, es decir, en la cantidad de masa que se transfiere y en el espacio o en la longitud por la que esta masa se transfiere. Es el efecto esencial del movimiento, o lo que resulta cambiado: porque ese cuerpo estaba allí, ahora está aquí; el cuerpo es tanto y la distancia es tal.» [EDII, p. 108]

Para calcular el efecto formal pueden seguirse dos vías: puede consumirse en efecto violento; o bien puede estimarse sin consumir la *fuerza viva*.

«If the law of conservation of *vis viva* is to be universally valid, then the force must be conserved even when is not consumed, that is, when no '*effet violent*', as Leibniz called such an effect, occurs. The body to which a living power is attributed must move with a finite velocity. This motion of a body, which does not consume '*effet violent*', Leibniz calls '*effet formel*' [efecto formal]. The effect consist in the translation of a mass trough a particular distance with uniform velocity. The *vis viva* is conserved.» [Freudenthal, p. 34]



De manera que el efecto formal es el producto de la *fuerza viva* por la distancia recorrida (la *fuerza viva* transferida), en casos de movimiento rectilíneo uniforme puede establecerse  $t=d$ , de donde,  $mv^2$ . Así, para un cuerpo de masa 100 movido a una distancia de 1 en un tiempo 2, tendrá la mitad del efecto formal del mismo cuerpo si es transportado en tiempo 1.

figura 7  
Sistema de distintos tipos de colisiones.  
Ilustración de Leibniz  
[E, p. 106]

Esto constituye el efecto formal. Y, si alguien quiere realizar esto en una hora y alguien más en dos, aquél tendrá el doble de fuerza motriz que este. Igualmente la fuerza motriz es la misma para un cuerpo de masa 3 movido a una distancia 5 en 15 minutos, que para un cuerpo de masa 1 que es movido a una distancia 1 en 1 minuto. A continuación Leibniz propone el siguiente ejemplo.

§50 Dado el ángulo LMN, cuyos lados LM y LN se prolongan indefinidamente, sea la recta AM la bisectriz de dicho ángulo. Siendo esto así supónganse los siguientes eventos (figura 7):

Estando él cuerpo A en la posición 1 en un momento 1 (A1), vaya al punto M (siguiendo la trayectoria AM) durante el intervalo de tiempo 1-2.

En el momento 2, A colisiona (siguiendo la trayectoria A1-A2 sobre la línea AM) con los cuerpos B y C que permanecieron en reposo en el punto M durante el lapso 1-2, de manera que éstos cuerpos son apartados (siguiendo las trayectorias ML y MN respectivamente) al tiempo que A queda inmóvil en el punto M.

B irá hacia el punto L en el lapso 2-3 con una velocidad de 1, y en el momento 3 se encontrará con el cuerpo D que durante el lapso 1-3 había ido delante de él con una velocidad de  $1/2$ . Después del choque D describirá durante el intervalo 3-4 la trayectorias D3-D4., y B recorrerá B3-B4. C, empujado por A irá hacia N a velocidad 1 y encontrará en el momento 3 al cuerpo E que va contra él, habiendo

recorrido durante el lapso 1-3 lo trayectoria E1-E2-E3 a una velocidad de  $2/3$ . Luego de la colisión E recorrerá E3-E4 y C irá de C3-C4.

Retomando los datos anteriores y agregando las velocidades restantes y las masas de los cuerpos se obtienen los siguientes datos.

Para el cuerpo A, de masa 1, se tiene una velocidad

de traslación A<sub>1</sub>-A<sub>2</sub>  $v = \sqrt{2}$ , donde  $v = d/t$ , y sabidas la velocidad y el tiempo —que es tanto como uno—, habrá una distancia de  $\sqrt{2}$ . Por lo que, si  $E = dm$ , entonces  $E_A = \sqrt{2}(1)$ , es decir,  $E_A = \sqrt{2}$ .

	m	Intervalo 1-2				Intervalo 2-3				Intervalo 3-4			
		d	v	E	fv	d	v	E	fv	d	v	E	fv
A	1		$\sqrt{2}$				0				0		
B	1		0				1				$1/3$		
C	1		0				1				$1/9$		
D	2		$1/2$				$1/2$				$5/6$		
E	$1/2$		$2/3$				$2/3$				$14/9$		

	m	Intervalo 1-2				Intervalo 2-3				Intervalo 3-4			
		d	v	E	fv	d	v	E	fv	d	v	E	fv
A	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	2								
B	1	0	0	0	0					$1/3$	$1/3$	$1/3$	$1/9$
C	1	0	0	0	0					$1/9$	$1/9$	$1/9$	$1/81$
D	2									$5/6$	$5/6$	$5/3$	$25/18$
E	$1/2$									$14/9$	$14/9$	$7/9$	$98/81$
$\Sigma fv$					$49/18$				$49/18$				$49/18$
					Colisión				Colisión				
					A/B				B/D				
					A/C				C/E				

Finalmente, producto de  $E_{A1-2}$  por la  $v_{A1-2}$  dará la *fuerza viva*, de donde  $f_{VA} = E_{AVA}$ ,  $f_{VA} = \sqrt{2} \sqrt{2}$ , es decir, 2. Al completar los cálculos de distancia, efecto formal y *f**m* para todos los cuerpos en todo momento se obtendrá:

Obsérvese que la primera colisión es un caso de un cuerpo en movimiento que se encuentra con otros en reposo y, al mismo tiempo, de cuerpos de la misma masa que chocan. La segunda colisión es, por una parte, un ejemplo de dos cuerpos que coliden en la misma dirección y sentido (B/D), y de un enfrentamiento de cuerpos en sentido contrario (C/E), y por otra de cuerpos de distintas masas que se encuentran a distintas velocidades. *Se trata de los posibles choques de cuerpos inelásticos.*

Esta demostración prueba, primero, que *las acciones motrices son iguales en tiempos iguales*: pues aquí se ha hablado de tres tiempos iguales (1-2, 2-3, 3-4) en los que interactúan cinco cuerpos, y en cada uno de los lapsos de tiempo la suma total de sus respectivas acciones motrices ( $\Sigma f_{v}$ ) permanece constante.

En segundo lugar se desprende que *las acciones motrices, las fuerzas, son proporcionales a los tiempos en tiempos desiguales*: pues el intervalo 1-2 mantiene una razón de  $\frac{1}{2}$  respecto al intervalo 2-4, y las fuerzas conservan esta proporción ( $\frac{49/18}{98/18} = \frac{1}{2}$ ).

Seguidamente, la *f**v*—es decir la constante en todos los procesos— ha sido calculada en virtud del producto *E**v*, donde *E* = md. De donde:

$$(1) E = md$$

$$(2) f_{v} = Ev$$

$$(3) f_{v} = mdv$$

$$(4) v = d/t$$

Pero como aquí *t* es siempre 1, pues todos los intervalos de tiempo abarcan una unidad de tiempo,

$$(5) v = d/1$$

$$(6) v = d$$

y sustituyendo [6] en [3] [§107ss]

$$(7) f_{v} = mvv$$

$$(8) f_{v} = mv^2$$

«Por tanto se ha probado que la Acción motriz se conserva, sin hablar de otras pruebas, por las que he mostrado en otros lugares que las fuerzas se conservan y que **las fuerzas son como los productos de las masas por los cuadrados de las velocidades**, mientras que las acciones son como los productos de las fuerzas por los tiempos, de suerte que si no se conociera por otro lado esta estima y conservación de la fuerza se la conocería aquí [...] que se conserva la acción motriz; ahora bien, está claro que las acciones motrices están en razón compuesta de las fuerzas y los tiempos y, al ser iguales los tiempos, las acciones motrices son como las potencias o fuerzas.»[EDII, p. 116]

Ya probado que «[...]debe haber tanta acción motriz en el universo, o en unos cuerpos dados que actúan aislados entre sí, como la que habrá durante cualquier otra hora.» [EDII, p. 116], Leibniz ha establecido que esta Acción motriz, la fuerza y la potencia, se conserva incluso para los fenómenos de choques de cuerpos elásticos.

Con esta demostración Leibniz pretende dar una prueba más de la conservación de la *fuerza viva*, la prueba supone que la *fuerza* debe ser medida por la distancia, y no por la velocidad. De manera que una vez probado que  $mv^2$  se conserva, el producto  $mv^2t$  se conserva también y es, a su vez, prueba de la primera.

Al analizar el efecto formal de la *fuerza viva*, surge la siguiente cuestión, el producto de  $mv^2$ , por el tiempo de desplazamiento tiene sentido en un contexto donde no hay resistencia alguna ni se realiza trabajo. No obstante, los casos en los que se aplica un trabajo requieren de cierta fuerza para actuar y, a primera vista, la física de Leibniz se queda corta frente a los estudios de sus contemporáneos. Se regresará a esta cuestión en la siguiente parte del trabajo [§106ss].

## B. REACCIONES A LA *VIS VIVA*

§51 Huygens leyó la identificación  $K=CM$  como el «memorable error», mientras que Leibniz estaba interesado en demostrar la forma en que debe calcularse la *fuerza* de un cuerpo, usando como medida  $mv^2$  (aunque estaba seguro de que aquél era otro error cartesiano).

Las respuestas a Leibniz se enfocaron, más que en las implicaciones de su análisis para las leyes de colisión, en la segunda de sus premisas: que se requiere tanta fuerza para elevar un cuerpo de masa 4 a una altura de 1, que uno de masa 1 a una altura 4. La [BD] habría sido contestada por un cartesiano, Abbé François de Catelan, seguidor de Malebranche, quien se pregunta ¿por qué considerar como la “causa” la altura en la que un cuerpo adquiere su velocidad y no el tiempo que tarda en ello?

«[...] clearly a force on a lever which lifts 4lb. through 1 yard can lift the 1lb. four times further from the fulcrum through any distance desired, provided it can act for a greater or lesser time. They concluded that the correct measure of a ‘force’ was the product of the weight it can lift and the velocity with which it can lift it.» [Pepineau, p. 205]

En la física cartesiana la palanca se entendía como la “fuerza” de un cuerpo en un brazo siendo *venida* por la “fuerza” de un cuerpo en el otro brazo (este pensamiento persistió hasta el s. XVIII). Esto es como sigue:

Respecto a la segunda premisa, el principio cartesiano de la preservación del movimiento considera exclusivamente potencias isócronas, es decir «movimientos impresos en tiempos iguales» [Catelan, p. 11] y no las distancias —alturas— que recorren. Si dos móviles son desiguales en volumen, como 1 y 4, pero iguales en cantidad de movimiento como 4 (supóngase aquí que el cuerpo B posee  $m_b=4$ ,  $v_b=1$  y que A es tal que  $m_a=1$ ,  $v_a=4$ ), el producto  $mv$  de ambas es el mismo. Es decir, si se

considera que su movimiento —el despliegue de su velocidad— se efectúa en el mismo periodo de tiempo, coincidirán sus fuerzas motrices con la cantidad de movimiento.

Respecto a la primera premisa, Galileo demostró que los espacios recorridos por los cuerpos que caen están entre sí en la misma razón que los cuadrados de los tiempos, de modo que, en el ejemplo de Leibniz A subiría a C en tiempo 2 mientras que B lo hará en 1. La objeción de Leibniz es pretendidamente refutada con base en que *fm=CM* exclusivamente considerando fuerzas isócronas, o en otras palabras, la *medida cartesiana de fuerza* estima la fuerza de los cuerpos con base en su desplazamiento en un intervalo de tiempo que sirve como criterio comparativo.

Leibniz mismo señaló la impertinencia de considerar las fuerzas en las «máquinas simples» como «fuerzas de movimiento» aún antes de recibir críticas a su demostración [§46]:

«Nadie se admire de que en las máquinas simples [...] exista un equilibrio cuando la magnitud del cuerpo es compensada por la velocidad del otro que ha originado la disposición de la máquina, o cuando los tamaños (en cuerpos de la misma especie) son recíprocos a las velocidades, o cuando de un modo u otro aparece la misma cantidad de movimiento. Sucede aquí también que la cantidad del efecto o la altura del descenso o ascenso será la misma sea cual sea el lado del equilibrio hacia el que quieras que se produzca el movimiento.» [BD, p. 7]<sup>9</sup>

Leibniz empieza a replantear desde otro ángulo su propia objeción a los cartesianos [Carta de Leibniz a Bayle, p. 14]. Al escribir la BD

«[...] mostrado que en un caso bastante ordinario, y en una infinidad de otros semejantes, dos cuerpos tienen la misma fuerza aunque no tengan la misma cantidad de movimiento. Lo concede y no le pido más. Pero añade que no hay que extrañarse de ello, porque en el caso propuesto los dos cuerpos han adquirido sus fuerzas en tiempos desiguales, como si este principio [cartesiano] debiera limitarse a las que han sido adquiridas en tiempos iguales. Esto es darme la causa por ganada, e incluso no le debo tanto.» [BD, p. 14]

[a] Los cartesianos no se preocupan del tiempo en que se adquirió la fuerza en cuestión, en las estimaciones sobre la fuerza motriz ellos no consideran si la fuerza ha sido adquirida en un tiempo largo o breve: se discute el cálculo de *la cantidad de la fuerza* (y no su adquisición o pérdida)<sup>10</sup>.

En el ejemplo de arriba, es posible modificar la trayectoria de A o de B para que descendan o suban en un tiempo igual, pero la discusión se centraría en la fuerza que éstos alcanzan —que en cualquier caso sería la misma—.

---

<sup>9</sup> En ED Leibniz ahonda en el error proveniente de la doctrina estática pues

«... [s]olamente ocurre en el caso del Equilibrio o de la Fuerza muerta que las alturas [distancias] sean como las velocidades [tiempos], y que así los productos de los pesos por las velocidades sean como los productos de los pesos por las alturas.» [p. 104].

<sup>10</sup>

«Cuando hay dos cuerpos perfectamente iguales y semejantes, y que tienen la misma velocidad, pero adquirida en uno por un choque súbito, en otro por un descenso de una duración notable, ¿se dirá que sus fuerzas son diferentes? Esto sería como si se dijese que es más rico un hombre que le ha costado más tiempo ganar el dinero.» [BD, p.15-6]

(b) El propio Galileo, dice Leibniz, mostró que pueden modificarse las trayectorias de caída de los cuerpos volviéndolas más o menos inclinadas, de manera que es posible hacer que un cuerpo tome más tiempo en caer, manteniendo aún su velocidad que se determina exclusivamente en función de la altura.

(c) No es relevante aquí si la fuerza ha sido adquirida por gravedad o por alguna otra causa, pues «[...] basta con que el cuerpo tenga ahora esta fuerza o bien esta velocidad.» [BD, p. 18]

La teoría cartesiana infringe la ley de la continuidad [§§4, 23] de Leibniz, que él introduce en este punto:

«[...] *Ley de la naturaleza* que considero máximamente universal e inviolable, a saber, que siempre hay una perfecta Ecuación entre la causa plena y el efecto entero. No solamente dice que los efectos son proporcionales a las causas, sino además que cada efecto entero es equivalente a su causa. » [Carta de Leibniz a Bayle, p. 19]

Pues (i) Si los cuerpos B y C, de masa 1, y velocidades 100 y 1 respectivamente; colisionan en la misma dirección pero en sentido contrario. (ii) Según Descartes habría una cantidad de movimiento igual a 101. (iii) Ahora, B puede subir a una altura de 10, 000 y C de 1. B posee fuerza para levantar una masa de 1 hasta una altura de 10, 000 y C solo hasta 1. (iv) (ii) y (iv) demuestran que en el mismo caso la fuerza y la cantidad de movimiento no son las mismas. (v) Según la tercera regla cartesiana de colisiones, después del choque B y C irán juntos a una velocidad de 50. 5 en el sentido de C, conservando la cantidad de movimiento original. (vi) En [v] B y C tienen tanta fuerza como para levantar dos unidades de masa a una altura de 2550. 25, o bien una pulgada a 5, 100. 5. (vii) Así, según la regla de Descartes se habría perdido la mitad de la fuerza sin ninguna razón.

En virtud de la ley de la continuidad postulada por Leibniz<sup>11</sup>, [viii] resulta inaceptable, por lo tanto la ley de la conservación de la cantidad de movimiento, de la que en último lugar deriva (vii), lo es también.

§52 Denis Papin, otro físico de la época, había respondido, en un escrito titulado *De gravitatis causas et proprietatibus observationes*, las críticas que Leibniz había hecho a la física cartesiana en BD [§§44-5, v Argüello, p. 36-7, n. 11], diciendo que un móvil grande no puede transmitir *toda su fuerza* a un cuerpo

---

<sup>11</sup> En otro lugar, Leibniz explica esto y su relevancia en la demostración del siguiente modo: dos cuerpos de masa y velocidad dada tiene el doble de fuerza de la que tiene uno solo de ellos,

«[...] dos cuerpos de masa y velocidad dada tiene el doble de fuerza de la que tiene uno solo de ellos pero de aquí no se sigue que un cuerpo que tenga el doble de velocidad que otro, sea el doble de potente que éste [como se seguiría de Descartes], pues aunque se dobla la velocidad no se dobla también el sujeto [...]. Del mismo modo, dos cuerpos de una libra de peso cada uno, a un pie de altura, representan exactamente el doble de substancia y fuerza que uno solo a la misma altura [...]. Pero cuando dos cuerpos no son completamente homogéneos, y no se pueden comparar entre sí o referir a una medida que mida la substancia y la fuerza al mismo tiempo, hay que intentar compararlos indirectamente, es decir, comparar sus efectos homogéneos o sus causas. Pues la potencia de una causa es igual a la de su efecto íntegro, es decir, el que aquélla produce al consumir su potencia. Ahora bien, como los cuerpos [...] no son exactamente comparables por sí mismos, ni puede determinarse algún otro provisto de potencia, hemos de investigar sus efectos» [OC, II, 36, p. 155.]

pequeño en reposo. Leibniz arguye que es posible que un cuerpo pequeño adquiriera más fuerza que uno mucho mayor, y, por tanto es posible que aquél adquiriera precisamente la misma fuerza que éste, (en este punto aparece de nuevo con la idea de un *continuo en la naturaleza*, donde no puede haber saltos). Leibniz enfatiza el carácter ideal de sus demostraciones:

«*Postulatum* o petición I. Se pide que toda la fuerza de un cuerpo dado pueda ser transferida a otro cuerpo dado, o al menos, que, si se supone esta transferencia, no se produzca ningún absurdo.» [E, p. 36].

Las críticas de Papin son de tenor más mecánico que físico: argüía que en un choque el cuerpo mayor nunca se detendrá al encontrarse con el pequeño y, consecuentemente no existe la transferencia de *toda* la fuerza. Leibniz sale al paso de sus objeciones estableciendo que la transferencia de la fuerza del cuerpo grande al menor no debe ser necesariamente por colisión, sino mediante otros instrumentos —polea, palanca—, del mismo modo puede hacerse inversamente, sea mediata o inmediatamente [cf. §84]. No obstante al postular que se excluyan o ignoren los obstáculos exteriores, Leibniz insiste en el carácter de sus demostraciones:

«Ya que, como aquí no se trata de la práctica, sino del razonamiento para estimar las razones de las cosas, se puede concebir el movimiento como en el vacío, a fin de que no haya resistencia del medio y se puede imaginar que las superficies de los planos y las esferas están perfectamente unidas, a fin que no haya fricción, y así el resto. Es a fin de examinar aparte cada cosa, salvo para combinarlas en la práctica.» [E, p. 38]

§53 En cualquier caso, estas disputas siguieron durante muchos años después de la muerte de Leibniz (el propio Kant escribió un opúsculo tratando de conciliar en esta disputa). La cuestión física que surge de estas discusiones fue explicada por d'Alambert en su *Traité de Dynamique*. Cuando se habla de la «fuerza de un cuerpo en movimiento», dice en su «Discourse preleminaire»<sup>12</sup>, o bien no se hace

---

<sup>12</sup> La historia de la polémica de la fuerza viva seguía en tiempos de d'Alambert:

«This problem upon which geometers have been divided for thirty years consists in determining whether the force of a body in motion is proportional to the product of the mass by the velocity or to the product of the mass by the *square* of the velocity; whether, for example, a body which is twice as large as another and has three times the speed of another, will have 18 times as much force or only 6 times as much. In spite of the debates to which this question has given rise, its complete uselessness in the science of Mechanics has prevented me from making any mention of it in the body of this work. However, I hardly feel like passing over in silence an idea which Leibnitz [sic] thought it an honor to have discovered, which the great Bernoulli afterwards investigated so thoroughly, which Maclaurin made every effort to overthrow, and which a number of distinguished mathematicians have succeeded in interesting the public. Accordingly, I shall omit wearisome detail and shall explain, very briefly the solution to this problem.» [Crew, p. 141].

Kant mismo sería parte de esta discusión y no sería sino hasta 1775 que la Academia Francesa dejó de recibir modelos para obtener el movimiento mecánico perpetuo, admitiendo tácitamente que la *vis viva* no es creable. *Conservación de la vis viva*, fue un término acuñado por Bernoulli (1729). Será Thomas Young quien nombre al producto  $mv^2$  como *Energía* (*Lectures of Natural Philosophy*, vol.2). El ingeniero inglés W.J.M. Rankine definió como *energía potencial*  $\frac{1}{2}(mv^2)$  y en 1824 Sadi Carnot aplicó la fórmula de la energía a un fenómeno no mecánico, a saber, el calor: estas investigaciones culminarían en la tesis de la indestructibilidad de la energía [v Crew, p. 142ss].

alusión a ninguna idea de fuerza, o bien se está tratando de la capacidad de dicho cuerpo para vencer la resistencia u obstáculos que encuentra en su trayectoria.

«It is then neither by the space which a body traverses uniformly, nor by time spent in traversing it, nor by the simple, unique and abstract consideration of mass and velocity that one is to estimate the force; it is only by the obstacles which a body encounters and by the resistance which these obstacles offers. The greater the obstacle which a body can overcome, or which it is able to resist, so much greater is the force said to be, [a] it being understood that the word 'force' does not imply any being resident in the body, but is merely a brief description of a fact, just as when is said that one body has twice the speed of another, instead of saying that in equal times one traverses twice the distance of the other, no pretence is made of implying that the word speed represents anything existing in the body.» [apud. Crew, p. 143]

(Una solución como ésta se opone al intento leibniciano, no de “calcular” [a] la fuerza de un fenómeno [fact], sino de establecer que ésta *constituye al cuerpo mismo*. La aplicación de la fórmula  $mv^2$  para la estimación de la fuerza motriz obedece no sólo a que  $mv$  no satisface los sistemas de cuerpos en caída, sino a la función que ésta ocupa en el Sistema de la Naturaleza [§§88ss]).

Según d'Alambert en el caso de dos cuerpos que se aproximan mutuamente, «todo mundo concuerda», en que están en equilibrio cuando el producto  $mv$  es el mismo; y, cuando se trata de cuerpos que encuentran resistencia en sus trayectorias, un cuerpo que es capaz de vencer un obstáculo podrá, al duplicar su velocidad, superar cuatro veces lo anterior. Según este enfoque, la controversia de las fuerzas vivas resulta una mera disputa de términos, como lo ven Mach y Cajori entre otros [Papineau, p. 198-200]; donde se discuten diferentes términos bajo el mismo nombre —fuerza—: de acuerdo a la 2ª ley del movimiento de Newton las fuerzas actuando sobre distintas masas son equivalentes al tiempo durante el que actúan, mientras que las fuerzas actuando a través de cierta distancia son iguales a la energía cinética [Spector, p. 217; cf. §109].

Sin embargo, los participantes en la disputa no sólo se preguntaban en qué consiste la fuerza de un móvil o en cómo debe ser medida, sino que se ubicaban en el marco cartesiano en la medida en que suponían que “algo absoluto” se conserva en la naturaleza. En la misma objeción a Catelan

«Leibniz took the opportunity to criticise the rules wich Malebranche had substituted for Descarte's. They were really not better, he thought, and violated the principle of continuity [...] no less than those they replaced.» [Woolhouse 1993, p. 124]

§54 · Cinco años después Malebranche aceptaba que el principio de la conservación de la cantidad de movimiento está equivocado si se toma en el sentido que lo expone Descartes, no obstante llega a una postura que Leibniz critica, porque niega la conservación de cualquier cosa en los sistemas de colisiones:

«We begin now to be disabused of this opinion [K = CM], especially since it has been abandoned by some of its most ancient, most skilful and most eminent defenders and above all by the author himself of the 'Search after truth'. But in this case an inconvenient has arisen, namely that we have been thrown too far into the other

extreme, and do not recognize the conservation of anything absolute which might hold the place of the quantity of motion.» [Woolhouse 1993, p. 126]

Atendiendo a este marco cartesiano común de referencia entre los participantes de la disputa

«[...]we can see that it was *because* there was this common framework for approaching the problem of impact that the controversy amounted to a serious dispute between competing views. Far from being a mere ‘dispute of words’ their debate was at basis a perfectly sensible one about two alternative suggestions as to how the Cartesian theory of impact could best be modified and elaborated.» [Pepineau, p. 208]

Evidentemente Leibniz consideraba que la fuerza viva se conservaba en la naturaleza. La conclusión de Leibniz expuesta en BD no pasó inadvertida para Huygens —que había probado que la cantidad de movimiento cartesiana no se conserva [§22]—, quien después de leer la BD escribía la conclusión de aquél, que la *fm* está en razón compuesta «[of bodies] and square of speeds» [apud Woolhouse, 1993, p. 123]<sup>13</sup>.

«But what to Huygens was just a numerical constant was for Leibniz a central feature of his dynamics and a vital link between it and his metaphysics of material substance [§§58, 84ss]» [Woolhouse, 1993, p. 123]

Los trabajos de Leibniz en colisión de cuerpos elásticos fueron desarrollados por Jean Bernoulli, quien derivó las mismas ecuaciones dinámicas [§§107ss] a partir de la relatividad del movimiento y la elasticidad de la materia para sostener, según el lo veía, la ley leibniziana de la conservación de la *fuerza viva*, analizando las relaciones diferenciales de la presión (fuerza muerta), velocidad, distancia y tiempo. Dedujo de la ley de la conservación de la aceleración (presión= $ma$ ) que el producto  $mv^2$  producido o destruido por la acción de un resorte (superficie elástica) es proporcional a la longitud a la que se expande o contrae. Además probó que el número de resortes iguales que un cuerpo en movimiento puede «cerrar» antes de llegar al reposo, es proporcional a dicha magnitud.

Bernoulli identificaba la “causa” con la longitud a la que se expandía el resorte al lanzar el cuerpo, y el “efecto” con la longitud a través de la cual se contraen los resortes por la acción del mismo. Por otro lado, él asumía el axioma leibniziano de la conservación de las causas y los efectos [u 96ss]:

«To try and demonstrate this law would be to obscure it. Indeed everyone regards this as an incontestable axiom, that an efficient cause perish, either as whole or in part, without producing an effect equals to its loss.» [apud Pepineau, p. 206]

Así, concluía que en virtud de la presión, o fuerza muerta, la *fuerza viva* actúa en los sistemas de movimiento de los cuerpos: el cambio de movimiento de un cuerpo se debe a la transmisión de ésta.

---

<sup>13</sup> El propio Leibniz preferiría posteriormente esta definición, y fue para la fuerza motriz entendida en este sentido que comenzó a usar el término *vis viva*:

«[...] this ‘active force’ of motion takes different names: ‘motive force’, ‘moving force’, or ‘motor force’ (*vis motrix*, *force mouvante*); ‘living force’ (*vis viva*, *force vive*); ‘absolute force’ (*force absolue*); ‘absolute living force’ (*force vive absolue*); ‘active force’ (*vis activa*); ‘power’ (*virtus*, *potentia*).» [Woolhouse 1993, p. 121]

«[...]the increase of one [body, says Bernoulli] being the immediate effect of the diminution of the other, from which follows necessarily the conservation of the total quantity of living force: thus this quantity is itself absolutely unalterable in the impact of bodies.» [apud Pepineau, p. 210]

Por supuesto algunos cuerpos pierden su *fuerza viva* a través del impacto [§109], pero aquí vale la pena resaltar que, aunque tampoco la suma de las cantidades de movimiento se conserva en otros sistemas, los partidarios de esta última sostenían, basados en las investigaciones de Wallis [§22], que desaparecía el efecto de aniquilación de  $mv$  era producida por una cantidad igual de fuerza en la misma dirección, considerada como vector, tal cantidad se conserva en rebotes inelásticos (y en ese sentido también en elásticos).

Por otro lado, la fuerza viva causó polémica acerca de los mecanismos físicos a través de los cuáles los cuerpos aceleran o desaceleran. Se consideraba que el descubrimiento de tal mecanismo mostraría, ora que (a) los cuerpos con movimiento uniformemente acelerado padecen acciones físicas equivalentes en unidades de tiempo subsecuentes —en cuyo caso dicha acción debe medirse por el tiempo de desplazamiento—, ora que (b) se incrementa a lo largo del desplazamiento —siendo entonces la aceleración lo determinante—: la fuerza sería  $mv$  o  $mv^2$  respectivamente. Así, la discusión acerca de si el [a] tiempo o [b] la distancia determinan la fuerza, se convirtió en una disputa acerca de los mecanismos de aceleración.

Los oponentes de la dinámica afirmaban que:

«[...] since [a] gravity is uniform it takes away equal forces in equal times, and so it is the *time* of ascent (proportional to initial velocity) which measures 'force' [...]» [Pepineau, p. 211]

La gravedad toma, al parecer de los cartesianos, tanta fuerza en un momento como en otro igual [§51-2], y en el ejemplo dado por Leibniz como A sube en el doble de tiempo que B, la gravedad tomaría, también, el doble de fuerza, de modo que habría que medir aquí la fuerza tomando en cuenta el tiempo de diferencia o considerando el ascenso a la misma altura.

Los partidarios de la dinámica decían que la altura a la que un cuerpo puede elevarse así mismo es su efecto. Clarke atribuye el siguiente argumento a Jacob Hermann:

«[the]bodies thrown upward receive from the gravity which resists them, an equal number of impulses in equal times. Which is as much as to say that gravity is not uniform;...I suppose, he means that the faster the motion is upwards, the more numerous are the impulses; because the bodies meet the (imaginary) gravitation particles.» [Pepineau, p. 212]

Newton trató de refutar la medida leibniziana de la fuerza. Argumentó, para ello, que la fuerza de impulso [*impulsive force*] es proporcional a su velocidad, y dado que caída libre la aceleración de ambos cuerpos es, para efectos prácticos, igual, la fuerza de impulso se estima según el tiempo de caída, que es,

a su vez, proporcional a la raíz cuadrada de las alturas. Según esta definición un cuerpo A,  $m=4$  que cae de una altura 1 tendría una fuerza de impulso,  $fi$ , de 1:

$$fi = 4(\sqrt{1})$$

Un cuerpo de masa 1 debe caer de una altura 16 para tener el mismo impulso que el cuerpo A:

$$fi = 1(\sqrt{16})$$

§55 Newton [§39], abstrae el hecho de que la fuerza deba conservarse en un sistema de cuerpos y se concentra en el impulso de *un solo cuerpo en un determinado momento*. Por el contrario las pruebas que ofrece implican que la fuerza en un sistema tiende a perderse. Como ya se ha dicho, basado en las propiedades de últimas partículas de materia [§§36, 40-1], para él la fuerza del sistema del mundo tiende a perderse

«by reason of the tenacity of Fluids, and the Attrition of their Parts, and the Weakness of elasticity in solids, Motion is much more apt to be lost than got, and is always upon the Decay.» [Optics, Qu. 31; *apud*. Freudenthal, p. 45]

pero el estado del sistema del mundo está garantizado por ciertos factores activos a-sistemáticos y extra-mundanos [§42]

«The supposed decrease of the quantity of motion in the universe apparently does not disturb Newton. Nowhere does he attempt to replace the arguments of Leibniz that he criticized, with others that would avoid this consequence.» [Freudenthal, p. 45]

Mientras que Newton parte de una suposición sobre los elementos constitutivos del mundo y deriva de ellos esta conclusión, Leibniz parte de una suposición sobre las características de dicho sistema. Si la cantidad de movimiento disminuye constantemente en Newton, podría llegar un momento en el que los planetas cayeran en el sol. No obstante, el sistema solar no colapsará, pues en virtud de ciertos «principios activos» o de la intervención de Dios éste se mantendrá en su estado actual. Por supuesto, la cantidad de movimiento también se pierde en el esquema leibniziano. De hecho, al igual que Newton, propone como hipótesis indemostrada las partículas materiales y sus características (Leibniz debe recurrir a partículas elásticas [§]). En este punto ambos suponen elementos no demostrados pero *demonstrables*. Sin embargo Newton precisa de un elemento (a) *indemostrable* por definición, a saber la gravedad, (b) que contradice las características que había postulado como esenciales de los elementos de la Naturaleza.

La idea de que algo absoluto se conserva en los sistemas de colisiones, por tanto en la Naturaleza, es, en cambio, requerida por Leibniz, pues sobre ésta descansa la *realidad explicativa* de su modelo [§§44] y la propia *realidad substancial de las entidades materiales*:

«Cartesian motion and *vis viva* are, then, both 'absolute' quantities; momentum is merely 'relative'. On the other hand *vis viva* and momentum are conserved in collisions and their sum total in a closed system of bodies is a Constant; Cartesian motion is not. [...] Even if it is not conserved in collisions, the Cartesian force of motion was at least

an 'absolute'. In 'correcting and rectifying', as he puts it, the Cartesian 'doctrine of the conservation of the Quantity of motion', Leibniz took care to put in its place 'the conservation of some other absolute thing'.» [Woolhouse 1993, p. 128]

Los newtonianos toman la acción de la gravedad actuante en un espacio vacío, Leibniz en cambio, suponían un universo pleno, a través del cuál un cuerpo enfrenta más “partículas” por unidad de tiempo conforme se acelera. Por otro lado William 'sGravesande mostró experimentalmente que el volumen de la cavidad que se forma en una montículo de arcilla al ser golpeado por un cuerpo pesado es equivalente a su  $m\dot{v}$ . Sin embargo, Calandrin —un matemático suizo— objetó que la resistencia del material es uniforme, y que consume, en consecuencia, las fuerzas proporcionalmente a sus tiempos iguales. 'sGravesande garantizó la uniformidad de la arcilla, pero debido a que el efecto de la presión depende tanto de ésta como de la aceleración, la fuerza depende de la distancia, y no del tiempo.

Los adeptos a la visión de Leibniz encontraron que el número de hojas de papel de seda rotas por un cuerpo en movimiento era equivalente a  $m\dot{v}$ . Aún así, J. J. de Marian objetó que la fuerza perdida es constante por unidad de tiempo, pues las «resistencias» actúan contra los cuerpos que las superan consumiendo su fuerza según el tiempo que se enfrentan a éstas; aunque un cuerpo más rápido encuentra más obstáculos que uno lento, se enfrenta durante menos tiempo a cada uno de ellos.

«This response to the Leibnizian analysis became general amongst proponents of the 'old opinion' [fuerza motriz= $m\dot{v}$ ], including the English Newtonians.» [Pepineau, p. 213]

§56 Fue infructífero tratar de explicar el mecanismo de aceleración y desaceleración de los cuerpos, la gravedad ciertamente desacelera los cuerpos que se mueven contra ella, pero también produce aceleración en los que se mueven hacia un centro de gravedad; los modelos gravitacionales de impacto resultaron insuficientes para explicar esto. Bernoulli trató de explicar la gravedad en virtud de una materia elástica, pero no logró dar cuenta de por qué la gravedad actúa igual en cuerpos grandes que en pequeños. Sin embargo, más que dos casos distintos equívocamente tratados —algunas veces la fuerza se mide según el tiempo otras según la distancia—, como lo vio d'Alambert, en estas discusiones yace la convicción metafísica de explicar el universo en términos mecánicos; e igualmente, como más arriba se demostró, de que existe una fuerza estable en el universo y, además, se discutía qué es exactamente la fuerza de los cuerpos, más allá de su magnitud<sup>14</sup>.

«The upshot of this entire discussion was to establish *vis viva* as a measure of *force action through a certain distance*, and *momentum* [p] as a measure of *force acting through a certain interval of time*, yielding us the two fundamental and thoroughly consistent definitions of force which are today everywhere used in physics, namely, the *space variation of energy* and the *time variation of momentum*.» [Crew, p. 142]

---

<sup>14</sup> En términos modernos el momentum se conserva en choques elásticos e inelásticos, la velocidad respectiva sólo en los inelásticos (cuando se conserva la energía cinética) y parte de la energía cinética ( $1/2m\dot{v}$ ) antes del impacto se transforma en un incremento del movimiento molecular de los cuerpos.

Cabe preguntarse por qué preferir el concepto de cantidad de movimiento, escalar o vectorial, al de Leibniz, siendo que aquél en alguna circunstancia se verifica y describe una situación existente. Según Leibniz el que la fuerza se conserve en las máquinas simples, en los recorridos rectilíneo uniforme, y en el movimiento uniformemente acelerado, mientras que la cantidad de movimiento sólo en los dos primeros, le da una preeminencia ontológica —y no sólo explicativa— a su propia teoría, la cual se corresponde con un principio metafísico de continuidad [§§4, 23, 51].

[*segunda parte*]

EL SISTEMA

DE <sup>LA</sup>

NATURALEZA

## V

### LAS SUBSTANCIAS FORMALES

Naturalmente hablando, los fenómenos de la física que se discutieron en el capítulo IV remontan su realidad más allá de la materia. Esta segunda parte de la investigación buscará elucidar en qué consiste la realidad de los fenómenos físicos y, en consecuencia, qué es la Naturaleza para Leibniz, por lo menos, en términos de fundamento de los fenómenos mecánicos. En este capítulo se analizarán [A] las determinaciones metafísicas [§§58-63], lógicas [§§64-65], físicas [§66], y sistemáticas [§§67-70] de las substancias formales que componen la Naturaleza —la consideración del conocimiento dentro de estas determinaciones pertenece al siguiente capítulo—. Después [B] se analiza el sistema de las substancias formales [§§71-3], especialmente el problema de la materia a partir de la condición de *alma* de las SF [§§74-5]

§57 Al tiempo que publicaba su primer artículo de polémica con la física cartesiana, entre 1682 y 1684, Leibniz escribió el *Discurso de metafísica* [DM] y diez años después, en 1695 —tres años después de redactar sus *Observaciones* [OC] sobre Descartes—, escribió el *Nuevo sistema de la naturaleza de las substancias y su comunicación, y de la unión que existe entre el alma y el cuerpo*, finalmente, en 1715-6, uno o dos años antes de su deceso, redactó la así llamada *Monadología*, en la que retoma el problema que se había planteado en el *Nuevo sistema* desde una perspectiva más general.

A partir de la publicación de los estudios de Russell y Couturat, es un lugar común que el sistema de las substancias formales de Leibniz obedece una perspectiva primordialmente lógica. Trabajos como el de Gueroult llaman la atención sobre la prioridad de la física y no pocos trabajos se centran en la metafísica como el punto nodal del pensamiento de Leibniz. Aquí se atenderá especialmente a las substancias formales en tanto fundamento de los fenómenos y de las *fuerzas vivas*. Sin embargo otras determinaciones son también consideradas, no con afán ecléctico sino para explicar cabalmente el tema que ocupa.

## A. SUBSTANCIAS FORMALES

§58 El interés de Leibniz al proponer su sistema de sustancias formales [SF] surge de varias aristas de su interés multifacético [§4]<sup>1</sup>. Las críticas a la filosofía cartesiana publicadas a partir de 1686 en el *Memorable error*, y los opúsculos breves en los que exponía fragmentos de su teoría acerca de la *Dynamica* [§§43, 51ss], dieron lugar a una serie de intercambios, la mayor parte de ellos a través de cartas y artículos en diferentes revistas, que, eventualmente, le urgieron a exponer sistemáticamente su pensamiento [B, p. 27-30]. El *Nuevo tratado de la Naturaleza* —1694-5— apareció así como una presentación ordenada de los principios metafísicos insinuados en los tales opúsculos.

En este trabajo Leibniz tiene en cuenta su *Discurso de metafísica* y las críticas a través de correspondencia que sobre éste le hiciera Antoine Arnauld. En él, como explica Woolhouse:

«[Leibniz] reveals (or, sometimes, merely hints at) his thoughts about the unsatisfactory nature of the Cartesian understanding of material substance as merely extended matter, about the importance of the notion of force for both physics and metaphysics, and about the connected need for the rehabilitation of the substantial forms or souls of the scholastics as principles of substantial unity.» [Woolhouse, Francks, eds.; «Introduction...»; p. 2]

## DETERMINACIÓN METAFÍSICA DE LAS SUBSTANCIAS FORMALES

Partiendo del estudio de los fenómenos físicos, Leibniz llega a lo que debe ser una SF:

«[...] the consideration of *force*, to which I have assigned a special science which might be called 'Dynamics', is of great help in understanding the nature of substance.» [R, p. 32]

En efecto,

«[...] having tried to go more deeply into the principles of mechanics themselves in order to explain the laws of nature which are known through experience, I realized that the consideration or mere *extended mass* is insufficient, and that the use must also be made of the notion of *force*, which is perfectly intelligible, though it belongs to the sphere of metaphysics.» [NSI, p. 11]

Se trata de ofrecer una explicación metafísica que haga las veces de *fundamentación para la dinámica*. Esta propuesta metafísica debe explicar tanto la unidad real —física y metafísica— de los

---

<sup>1</sup> «Following contemporary corpuscular theories (Boyle, Descartes, Huygens), he [Leibniz] had himself at first adopted the view that elementary units of matter, corpuscles or atoms, exist, which differ from each other only in terms of size, form and state of motion. Considerations of the continuum, which are provided with an exact foundation after 1673 by the introduction of infinitesimal methods (avoid all with the publication of the basic features of a differential calculus for the first time 1684), bring about the abandonment of these views. The drawing of analogies between the determinations of the differential changes of a function or the formation of the sum of differential quantities, on the one hand and considerations about the structure of the (physical) world on the other, led to the formation of a new concept [of substance].» [Mittelstrass, p. 60]

cuerpos, como su principio activo. Además es necesario explicar en qué sentido una fundamentación metafísica es no sólo oportuna, sino fructífera y *necesaria* para las investigaciones mecánicas mismas.

§59 Como se ha visto [§§25-7, 37ss], la noción atomista de materia, como tal, no da una explicación de (a) la *unidad-activa real de la Naturaleza*, (b) ni del principio de la acción recíproca de los cuerpos o el cambio en ellos. Según la visión atomista, la materia es algo *pasivo*, que no puede ser sino un agregado de partes *ad infinitum*, cuya unión radica en la mera relación contingente de contigüidad de las partes. Tampoco puede darse razón de la *multiplicidad* a través de los átomos, pues algo continuo, como la extensión, no puede ser *unido*, y la variedad, a su vez, sólo puede provenir de una colección de entidades del tipo de la *unidad real* [§84]. Partiendo de las nociones de *unidad como* (a) *indivisibilidad material* y *cuantitativa*, Leibniz recurre a un *átomo formal* [NSI, §11, p. 16].

Por otro lado la *extensión* no puede (b) dar lugar a las propiedades de los cuerpos al actuar entre sí, ni a los cambios de un cuerpo [§3]. En su correspondencia con Arnauld, como refiere Woolhouse, Leibniz expone que la extensión

«[...]is an attribute which cannot make up a complete entity, no actio or change can be deduced from it, it expresses only a present state, not all the future and past as the concept must do [...] if man contains only a figured mass of infinite hardness [...] he cannot in himself embrace all past and future states.» [apud Woolhouse 1993, p. 68].

[a] y [b] son las cualidades de los cuerpos a las que Leibniz busca dar explicación a partir de sus elementos constitutivos, que, para él, deben ser entidades formales:

«So, in order to get these *real unities* I had to have recourse to a formal atom. Since a material thing cannot simultaneously be material and perfectly indivisible, or possessed of a genuine unity.» [NSI, §3, p. 11-2]

[a] Mientras para Descartes [§§25ss.] y Newton [§§37ss.] todos los cuerpos materiales son sólo piezas de *una* substancia extensa y el criterio de individuación es privativo de la substancia pensante, para Leibniz hay cuerpos que son también *individuales*:

«La naturaleza toda del cuerpo no consiste sólo en la extensión, es decir, en la magnitud, figura y movimiento, sino que hay que reconocer necesariamente en él algo que tenga relación con las almas, y que se llama usualmente forma substancial.» [DM, §12, p. 65]

La necesidad de que las partes más simples de los cuerpos sean indivisibles determina que el principio que hace de los *cuerpos materiales* entidades —con base en su unidad—, no puedan ser de orden

---

«Estoy de acuerdo [dice Leibniz] en que, naturalmente, todo cuerpo es extenso, y que no hay extensión sin cuerpo. Sin embargo, no deben confundirse las nociones de lugar, de espacio o de pura extensión, con la noción de sustancia, la cual, además de la extensión, encierra la resistencia, es decir, la acción y la pasión.» [1691, p. 184]

material, porque cualquier cosa extensa puede ser dividida ella misma en su materia o en sus cualidades. No obstante,

«This does not mean that for Leibniz there are no corporeal substances. There are, and they are individual substances too. It means that their substantiality and individuality do not derive from their being corporeal or extended, but from their relation to an individual substantial mind, or something like that.» [Woolhouse 1993, p. 55]

Los cuerpos, así, requieren ser explicados no como *extensión*, sino como sustancias formalmente individuales. Éstas ofrecen un criterio de individualización que hace de ellas *una unidad real*. Los compuestos, entendidos como un «agregado de partes» [M, §2, p. 26], deben estar finalmente constituidos de elementos simples e individuales en tanto que indivisibles. Esta entidad es la SF que

«[...] no es otra cosa que una substancia simple, que forma parte de los compuestos; simple, es decir, sin partes. [...] Ya estas Mónadas [= SF] son los verdaderos átomos de la Naturaleza y, en una palabra, los Elementos de las cosas.» [M, §1, 3, p. 25-6]

§60 Las SF, en tanto tales, poseen las siguientes características. (I) Son inmatrimales y simples. (II) Son inalterables. (III) Son los elementos que constituyen los compuestos.

De [I] se desprende que no hay partes, «ni extensión, ni figura, ni divisibilidad posibles» [M, §3, p. 26; 1691 p. 181ss]. Dado que [II], se sigue que no son creadas ni destruidas, y que ninguna puede actuar sobre ninguna otra. Así pues, [I-II] satisfacen [a] la *unidad real* necesaria de las SF.

§61 [III] Por otro lado, supone lo siguiente. (1) las SF, en tanto entidades, deben poseer necesariamente alguna cualidad, por el hecho de *ser*. Pero además, (i) El hecho de que las SF sean los «elementos» de los compuestos, requiere que el cambio en los mismos provenga de sus partículas elementales. (ii) El cambio cualitativo de los compuestos, aunque sea una afección de los agregados, debe provenir de sus partes, por ende, en éstas deben existir cualidades distintas entre sí que permitan la identificación de un *estado de cualidades distinto de otro* —cuyo tránsito constituye el cambio—. (iii) El mismo cambio cualitativo de los cuerpos supone una pluralidad de estados en él, misma que debe provenir de sus partes. (iv) Igualmente, el cambio-movimiento no sería posible sin diversas cualidades que permitan distinguir el paso de un estado a otro. Finalmente, (v) si las sustancias formales no poseyeran cualidades, no sería posible distinguir un cuerpo de otro [M, §8, p. 27]. Es necesario, pues, que las SF posean algunas cualidades.

En virtud del principio de identidad [§31], no puede haber dos SF iguales, por ende, ninguna puede poseer las mismas cualidades que cualquier otra [M, §9, p. 28], lo cual constituye la especificación de las SF.

(2) Por otro lado, lo que aparece en el compuesto está en las partes, de ahí que *el cambio como tal* deba estar presente también en ellas («todo ser creado está sujeto al cambio, y, por consecuencia, también la mónada creada, y también [puede afirmarse] que este cambio es continuo en cada una» [M, §10, p. 28]). Semejantes cambios no pueden provenir de un principio externo a las sustancias mismas [II] y, en

consecuencia, deben provenir de uno interno. De manera que las SF poseen intrínsecamente el principio del cambio.

(3) El cambio implica (i) algo específico que cambia [1], y (ii) algo que permanece. Las SF, en virtud del principio del cambio [2], suponen al menos una cualidad que las especifica a través del cambio, y otra que hace perceptible el cambio: «el detalle de lo que cambia» [3, ii].

(4) En función de la ley de la continuidad [§23], el cambio de un estado a otro implica todos los infinitos estados intermedios. Así, en lo simple, la SF, se comprende la multiplicidad del detalle del cambio.

«Pero es necesario también que, además del principio del cambio, haya un *detalle de lo que cambia*, que haga, por decirlo así, las especificación y la variedad de las substancias simples. Este detalle debe comprender una multitud en la unidad o en lo simple. Porque como todo cambio natural se hace por grados, algo cambia y algo queda; y, por consecuencia, es necesario que en la substancia simple haya una pluralidad de afecciones y relaciones, aunque no haya partes en ella. El estado pasajero que comprende y representa una multitud en la unidad, o en la substancia simple, no es otra cosa que la llamada *Percepción*. » [M, §12-4, p. 29]

(5) El cambio es el paso de un estado a otro, el paso de una multiplicidad-en-lo simple, a otra [4]: es decir, el paso de una *Percepción* a otra. El principio de este tránsito se halla en la SF misma [2]. Dicho principio es la *Apetencia*. (6) Las cualidades de una SF implican su percepción y apetición [1-5], por tanto, las SF son individualmente, como tales, apetición y percepción.

§62 (7) *Una SF, en un determinado momento, posee, necesariamente, ciertas cualidades [1]. En ese momento, el principio del cambio o apetición se encuentra en ella [2]. Como el cambio implica infinidad de estados intermedios [4], en un momento cualquiera, una SF implica dicha multiplicidad [5]. De ahí que el estado de una SF en todo momento consista en su percepción.*

(8) Una percepción, el estado de la multiplicidad en lo simple, es «un estado en el cual no nos acordamos de nada y no tenemos ninguna percepción distinta» [M, §20, p. 32]. La *afección* de una SF «no es otra cosa que su percepción» [M, §21, p. 32]. Así pues, la naturaleza de una substancia SF consiste en percibir —ser “afectada por ...”—, con mayor o menor conciencia de ello, “...algo más”. Lo único *más* por lo que podría ser afectada una SF es otra SF. La naturaleza de una SF<sub>1</sub> consiste en percibir otra SF<sub>2</sub> que, a su vez, es percibida por una SF<sub>3</sub>; ésta y la segunda perciben a la primera, que, como la segunda, percibe a la última. La suma de todas estas percepciones constituye el Universo.

Ninguna SF, no obstante, es capaz de sufrir o padecer nada externo a ella [II], aunque sí son parte del mismo Universo y de ahí que, la relación SF<sub>1-2</sub> no pueda contradecir la relación SF<sub>2-1</sub>. En tanto elementos del mismo *sistema* ambas son congruentes entre sí, o sea, se corresponden. La correspondencia entre las SF en este punto consiste en que la percepción del Universo de una es congruente con la de otra, esto es el principio de armonía preestablecida: el modo en el que una SF

puede afectar o ser afectada por otra a través de una relación *ideal* —conforme a la Idea Total del Universo [§§8-9]— [M, §51, p. 53].

La percepción que tiene SF<sub>1</sub> de SF<sub>3</sub> (congruente con SF<sub>3,1</sub>), debe *corresponderse* con la que tiene SF<sub>2</sub> de la misma. Del mismo modo han de corresponderse las percepciones de SF<sub>2,3</sub> de SF<sub>1</sub> y las de SF<sub>1,3</sub> de SF<sub>2</sub>; además de la congruencia de las percepciones mutuas. Cada una de estas *correspondencias* es una relación ideal. Las relaciones de percepciones de las SF también deben corresponderse entre sí. SF<sub>1</sub> consiste en percibir la relación SF<sub>2,3</sub>, porque ésta es su naturaleza [6]: SF<sub>1</sub> = SF<sub>2,3</sub>. Si la naturaleza de SF<sub>2</sub> es percibir SF<sub>1</sub>, esto quiere decir que su naturaleza es percibir la relación SF<sub>2,3</sub>(=SF<sub>1</sub>): SF<sub>2</sub> = (SF<sub>1</sub> = SF<sub>2,3</sub>). SF<sub>3</sub>, por su parte, necesariamente percibe SF<sub>2</sub>: SF<sub>3</sub> = (SF<sub>2</sub> = (SF<sub>1</sub> = SF<sub>2,3</sub>)). Finalmente, cuando SF<sub>1</sub> percibe la relación SF<sub>2,3</sub>, percibe la relación (SF<sub>2</sub> = (SF<sub>1</sub> = SF<sub>2,3</sub>)) = (SF<sub>3</sub> = (SF<sub>2</sub> = (SF<sub>1</sub> = SF<sub>2,3</sub>))). Y así para las percepciones SF<sub>3,2</sub>, SF de SF<sub>1</sub>. De ello se desprende que cuando SF<sub>1</sub> se relaciona con SF<sub>2</sub>, percibe en esta relación todas las percepciones de SF<sub>2</sub>, y las de las SF<sub>n</sub> con las que se relaciona ésta, etc.

La propia naturaleza de SF<sub>1</sub> consiste en percibir otras sustancias que expresan, a su vez, otras relaciones: cada SF mantiene relaciones que expresan todas las demás, y cada SF es expresada por todas las demás.

*Todas estas relaciones son congruentes entre sí.* De manera que cada SF expresa desde sí misma todas las relaciones de SF congruentes entre sí que conforman el Universo, así la naturaleza de cada una de las SF consiste en representar *todo el universo*. Pero como no hay dos SF iguales, la representación de cada SF es diferente a todas las demás, cada una de ellas representa desde cierto «punto de vista» —diferente al de todas las demás— al resto, si bien las representaciones de todas las SF son «armónicas» entre sí.

§63 No es posible interpretar el punto de vista desde el que una SF percibe el universo como una situación dentro de un ámbito espacial absoluto, toda vez que este posee una naturaleza relativa en Leibniz. Tampoco es posible definir en sentido espacial o respectivo la posición desde la que una SF expresa al mundo.

Para explicar esto mediante una analogía, supóngase un objeto esférico A y otro objeto B, igual pero más grande. Sean éstos dispuestos frente a un observador Y, de manera que los centros de las dos esferas pertenezcan a un único eje, y a sendas distancias *a* y *b*, tales que A oculte apenas pero completamente a B, o sea, que los dos círculos en que ambas esferas aparecen a Y sean aparentemente iguales en posición y tamaño. Supóngase también que, en un segundo momento, el cuerpo A comienza a hacerse traslúcido de manera que B aparece a Y a través de A cada vez más claramente. Aún en este caso A y B parecen sobreponerse: el punto de la intersección, en Y, de las líneas tangentes a A y a B, constituiría en este ejemplo el punto de vista de representación. No obstante si A y B son aparentemente idénticos desde el punto de vista Y, son también idénticos en magnitud, de manera que Y puede discriminar tantas partes de magnitud aparente en A como las que puede contar en B. Pero en

la medida en la que B aparece con mayor claridad, esto es, en cuanto es posible apreciar la magnitud real de cada uno de los cuerpos, Y ha discriminado en B partes más grandes que en A en cuanto a magnitud real, de donde se seguiría que A no oculta a B, por lo cual el punto Y no es más el punto de representación.

Esto demuestra que al considerar los grados de percepción de una SF, su posición espacial-respectiva comienza a evaporarse. El “punto” desde el que una SF representa el mundo, debe ser entendido como una reconstrucción lógica con base en su individuación, pues, si cada SF expresa el mundo entero, omitiendo los grados de claridad —apercepción— y confusión —percepción— de una en particular, como si tuviera todas sus percepciones claras y distintas en sumo grado, ésta expresaría la totalidad del universo, y estaría virtualmente, por consiguiente, en cualquier lugar, o bien, en todo lugar del universo (una substancia así sería *Dios*, [§68]). Esto indica que el «punto» desde el que cada SF expresa el mundo está determinado por el grado de claridad y confusión, que también determina la variedad entre las substancias [Furth, p. 16-9].

#### DETERMINACIÓN LÓGICO-CONCEPTUAL DE LAS SUBSTANCIAS FORMALES

§64 En todo momento una SF contienen en sí misma el principio del cambio que, a su vez, implica infinidad de estados, el estado *actual* de una SF resulta del principio del cambio que tenía en su estado inmediato anterior, del modo que, en su estado presente, contiene el principio que la conduce al estado posterior. Así, una SF contiene sus estados presentes, pasados y futuros:

«Y como todo estado presente de una substancia simple es naturalmente resultado de su estado precedente, de este modo su presente está preñado de porvenir.» [M, §22, p. 32-3]

Tanto como el principio de sus propios cambios, y, en esa medida, son *perfectas*, pues no padecen la acción de ninguna otra substancia; por ello Leibniz les denomina con el título aristotélico de *entelequias*, que significa que las SF no reciben ningún estímulo externo a ellas mismas y ellas son el principio de su propia actividad (*a excepción de su relación con Dios*, de quien depende el propio impulso de cada substancia y de la mutua relación de correspondencia entre los fenómenos con otros [DM, §14, p. 69-71]).

El concepto de *substancia* de Leibniz no es solamente ontológico (como en Descartes), ni la noción de *unidad* es puramente material (como en Newton):

«As against the primacy of the ‘ontological’ concept of substance, Leibniz returns to the possibility, in the narrow sense, of a logical understanding. His theory of monads [*id est* SF], with its concept of individual substance and the explanation of this by means of the construction of so-called complete concepts [...]» [Mittelstrass, p. 59]

La determinación lógico conceptual de una substancia se fundamenta con base en dos criterios: (a) *la predicación verdadera* y (b) *la predicación completa*.

«Es muy cierto que cuando se atribuyen diversos predicados a un mismo sujeto, y este sujeto no se atribuye a ningún otro, se lo llama sustancia individual, pero esto no basta, y tal explicación es sólo nominal, hay que considerar, pues qué significa ser atribuido verdaderamente a cierto sujeto.» [D, §8, p. 61]

[a] Ser atribuido verdaderamente, significa que cada predicado establezca una *relación real* [*conexio realis*] con su sujeto. La atribución real de un sujeto a un predicado supone que éste es susceptible de ser inferido por cualquiera que conozca el concepto del sujeto, esta relación consiste en que el predicado se encuentre incluido [*aliquo modo contineatur*] en el sujeto.

«Quotiescunque enim prædicatum vere affirmatur de subjecto, utique censetur aliqua esse conexio realis inter prædicatum et subjectum, ita ut in propositione quacunque: A est B (seu B vere prædicatur de A), utique B insit ipsi A, seu notio ejus in notione ipsius A aliquo modo contineatur.» [*apud* Mittelstrasse, n. 30, p. 67]

Ahora bien, una de las propiedades de las SF [§60] es que no se relacionan entre sí, ni establecen comercio entre ellas. Lo anterior implica que no hay un predicado B que sea verdaderamente atribuible a un sujeto *a* y que pueda, también, ser atribuido a un sujeto *b*. Por tanto, el predicado B, atribuido al sujeto *a* (Ba) no es el mismo predicado B atribuido al sujeto *b* (Bb).

[b] Cada predicación verdadera, dice Leibniz, se *husa* en la naturaleza misma de las cosas, sea que el predicado se encuentre en el sujeto expresamente —proposición idéntica—, o que se encuentre en él virtualmente. El concepto de una sustancia debe ser tan completo que cualquiera que comprenda el concepto en cuestión pueda deducir de él todos los predicados de aquella sustancia.

«Siendo esto así, podemos decir que la naturaleza de una sustancia individual o de un ente completo es tener una noción tan cumplida que sea suficiente para comprender de ella todos los predicados de sujeto a quien esa noción se atribuye.» [D, §8, p. 61]

Cada predicado atribuido verdaderamente a una sustancia, junto con todos los predicados atribuidos a ella, conforman el concepto completo de esta sustancia individual. Así, los predicados (A...N)*a* conforman el concepto completo, P, de *a*. En virtud del principio de los indiscernibles [§31], derivado del de razón suficiente, no es posible que *a* posea los mismos predicados que *b*, pero, como se vio más arriba, ninguno de los predicados que forman la serie Pa coincide con ninguno de Pb.

Para Bertrand Russell el *concepto* de una SF está determinado en función de la misma a través del principio del cambio que las mismas contienen y que se manifiesta en el tiempo como afección del mismo. Al final de su vida, una persona cualquiera podrá predicar cualesquiera *proposiciones verdaderas* que le ocurrieron a través de su vida, si fue feliz a los cinco años de edad, la oración 'fue feliz a los cinco años de edad' siempre será verdad.

El concepto completo de esa persona depende, en todo caso, de las experiencias de la misma y no al contrario. La idea simplemente es que la verdad es temporal y que siempre que 'si *x* es verdad en

el tiempo  $y$ , entonces “es verdad que ‘ $x$  es verdad en el tiempo  $y$ ” [Woolhouse, 1993, p. 66]. El propio Leibniz dice:

«The complete or perfect concept of an individual substance [i] involves all its predicates, past present and future [...] for certainly it is already true now that a future predicate will be a predicate in the future, and so it is contained in the concept of the thing [...]» [apud Woolhouse 1993, p. 67]

§65 El principio del cambio existe *esencialmente* en cada monada y éste no es sino el paso de un estado a otro [§61]. Una substancia que pasa de un estado determinado ‘ $Ps_1$ ’ a otro ‘ $Ps_2$ ’, encuentra en su concepto completo un predicado  $\Pi$ s que significa ‘ $s$  pasa de un estado  $Ps_1$  a otro  $Ps_2$ ’ y, nuevamente, ninguno de los predicados de  $\Pi$ a puede coincidir con alguno de  $\Pi$ b.

«A complete concept is, therefore, a *complex predicate* which fulfills the conditions of a (complete) denotation: it is not *empty*, and there is only one individual to whom it can be applied.» [Mittelstrass, p. 62]

Evidentemente un concepto completo es infinito en virtud de que (i) los predicados A...N que conforman el estado P, suponen los predicados de todas las substancias del universo (cada substancia es un espejo del mundo) [§62]. (ii) El paso de un estado  $P_1$  a otro  $P_2$  es un cambio que implica infinidad de estados intermedios. (iii) El predicado complejo  $\Pi$  incluye las predicaciones eternas de una substancia (pues ésta no puede ser destruida). Por tanto el concepto completo de una substancia individual es infinito.

Existen conceptos plenos que no se refieren a una substancia individual, sino que se refieren a especies (hombre) cuya denotación puede ser considerada como finita:

«Complete concepts for *abstract* objects, for example ‘*animale rationale*’ as a complete concept for ‘*homo*’, are an exception, because here the determination of an object is concluded by a definition. In this case, in which the concept is complete but the accompanying denotation is not infinite, Leibniz speaks of a *notio plena*, instead of a *notio completa*. Furthermore, as Parkinson has noted, Leibniz occasionally restricts the meaning of a ‘complete concept’ expressly to *concrete* individual substances.» [Mittelstrass, p. 62]

Es obvio que un concepto como ‘animale rationale’ no es del tipo de los objetos como Alejandro Magno. Se trata de un objeto de conocimiento y por ende no pueden aplicársele los criterios [i-iii] de una SF. Ahora bien, (iv) todo el conocimiento, dice Leibniz [§§10, 29ss], se basa en el principio de razón suficiente, el concepto que se refiere a *homo* no puede estar completo si no se determina la razón del mismo que es, por definición, *incognoscible*. Por otro lado, (v) los conceptos se relacionan entre sí, ya por mutua dependencia demostrativa, ya por subordinación epistémica, o por equivalencia de hipótesis [§4]. El concepto ‘*animale rationale*’ depende demostrativamente de los conceptos de “*animal*” y “*rationale*”, y a su vez el primero no puede estar completo sin el de “*mortalis*”, y es equivalente a

“*creatura*”, de manera que sus relaciones son infinitas (cada concepto, como cada SF, *expresa* al resto del Universo). Así, estos conceptos son también infinitos.

Según Leibniz, la *percepción* de una substancia individual surge de un principio interno, pues no puede haber relación *real* entre las SF. El percibir algo, debe estar incluido *realmente* [*in esse*] en el concepto de un percibiente, que, en virtud del principio de armonía preestablecida, contiene entre sus predicados el de percibir eso mismo.

Ambos tipos de conceptos son cognoscibles indefinidamente, reduciendo eventualmente las predicaciones virtuales y aumentando las atribuciones idénticas. Adviértase la determinación lógica de las características de las SF. Cada substancia expresa *lógicamente* la totalidad del universo en cuanto su concepto supone su relación con los demás, es individual en tanto su concepto no admite predicados de otra substancia: la armonía preestablecida subsiste en cuanto cada una de ellas expresa el concepto de las demás. En este sentido *el punto de vista desde el que expresa el mundo queda establecido por las relaciones lógicas de dependencia entre los conceptos*.

No obstante lo anterior no explica cuál es la relación entre un *concepto completo*, temporalmente si se quiere, y la *unidad metafísica real* de una substancia. Así, en lo que respecta a la entidad, las SF dan razón de la diversidad y del cambio y, volviendo a la cuestión de la relación substancial “*conceptual*” y “*unidad-activa*”, el “concepto completo” de una substancia es el que se encuentra contenido en la visión perfecta de las SF:

«Though he speaks indifferently from them all, we can usefully distinguish between a substance's 'concept' on the one hand, and its 'form', 'nature', or 'soul' on the other. We can now think on the concepts of individual substances as being the detailed pre-creation ideas in God's mind of various possible substances, and of 'natures' or 'souls' as the embodiments of these concepts in actually created substances.» [Woolhouse1993, p. 72]

## DETERMINACIÓN FÍSICA D LAS SUBSTANCIAS FORMALES

§66 Para Leibniz los fenómenos sólo encuentran un fundamento de su realidad en el ámbito de las SF

«[...] in my view everything in nature happens mechanically, and that to give an accurate and complete reason for some particular phenomenon (such as heaviness or elasticity, for example) it is sufficient to appeal only to shape and motion. But the principles of mechanics and the laws of motion themselves derive, in my view, from something higher, which depends more on metaphysics than on geometry, and which the imagination can never reach, although the mind can conceive it very well.» [NSII, §2, p. 22]

A lo largo de su vida sostuvo que las SF, como *algo que subsiste por sí mismo*, son tácitamente unidades que contienen en sí mismas un principio activo. Poco a poco, se observa, identifica la *forma* o

la *unidad* de las sustancias con esta *fuerza activa* [Woolhouse1993, p. 72-3] que se presenta en toda sustancia corpórea.

«[...] the notion we should have of substance in general, and of corporeal substance in particular. Since I find nothing so intelligible as force, I believe that is what we must turn to in order to defend the real presence [...]» [EDI, p. 30]

«I found, then, that the nature of substantial forms consists in force, and that from this there follows something analogous to feeling and desire; and that they must be understood along the lines of our notion of *soul*. [...] I call them] *primary forces*, which contain not only *actuality*, or the mere fulfilment of a possibility, but also an originating *activity*.» [NSI, p. 12]

Las SF que pretenden explicar las propiedades de impenetrabilidad y extensión, poseen, en tanto *almas*, un principio activo que da razón de aquéllas. Es decir, la materia implica la noción de *fuerza*.

«[...] I find that in nature it is necessary to employ not only the notion of extension but also that of force, which makes matter capable of acting and of resisting. By 'force' or 'potency' I do not mean a power or a mere faculty, which is only a bare possibility [...] for action and which, being itself dead as it were, never produces an action without being excited from outside; instead I mean something midway between power and action, something which involves an effort, an act, an entelechy—for force passes into action by itself so long as nothing prevents it.» [NSII, §2, p. 22]

Así mismo, en razón de dicha «potencia», contienen en sí mismas el detalle que comprende la multiplicidad en la unidad, como se ha dicho [§62]. Ya se ha dicho también que a este estado Leibniz lo denomina *percepción* [M, §14, p. 29].

Ahora bien, aquello de la Naturaleza que una SF *representa* más distintamente —lo que *percibe con mayor claridad*— es «el cuerpo que le afecta particularmente» [M, §62, p. 47], y junto con éste constituye un *viviente*. No puede darse un cuerpo de *pura materia*, pues éste, dado que sería sólo una colección de partes más pequeñas de materia, no constituiría una unidad. El *cuerpo*, propiamente dicho, constituye una unidad.

«That is why, leaving aside souls or other such principles of unity, we will never find a corporeal mass or portion of matter which is a true substance. [...] Otherwise we would find nothing substantial in matter, and bodies would only be phenomena or like very orderly dreams.» [NSII, §3, p23]

Las SF dan razón del comienzo de los compuestos que tiene lugar cuando se reúnen las partes simples que los conforman y que finalizan al separarse las mismas, y la interrelación mutua *de los compuestos* se explica como el «cambio entre las partes» simples [M, §7, p27]. Y como no hay manera de que las SF se interrelacionen entre sí [§60], la interrelación de las SF, entonces, no se da por afectación propiamente dicha de una a otra,

«[...] pues no se le puede transponer nada, ni concebir en ella ningún movimiento interno que pueda ser excitado, dirigido aumentado o disminuido dentro de ella [...].

Los accidentes no pueden separarse, ni salir fuera de las substancias [...]. Por tanto, ni una substancia, ni un accidente puede entrar desde fuera [...]» [M, §7, p. 27]

Las relaciones entre las SF consisten, pues, en la *calidad de sus percepciones*, si éstas son distintas — de mayor grado de perfección— se dice que actúa respecto a aquello que es percibido, pues «da razón de lo que ocurre en la otra» [M, §50, p. 42]. Si, por el contrario, son difusas, entonces padece aquello que percibe borrosamente. Las afecciones mutuas entre las SF no son, así, de índole *material*, y éstas sólo pueden alcanzarse recíprocamente a través de Dios, es decir, mediante el concurso en el orden total de la Naturaleza

«[...] y, por consecuencia, lo que desde cierto punto de vista es activo, es pasivo si se considera de otro modo: *Activo*, en tanto que lo que se conoce distintamente en una cosa sirve para dar razón de lo que ocurre en otra; y *Pasivo* en tanto que la razón de lo que pasa en una cosa se halla en lo que se conoce distintamente en otra.» [M, §52, p. 43]

Estando así mutuamente relacionadas las SF, dice Leibniz, cada una es capaz de expresar a todas las demás —por consiguiente a toda la Naturaleza— en la medida que se relaciona con ellas. Se obtiene, de este modo, tantas «perspectivas» del Universo como relaciones particulares de SF con el todo. Ciertamente cada una será confusa respecto al total del Universo y únicamente será distinta respecto a aquello a lo que está más próxima. De manera que en tanto parte del todo —«en el objeto»— son perfectas, pues concuerdan perfectamente con él, aunque respecto a lo que expresan de éste —«en la modificación»— son confusas. «Y ése es el medio de conseguir tanta variedad como es posible, pero con el más grande orden que se pueda, es decir, es el medio de obtener tanta perfección como posible sea.» [M, §58, p. 45]

Puede decirse que la armonía preestablecida consiste en la representación simultánea pero diferida —según la «perspectiva»— de todas las SF, del mismo Universo, y más claramente del cuerpo del que constituyen la unidad, cuerpo que actúa sincronizadamente con los demás en tanto pertenecen al mismo Orden. O, parafraseando al propio Leibniz, que consiste en que todas las substancias representan desde diferentes «perspectivas» el mismo Universo.

Por un lado una SF es una unidad-activa y *ers per se*, y, por otro, contiene un concepto completo del ente al que se refiere. ¿Cuál es la relación entre los ámbitos metafísico-unitario y lógico-conceptual expresada aquí?

## DETERMINACIÓN SISTEMÁTICA DE LAS SUBSTANCIAS FORMALES

§67 Las SF, como tales, a partir de lo que se descubre de ellas por la Naturaleza de los fenómenos, *a posteriori*, pueden ser consideradas de manera individual o conjunta. Pero a partir de esta misma naturaleza puede descubrirse el orden del sistema de sustancias formales que integran. Bajo esta perspectiva *a priori* pueden descubrirse nuevas características de la Unidad de la Naturaleza.

Consideradas particularmente cada SF, en virtud del principio razón suficiente, en sí misma, tiene la razón de su existencia. (I) La determinación conceptual de esta necesidad está en que (A) el concepto de una substancia implique su existencia y en que (B) dicha substancia sea posible dentro del sistema de las SF [u 1701, p. 46-7]. (II) La determinación metafísica requiere que (A) cada substancia sea *necesaria* —que sea *ens a se*, «exista por esencia»— y (B) que el sistema del que forma parte sea, en su conjunto, necesario también. (III) La determinación del principio de razón suficiente en el nivel de los fenómenos consiste en que (A) cada representación de cada SF sea necesaria dentro del conjunto de las mismas y que (A) el conjunto de sus relaciones sea, del mismo modo, el único posible. Obsérvese que la razón suficiente de las SF en tanto tales debe darse tanto [A] en lo particular como [B] en lo general, atendiendo a sus relaciones mutuas —en virtud de la armonía preestablecida—. Se analizará a continuación la primera condición.

§68 [A] [I] Entre los predicados que conforman una substancia debe encontrarse la razón suficiente de la misma, sin embargo, aunque las SF no pueden contener entre sus predicados el de la existencia, sí necesitan contener al menos la posibilidad de la misma. Si la determinación lógica de razón suficiente depende del conjunto de las SF, entonces la posibilidad de su existencia descansaría fuera de ellas, y la razón de las mismas, por ende, estaría en algo exterior a ellas. Por otro lado, si la posibilidad radica en ellas mismas, de su sólo concepto debe seguirse la misma, es decir la posibilidad de su existencia debe residir *in esse* [DM, §8]. Pero, asumiendo que este es el caso, no podría explicarse el cambio (toda SF tendría siempre todas las perfecciones) ni las relaciones entre ellas sistemáticas en virtud del principio de armonía preestablecida, [DM, §14, p. ]. Además, la unidad, que Leibniz considera una perfección, no estaría en ninguna de las SF necesarias, a menos que todas ellas sean una sola, o bien, todas ellas son idénticas entre sí y, en virtud del principio de identidad de los indiscernibles, son, en realidad, la misma substancia.

[II] En cuanto a la determinación metafísica, si la razón suficiente de cada SF se encuentra en sí misma, no habría manera de explicar el cambio [M, §7-9, p. 27-8] ni la multiplicidad, pues una SF así debe «ser en esencia», siendo que un cambio es «dejar de ser algo» [M, §73, p. 50-1], no habría manera de explicar la variedad [M, §910, p. 28] ni los compuestos [M, §2-4, p. 26]; como tampoco habría ninguna razón suficiente para que una SF “actúe” con otra [u 1684, p. 175-6].

[III] Al indagar la razón suficiente en el ámbito de los fenómenos<sup>3</sup>, «la resolución en razones particulares podría llegar a un detalle sin límites, a causa de la inmensa variedad de la Naturaleza y de la división de los cuerpos al infinito» y, a su vez, cada una de estas razones «comprende otros contingentes anteriores o más detallados, cada uno requiere a su vez un Análisis semejante» [M, §36-7, p. 37-8].

---

<sup>3</sup> Cada fenómeno supone por sí la relación con otra SF, cuando se habla aquí *individualmente* de fenómenos se hace alusión a las representaciones de una sola SF cualquiera, los fenómenos considerados *en conjunto* son la totalidad de las relaciones recíprocas de las SF.

Como cada fenómeno encuentra su razón en otro, podría tenerse una cadena infinita de razones particulares, por lo tanto, la razón suficiente última se encuentra fuera de esta concatenación de causas particulares [u Woolhouse 1993; p. 139], en una *substancia* necesaria que contenga la razón de los cambios fenoménicos de manera eminente al sistema [M, §39, p. 38].

De acuerdo a Leibniz la razón de cada SF *individualmente*, en los tres ámbitos, es, por sí sola, contingente, pues «no puede encontrarse la razón suficiente en ninguna cosa particular ni en el conjunto a agregado de todas las cosas.» [1697, p. 193]†. Ahora bien, la razón suficiente de las SF se halla fuera del ámbito de las mismas y es una substancia [I] que «es por esencia», [II] que «contiene el cambio de manera eminente» y que [III] contempla simultáneamente todas las expresiones de las relaciones de las SF. Dicha substancia no puede ser más que una; pues, por un lado, no hay razón para que exista más que ésta y porque, si hubiera dos substancias *absolutamente perfectas* serían la misma (principio de identidad).

[B] La razón suficiente de las SF general en su [I] determinación lógica precisa que las relaciones en el conjunto de las mismas sean necesarias. Pero estas relaciones son puramente *ideales*, pues por el hecho de ser *substancias* es imposible que, propiamente dicho, actúen entre sí. De aquí se infiere que las substancias, por su propio concepto, no pueden relacionarse entre sí. Por lo tanto, la razón suficiente de sus relaciones está en algo ajeno a las relaciones mismas [DM, §15]. Respecto a su [II] determinación metafísica, decir que el conjunto de las relaciones entre ellas «es por esencia» equivale a decir que no es posible ningún otro conjunto de relaciones y por tanto el cambio que se observa en ellas como suma no sería explicable, pues no habría razón para pasar de un estado de relaciones a otro, como tampoco la habría para que se relacionen [NS, §17]. Finalmente, [III] el que cada fenómeno descansa sobre otro fenómeno muestra que, en su conjunto, las razones de los mismos son contingentes y la razón suficiente de las relaciones entre los fenómenos se encuentra fuera del ámbito de las mismas [M, §38, p. 38].

El fundamento de las SF, en lo particular, y sus relaciones, en general, así como el fundamento del sistema de SF como tal, debe estar en una substancia necesaria, y sólo en ella:

«Siendo esta substancia una razón suficiente de todo este detalle, el cual está enlazado por todas partes, *no hay más que un Dios y este Dios basta.*» [M, §39, p. 38]

---

† Si un libro, por ejemplo, sirviese de modelo para otros tantos volúmenes que, a su vez, fuesen el original de muchas ediciones más, al cabo se daría razón de cada parte del libro con el tomo del que fue copiado. Pero nunca podría llegarse a una «razón perfecta», pues por más que se explique pormenorizadamente la transmisión de los detalles del texto de un ejemplar a otro no puede decirse, ni por qué este texto forma parte del mismo ni por qué existe, como tal, lo expuesto en el libro. Así, puede darse razón de cada SF con base en las relaciones con mantiene con todas las demás, pero no puede decirse por qué mantiene precisamente dicha relación y tampoco puede darse razón del sistema de SF como tal:

«En efecto, por más que supongáis un mundo eterno, como sólo suponéis una sucesión de estados, y cómo en ninguno de ellos encontráis la razón suficiente y, además, como un número cualquiera de mundo os ayuda a dar cuenta de ellos, es evidente que se debe buscar la razón en otra parte.» [1697, p. 194]

Es decir, la relación de la substancia necesaria respecto a las SF y su conjunto consiste particularmente en que ella es la razón suficiente de las mismas, y generalmente (armonía preestablecida): esto constituye la sistematicidad de las relaciones entre las SF.

§69 Lo anterior es, para Leibniz, una demostración *a posteriori* de la existencia de una única *substancia necesaria*. Sin embargo, Leibniz posee también una demostración *a priori*. Esta última es relevante aquí porque, aunque las características del conjunto de las SF en su totalidad son inaccesibles, así como las relaciones completas entre ellas, a partir del análisis de la substancia necesaria es posible inferir varias características del sistema de SF.

De esta demostración *a priori* [§§67-8, 8ss, u 88ss, 93ss] se desprenden las determinaciones generales, hablando *a priori* y *particularmente*, de las SF. Como sólo es necesario que exista una sola substancia necesaria (no podría haber una razón suficiente para que existieran más de una), y como cada SF precisa de esta única, no puede haber nada que sea independiente de ella y, por ende, todo depende de la misma [M, §40, p. 38]. [I] Lógicamente, es necesario que exista la substancia necesaria — «si el ser necesario no existe, ningún ser es posible» [1701, p. 47]—, pues la realidad que hay en la posibilidad del concepto de las SF proviene de ella [M, §43, p. 39]; [II] metafísicamente considerado, las SF encuentran su perfección en su fundamentación respecto a la substancia necesaria, pero sus limitaciones —imperfección— obedecen a la necesidad de que existan limitadamente (de existir infinidad de SF *ex a se*, serían en todo perfectas, pero serían idénticas entre sí, y, por ende, serían la misma) [M, §42, p. 39]; [III] respecto a los fenómenos, la representación de cada SF supone su relación ideal con al menos otra SF, por ende, supone también a la substancia necesaria [DM, §9]

Considerado como tal, el conjunto de SF, *a priori*, supone que tanto las relaciones recíprocas — que son ideales—, como la armonía preestablecida entre las mismas, existe en función de la substancia necesaria que dispone *todas las determinaciones* (lógica, metafísica, y como fenómeno) y *afecciones* (percepción y apercepción) de las SF de tal modo que sean congruentes y recíprocas entre sí [M, §51, p. 43]. La relación es de *acción* o *pasión* (determinación lógica en tanto la acción se desprende de su sólo concepto) en función de que la SF sea *perfecta* o *imperfecta* (determinación metafísica), es decir, de que su *percepción* sea distinta o confusa (determinación de fenómeno) [M, §49, p. 49-50].

«Por esto ocurre que entre las criaturas las acciones y las pasiones son mutuas. Porque Dios, comparando dos substancias simples, halla en cada una de ellas razones que le obligan a acomodar la una a la otra [...]» [M, §52, p. 43]

§70 Hasta aquí Leibniz ha dado una razón suficiente para la existencia de *ciertas* SF así como de *algún* tipo de relación y conjunto de relaciones entre las mismas. El sistema *actual* de relaciones recíprocas de las SF como tal, o las características particulares del conjunto de combinaciones mutuas entre ellas; *respecto a la substancia necesaria*, es una de los posibles sistemas de combinaciones. Para que de ellos «Dios escoja» alguna es necesario que esta posea una razón (de la que los otros carecen), esta

razón «debe ser la perfección del conjunto escogido», por lo tanto del sistema. Dicho de otro modo, si las SF y su conjunto descansan sobre una substancia necesaria perfectísima, el resultado es también perfectísimo en sumo grado. O bien, el mejor de los mundos posibles [M, §53-7, p. 44-5].

Dado que se trata del más perfecto conjunto de sistemas, en él «existe la mayor cantidad de esencia o de posibilidad [que] es llevada a la existencia» [1697, p. 195]; y, en consecuencia, hay infinidad de SF y no existe nada que este «vacío» [§37], pues no hay una razón suficiente para que algún punto carezca de ser, pudiendo contenerlo [M, §61, p. 46].

Supóngase este universo perfecto en sumo grado, la razón suficiente del conjunto en cuanto tal debe ser la más sencilla posible —pues no hay razón suficiente de una más compleja que otra, si ésta última bastara—, las relaciones de cada SF que expresan a todas las demás desde «su perspectiva» consiguen que existan tantos «universos» como perspectivas de él, es decir, infinidad de “universos” [M, §56-58, p. 44-5; §62, p. 62].

Finalmente, las características particulares de cada SF respecto a la substancia necesaria consisten en la *conveniencia y acomodo* ideales de cada una respecto a todas las demás [M, §53, p. 44]. Las relaciones particulares individuales y de conjunto de las SF en tanto tales se establecen según sus determinaciones.

## B. SISTEMA DE LAS SUBSTANCIAS FORMALES

§71 En su intercambio con Leibniz, Arnauld le presenta varios problemas cuyas respuestas arrojan luz sobre lo que éste piensa de la *substancia corpórea* [u Woolhouse 1993, p. 60]. ¿Qué pasa con la substancia corpórea —se pregunta Arnauld— cuando un bloque de mármol es dividido en dos partes? Según Leibniz un bloque de mármol no posee la unidad a la que él se refiere. Es como una pila de piedras con una *unidad accidental*, pues aunque entre ambas media una diferencia de grado respecto a la cohesión de sus partes, en ningún caso existe *unidad substancial*<sup>5</sup>.

«Even ordered societies or machines, things whose parts ‘conspire to one and the same end’ and are connected in other than straightforwardly physical ways, are not substantial unities. Their unity is ‘a fabrication of our minds’; it exists ‘by opinion, by convention’. Leibniz ‘accords substantial forms [only] to [...] bodily substances that are more than mechanically united’» [Woolhouse 1993, p. 60]

Para Leibniz los seres humanos son definitivamente substancias activas individuales, su unidad y forma es más que meramente contigua. El modo en que explica a Arnauld el problema retoma el

5

«[...] una máquina hecha por el arte del hombre, no es Máquina en cada una de sus partes. Por ejemplo: el diente de una rueda de hierro tiene partes o fragmentos, que no son para nosotros nada artificial y que no tienen nada que indique a la máquina en relación al uso al que la rueda está destinada. Pero las Máquinas de la Naturaleza, es decir los cuerpos vivos, son, sin embargo, Máquinas en sus menores partes hasta el infinito. Esto es lo que constituye la diferencia entre el arte Divino y el Nuestro.» [M, §64, p. 48]

punto de vista *hilomorfista* de las substancias como forma y materia. Una persona, por ejemplo, está compuesta de una materia organizada por un alma racional. Cuando muere, es decir, al desaparecer el compuesto que es, la materia que lo constituía deja de ser una substancia estrictamente hablando.

A diferencia de Descartes [§15-6], para quien una persona es un compuesto de *dos substancias* — extensa y pensante—, para Leibniz una persona es *una substancia*, pues la materia por sí misma no constituye una substancia, si bien el alma como tal sí lo es. Así Leibniz se aparta de la tradición hilomorfista, para la cuál ni la materia ni la forma separadas constituyen una substancia *per se*.

«However, though Leibniz clearly holds that, in and of themselves, souls or forms are incorporeal substances, he also holds that there never are any forms which are not embodied in some matter, and so part of corporeal substances: ‘I assume [he says] that there is naturally no soul without an animate body.’» [Woolhouse 1993, p. 62]

El carácter de las SF explica la impenetrabilidad de los cuerpos en virtud de que son indivisibles e indestructibles [cf. §§26, 84]. Este punto es común entre Descartes y Leibniz, no obstante hay una diferencia en lo que toca a la materia, por una parte, y con la indestructibilidad del alma de los animales, que para Leibniz resultan también substancias. Si la materia es substancial, en el sentido leibniziano, no puede ser destruida, en cambio al morir los hombres su cuerpo se separa de la materia, quedando desprovista del alma que la anima. Además, dice Arnauld, ¿qué pasa con la unidad de ciertos gusanos que tras ser divididos en dos partes se mueven, cada una de las mismas, separadamente?

Para Leibniz la *unidad activa substancial no consiste en el mero movimiento*, como en el caso de los gusanos, donde sólo una de las partes sigue siendo una substancia animada, mientras que la otra es un caso de materia-no substancial —análogo al caso de un miembro amputado frente al resto del cuerpo viviente de la persona—.

Por lo segundo, Leibniz rechaza que, en lo que se llama «muerte», la materia de una persona se vea separada de su forma. Para él incluso en la parte más pequeña hay vivientes. No es posible que exista algo así como el vacío de SF, pues todo está lleno de ellas, «lo que hace que toda la materia esté ligada» [M, §61, p. 46] [cf. *supra* §36].

«Cada porción de la materia puede ser concebida como un jardín lleno de plantas; y como un estanque lleno de peces [*id es vivientes*]. Pero cada ramo de la planta, cada miembro del animal, cada gota de sus humores es, a su vez, un jardín o un estanque semejante.» [M, §67, p. 49]

Toda la materia, como la pila de piedras, está dividida en pequeñas substancias vivientes, cuya forma no es, por supuesto, una «mente humana», pero sí algo «análogo» a ella. Así, un cuerpo abstraído de su forma substancial —como el bloque de mármol— es un *ens per accidentis*<sup>6</sup>, una agregado

---

<sup>6</sup> Leibniz da la siguiente ilustración acerca de esta unidad accidental, se pregunta en boca de Filaretos,

«¿No es verdad que la idea constituida a partir de la acumulación de hombres que forma un ejército es también una sola idea, como la de hombre? Se tiene razón al que este agregado —responde Teófilo— (*ens*

desubstancias; agregados de partes más pequeñas de materia unidas por un alto grado de cohesión. Más aún,

«since ‘entities made up by aggregation have only as much reality as exists in their constituent parts’, it will follow that extended body considered by itself apart from any form, will not even be a ‘real entity[...]’ ‘it follows that bodies will be no more than true phenomena like the rainbow’. » [Woolhouse1993, p. 64].

§72 Para Arnauld ésta no es la única explicación posible, pues queda la explicación a partir de *átomos realmente indivisibles* de materia [§84]. Lo anterior, empero, resultaría en una *substancia extensa* dividida de hecho en pequeñas partes, es decir, no continua. Leibniz piensa, por su parte, que *para* las SF que “animan” un cuerpo la materia resultaría también un fenómeno, algo que perciben o que *aperiben* con distinto grado de distinción y claridad. Dice él mismo:

«How far a piece of flint must be divided in order to arrive at organic bodies ... I do not know. But it is easy to see that our ignorance in these things does not prejudice the matter itself.» [apud Woolhouse 1993, p. 55]

Existen *substancias materiales* y éstas son extensas, pero no es en virtud de su extensión que son substancias, sino que, como se ha visto [§59], es en función de algo más que constituyen *unidades reales*. Es esta propiedad lo que constituiría la “materialidad” de dichas substancias. Leibniz caracteriza esta propiedad de diversas maneras, aunque se basa en la noción de *impenetrabilidad o solidez*, aquello que hace imposible que dos cuerpos ocupen simultáneamente el mismo espacio.

Según Leibniz, Descartes habría confundido esta propiedad con la *dureza* de los cuerpos, un cuerpo sólido es el que no pierde su forma al ser presionado, pero esta característica se da en algunos cuerpos y en otros no, algunos son flexibles y otros son fluidos.

La consideración de la substancialidad de la materia, a propósito de la *Dynamica*, exige dicha propiedad: si los cuerpos no fuesen *impenetrables* no se rechazarían mutuamente en la colisión de los mismos y no podrían ser “empujados” unos por otros, como de hecho lo hacen pese a que durante el impacto, como se verá [§107ss], pierden —y recuperan— su forma. De manera que la *dureza* de los cuerpos no es *indispensable* para explicar las colisiones, pero sí lo es su *solidez*.

---

*per aggregationem*, para decirlo con la Escuela) forma una sola idea, aunque propiamente hablando esta conjunción de substancias no llega a constituir auténticamente una substancia. Es un resultado, al cual el alma, por medio de su percepción y pensamiento, da su último espaldarazo como unidad. También se puede decir que de alguna manera es algo substancial, es decir, comprende substancias.» [NE, I, 24, p. 258]

## RELACIÓN DEL ALMA CON EL CUERPO

§73 En la discusión Leibniz-Clarke, a partir del *sensorio* de Dios [§42], surgió una discusión acerca de la percepción. Leibniz afirmaba que, para percibir algo, es necesario algo más que la sola presencia [3<sup>o</sup>C, §11, p. 70]

«Hace falta para eso alguna comunicación explicable, algún tipo de influencia, o de las cosas entre sí, o de una causa común. Yo pretendo ser el primero que ha demostrado cómo el alma percibe lo que pasa en el cuerpo.» [2<sup>o</sup>C, §4, p. 58]

Clarke sostiene que lo que se requiere, además, es que se trate de un «viviente» y subraya la *necesidad* de la presencia para percibir, aunque reconoce que el modo en que esto sucede le es incierto. Tan sólo afirma que

«El espíritu no está omnipresente en cada parte del cuerpo, no obra ni, de hecho, puede obrar en cada parte del cuerpo, sino solamente en el cerebro, o en ciertos nervios y vapores sutilísimos, los cuales influyen en todo el cuerpo, mediante leyes y comunicaciones que Dios establece.» [3<sup>o</sup>R, §12, p. 75]

Se ha visto que para Leibniz la SF constituye la *unidad* de un cuerpo material. La racionalidad de los seres humanos es para Leibniz resultado de un principio que aparece en *todas* las sustancias, formando una jerarquía que en cierto sentido recoge la taxonomía tradicional de las *entelequias* en racionales, animales y vegetativas.

La multiplicidad en lo uno —esto es, la *percepción*— [§61], conlleva en sí misma el principio interno que provoca el cambio en las SF —esto es, el cambio de una *percepción* a otra— o bien, la *apetición* [M, §30, p. 31]. «[...] Sólo en esto es en lo que pueden consistir las *acciones internas de las sustancias simples*». Esta condición de las SF es semejante, dice Leibniz, al sueño [§77].

Cuando, en cambio, se acompaña una percepción de otra percepción de la primera, o cuando un SF se da cuenta de su propia percepción, entonces, dice Leibniz, *apercebe*, y la *apercepción* acompañada de *memoria*, produce una «representación» —un “rudimentario” estado de conciencia, como en los animales— cuya magnitud está determinada por el número de percepciones que la originaron o la intensidad de la misma [§88].

Finalmente, la conciencia de «las verdades necesarias y eternas» de *algunas SF*, las eleva «a los *Actos reflexivos*», y de hecho éstos son los *espíritus* o *almas* en sentido estricto. Dichos actos permiten acceder a la conciencia del «Yo», y, por ende, a la mayoría de los razonamientos [M, §30, p. 35], entre ellos los que conciernen a los cuerpos materiales, así como el principio de no contradicción y razón suficiente [§§88ss].

Leibniz considera la *percepción* como el principio vital de las SF, y afirma que la diferencia entre el “alma vegetativa-inconsciente”, el “alma sensitiva-animal” y el “alma racional-humana” es sólo una diferencia de grado [§§77ss]. Pero que la misma *percepción* se encuentra en todas las sustancias, ya sea acompañada de memoria, o de actos reflexivos; y por consiguiente, sólo son distintas por el nivel de

«claridad» de las percepciones. Un ser humano, por ejemplo, se conduce con mayor confusión, con un grado de mera *percepción*, durante el sueño profundo [M, §20, p. 32]; o como una bestia cuando actúa guiado sólo por el principio de la memoria [M, §28, p. 34].

Como la *substantia cogitans* de Descartes, para Leibniz las SF son inmateriales e inmortales. No obstante la relación de la mente y el cuerpo, de hombres y *animales*, no es para éste sólo como *autómatas* cuyas funciones se explican en términos mecánicos, controladas por las almas. «[Men] are not alone of God's creatures in having immortal souls; others animals have them too» [Woolhouse 1993, p. 159]:

«Suponiendo [como Leibniz asegura haber demostrado] que los cuerpos que constituyen *uram per se*, como el hombre, son sustancias, y que tienen formas sustanciales, y que los animales tienen alma, hay que reconocer que esas almas y esas formas sustanciales no podrían perecer eternamente [...], pues ninguna sustancia perece, aunque pueda convertirse en otra.» [DM, §34, p. 96]

La muerte como tal [§60] no existe. Lo que así es llamado debe ser la disolución de un compuesto en sus partes más simples, SF, las cuáles no pueden ser eliminadas *naturalmente*, sino únicamente por el concurso de Dios, cosa que, toda vez que supondría para Él una acción *sobrenatural*, se puede dar por descartada [§42]:

«Lo que llamamos *generaciones* son desarrollos y acrecentamientos, así como lo que llamamos *muetes* son envolvimientos y disminuciones.» [M, §73, p. 51] «[...] he juzgado, pues, que si el animal no comienza nunca naturalmente, tampoco termina nunca naturalmente; y que no sólo no habrá generación, sino tampoco destrucción entera, ni muerte tomada rigurosamente.» [M, §76, p. 52]

El proceso de “disolución” que es lo que naturalmente se identifica con la muerte no constituye tampoco una separación entre la enteleguía y su cuerpo, pues cada espíritu está siempre unido a un cuerpo [Woolhouse 1993, p. 160], que cambia paulatinamente y por grados [M, §72, p. 50],

«Pero el alma inteligente, que conoce lo que es y puede decirse ese yo, no sólo permanece y subsiste metafísicamente, mucho más que las otras» [DM, §34, p. 97].

Partiendo de la dicotomía cartesiana *substantiae extensa et cogitans* no hay manera, para Leibniz, de que la mente —carente de extensión— actúe sobre la materia. De acuerdo a Leibniz los cuerpos materiales son más que extensión y aunque propiamente no *interactúan*, sí son activos, debido a su naturaleza substancial:

«[...] hemos dicho que todo lo que acontece al alma y a cada sustancia es una consecuencia de su noción, y por tanto, la idea misma o esencia del alma lleva consigo que todas sus apariencias o percepciones tengan que surgirle de su propia naturaleza, y justamente de modo que correspondan por sí mismas a lo que ocurre en todo el universo, pero más particular y más perfectamente a lo que ocurre en el cuerpo que le está afecto[...]» [DM, §33, p. 95]

§74 Para Leibniz una explicación satisfactoria de la «comunicación de las sustancias» supone una relación causal *real* sin recurrir a ningún fenómeno extraordinario, y, además, implica consistencia con la

ley de la conservación de la *fuerza vivu* [§§44, 51ss]. «Both these requirements are met by the central feature of his 'hypothesis', which is that every bodily event has a bodily cause and every mental event has a mental cause. 'Everything occurs in the soul as if there were no body, just as everything occurs in the body as if there were no soul.'» [Woolhouse 1993, p. 181; *u* ss]

Leibniz no supone una "unión" —real u ocasional— entre dos substancias, sino que, por el contrario, disocia definitivamente la materia de las almas que los cuerpos poseen:

«I could find no way of explaining how the body can make something pass over into the soul or vice versa, or how one created substance can communicate with another.» [NSI, §12, p. 17]

Y va más lejos, pues tampoco existe acción propiamente dicha entre las SF entre sí:

«It is quite true that in strict metaphysical sense, one created substance has no real influence upon another, and that all things, with all their reality, are continually produced by the power of God.» [NSI, §13, p. 17]

La «concomitancia» o «armonía» entre las SF se da a partir del hecho de que cada una percibe, confusamente, todo el Universo, y con mayor claridad una pequeña parte de éste. Por otro lado, en un *plerum* material, todos los cuerpos materiales están relacionados entre sí, y cada cuerpo padece los movimientos de todos los demás. Cada SF actúa, por *su* propio principio de acción, de acuerdo a la imagen que tiene en sí misma de la Naturaleza y, dado que *todas* las SF representan el mismo Universo, su acto está conforme y organizado con el de todas las demás.

Dado que el cuerpo mismo es también substancial, en tanto que una SF constituye su «alma», se encuentra representado en él el mismo Universo y responderá similarmente a *su* representación del cuerpo. O, como en un ejemplo dice Leibniz: «Everything which ambition or any other passion makes the soul of Caesar do is represented in his body as well, and the movements of these passions...all come from [self] impressions of objects.» [*apud* Woolhouse 1993, p. 182]:

«El Alma sigue sus propias leyes, así como el cuerpo las suyas; y se encuentran en virtud de la armonía preestablecida entre todas las substancias, puesto que todas ellas son representaciones de un mismo universo.» [M, §78, p. 52]

Leibniz se vale de una analogía con tres relojes que marchan exactamente igual. Hay tres maneras de explicar su concordancia: una es suponer que ejercen acción mutua el uno sobre el otro, otra es afirmar que un maestro los pone a punto a cada instante, finalmente, puede decirse que un «artesano experto» los hizo desde un principio con tal arte y destreza que corren exactamente iguales todo el tiempo. Si se ponen en lugar de un artefacto el alma y en vez del otro el cuerpo, la primera

7

---

«Descartes ha reconocido que las Almas no pueden dar fuerza a los cuerpos, porque hay siempre la misma cantidad de fuerza en la materia. Ha creído sin embargo, que el alma podía cambiar la dirección de los cuerpos. Pero esto era porque en su tiempo no se conocía la ley de la naturaleza que expresa la conservación de la misma dirección total en la materia.» [M, §80, p. 53]

solución es la de la filosofía «vulgar» de la influencia del alma sobre el cuerpo (en alusión a los cartesianos [§§15-6] y a Newton [§73])<sup>8</sup>. La segunda es considerada por Leibniz como un *deus ex machina* (en oposición a Malebranche [§54] y los newtonianos [§42]). La tercera es, finalmente, la de la armonía preestablecida.

«This is that we should say that God first created the soul, or any other real unity in such a way that everything in it arises from its own nature, with a perfect *spontaneity* as regard itself, and yet with a perfect *conformity* to things outside» [NEI, §14, p. 17-8].

«Es cierto que, según mi teoría, el alma no perturba las leyes del cuerpo, ni el cuerpo las del alma, y que solamente concuerdan; la primera actuando libremente, al seguir las leyes de las causas finales, y el segundo actuando mecánicamente, siguiendo las leyes de la causalidad eficiente.» [5<sup>o</sup>C, §92, p. 126]

Ahora, como cada SF está preñada de su porvenir [§64]

«It holds that every event or change that takes place in a corporeal substance's 'form' is consequence of previous states of the same 'form'. Since the material body is not itself a substance, its events or changes need not to be consequences exclusively of its earlier states or changes; they could be consequential on changes in the wider world. In any case, no event in it will be a consequence of anything in the 'form' which it embodies. Making this clear to Arnauld, Leibniz says that 'all bodily phenomena can be explained mechanically...without troubling whether souls exists or not'». [Woolhouse 1993, p. 185]

Pero la “materia no substancial”, materia primera, es para Leibniz tan sólo una abstracción, y los cuerpos, materia segunda, que son substanciales en virtud de la SF que poseen, pueden incluirse dentro de la armonía preestablecida, que consistiría en *la representación confusa de una SF de todo el Universo, y más claramente del cuerpo del que constituyen la unidad, cuerpo que actúa sincronizadamente con los demás en tanto pertenecen al mismo Orden y cuyas acciones coinciden con estados que emergen de su “forma”*.

«Las almas no operan sobre las cosas, según mi opinión, más que porque los cuerpos se acomodan a sus deseos en virtud de la armonía que Dios ha preestablecido entre ellos.» [4<sup>o</sup>C, §31, p. 82]

Las SF, aisladas unas de las otras y sin comunicación posible entre ellas, tornan problemático el conocimiento de los cuerpos a través de los sentidos, en virtud de que éste supone que una substancia —el alma— sea afectada por otra —un cuerpo—. ¿Es posible una interpretación semejante del así llamado fenomenalismo de Leibniz? O, como escribía Clarke,

«De acuerdo con esta hipótesis, todos los argumentos filosóficos, tomados de los fenómenos y de los experimentos tocan a su fin. Pues si es verdad la armonía preestablecida, un hombre no ve, no oye, ni siente nada, ni mueve su cuerpo, sino solamente sueña lo que hace.» [5<sup>o</sup>R, §110-6, p. 159]

---

<sup>8</sup> Leibniz [4<sup>o</sup>C, §37, p. 83; 5<sup>o</sup>C, §78-92, p. 122-6], reprocha el supuesto de un alma en la que se imprimen las imágenes percibidas por el cuerpo, pues habría que explicar cómo se da el paso de una substancia inmaterial a otra material y esto último no es hecho por Newton (Clarke pone en duda que el hecho de no conocer la causa sea prueba de su falsedad [5<sup>o</sup>R, §118-23, p. 161]).

## VI

### CONOCIMIENTO DE LOS CUERPOS

Intrínsecamente, el sistema de las sustancias formales explica la *fuerza y la unidad* de todo aquello que esté determinado por él, no obstante es necesario precisar en qué manera los fenómenos de la física se siguen o conforman a partir de aquél. Este capítulo se advocará, primero, [A] a explicar en qué sentido los fenómenos se siguen del sistema de las sustancias formales [§§75-76] y, luego, la manera concreta en que el conocimiento general de estos se conoce a partir de su determinación substancial [§§77-83]. En la segunda sección se discutirá [B] cuál es, en consistencia con lo anterior, el perfil que la ciencia debe cumplir para satisfacer tanto las exigencias metafísicas leibnicianas como sus pretensiones mecánicas [§§84-87]. Finalmente se abordará la relación de fundamentación sólida física-metafísica [§§88-92]

#### A. CONOCIMIENTO DE LOS FENÓMENOS

##### FENÓMENOS

§75 Según Furth [p. 3ss.], una sustancia formal [*monad*, mónada] es una mente consciente de un mundo [*a mind aware of a certain world*], o bien una a la que un mundo se le presenta; si bien las percepciones que tiene pueden o no ser conscientes. Este estado perceptivo de una sustancia formal es de acceso privilegiado, es decir, no hay manera de que conciencias diferentes a la mónada accedan al conjunto de percepciones de la misma. Por lo tanto, las oraciones del tipo “es como si  $\Phi$  para una sustancia formal  $x$ ”, son traducciones del lenguaje privado con el que dicha sustancia formal se expresa a sí misma sus percepciones [p. 11].

Del estado cualitativo de percepción de la misma, por otro lado, no puede inferirse ninguna otra existencia de la realidad que percibe, salvo la existencia que tiene para ella misma. En este punto, el mundo es un producto intencional de la percepción, consciente o inconsciente, de la mente que percibe, es una *expresión* de la misma.

Las diferentes sustancias formales se distinguen entre sí por sus cualidades y por nada más que sus cualidades, es decir, por las percepciones, tácitas y explícitas que cada una tiene (su *expresión*) [§61]. Es posible dado lo anterior, que una sustancia formal exprese un universo enteramente distinto al expresado por otra:

«On this hypothesis, each monad would indeed express a certain universe, but some and some another; there might be as many expressed-universes as monads» [Furth, p. 11].

Leibniz quiere evitar una conclusión semejante, y lo intenta con base en el principio de armonía preestablecida, el cual permite interpretar enunciados del tipo  $\Phi$  (que razonablemente [*ostensibly*] afirman un estado actual de eventos en el ámbito de las sustancias corpóreas), como enunciados del tipo para toda sustancia formal es *como si*  $\Phi$ . Según Furth, esto hace de la teoría de Leibniz una postura *fenomenalista*,

«[...] for it offers a reductive explication of statements of material things as translations or abbreviations of statements about perceptions.» [p. 12]

Para Furth una teoría de este tipo se enfrenta al problema de «ser engañados» respecto al mundo y sustituirlo con algún sucedáneo mental [§37]. Para salir al paso, el fenomenalismo debe satisfacer la condición de adecuación material, que requiere que los enunciados de percepción, traducción fenomenalista, expresen, de hecho, todo el contenido de los enunciados posibles sobre el mundo material en términos pre-sistemáticos [*no-residue condition*]. Por ello, en dichas teorías, (1) es posible que algo sea percibido, y tomado por cierto, por uno, varios o todos los sujetos, no obstante que no lo sea.

Otro problema al que se enfrenta una teoría que parte de las percepciones es (2) el problema de los condicionales subjetivos, es decir, puesto que existen vacíos [*gaps*] en la experiencia (puntos de vista no percibidos, percepciones conscientes interrumpidas), para dar razón de un cierto evento es necesario precisar qué *sería* perceptible si una mente se encontrara en determinadas condiciones a partir de qué es, de hecho, percibido en tales circunstancias respecto al evento. Algunas posturas fenomenalistas, como la de Berkeley, resuelven este problema recurriendo a una percepción absoluta, Dios, que garantiza que todo evento fáctico es en todo momento expresado como un enunciado de percepción; pero la de Leibniz recurre a su principio de armonía preestablecida.

El principio de armonía preestablecida de Leibniz, permite que la teoría “fenomenalista” (la que reduce los fenómenos a percepciones) satisfaga la condición de adecuación material al mismo tiempo que resuelve el problema de los condicionales subjetivos. Puesto que toda sustancia formal expresa totalmente el universo, un evento  $\Phi$  se corresponde con algún enunciado *como si*  $\Phi$  para cada una de las sustancias formales. Así, respecto de (1), resulta difícil afirmar que, si el universo es las percepciones congruentes entre sí de todas las sustancias formales, un evento que es *como si*  $\Phi$  para todas ellas, no sea verdadero. Sostener que todas están engañadas acerca del «mundo real» adolece de circularidad, pues supone de antemano un mundo independiente de las percepciones de las sustancias formales. En cuanto a (2), la completud de los puntos de vista perceptibles está garantizada por la infinitud de sustancias formales. Para la solución, no resulta necesario postular una percepción absoluta, pues todo evento es siempre percibido por una infinidad de sustancias formales, algunas lo hacen con mayor distinción y otras con menos, pero siempre alguna percibe con claridad suficiente cada evento real.

Ahora bien, la explicación que ofrece Leibniz de la reducción de los eventos materiales a percepciones varía en sus distintos escritos. A veces sostiene que los cuerpos son *agregados* de sustancias formales —“tesis de reducción por agregación”—, que tienen una posición en el espacio, si bien carecen de extensión. Otras veces, hace advertencias en contra del intento de derivar las propiedades de la materia a partir de la cantidad de sustancias formales (agregadas), y afirma que más bien se obtienen a

partir de la naturaleza de éstas y de su fuerza de acción, que consiste en la claridad y distinción de sus percepciones: En este segundo sentido, la unidad de los cuerpos proviene exclusivamente de la confusión de las percepciones que aparecen en las sustancias formales —tesis de reducción por grados de percepción—.

La tesis de la agregación conlleva la dificultad de explicar cómo surge la extensión (y las propiedades de la materia) a partir de elementos no-extensos, o sea, de explicar la continuidad de dos órdenes de cosas entre los cuales se había postulado una brecha insalvable. Esta dificultad no surge cuando la reducción se interpreta según la tesis de reducción por grados de percepción, en la medida en que se interprete a la materia no como compuesta por sustancias formales, sino como un efecto subjetivo resultante de la manera como son percibidas, o mejor dicho, del grado de distinción con el que lo son. Un cuerpo no es, así, una colección de las mismas, pues éstas no son *partes suas*. Es más bien el fenómeno del cuerpo lo que tiene su fundamento en una unificación, o mejor dicho, en una confusión irremediable de las percepciones que corresponden a todas y cada una de las sustancias formales. Así, es posible decir que un *agregado de sustancias formales es percibido como objeto físico-extenso por un "observador" humano*.

«Such is the nature of corporeal masses: they are, so to speak, beings by aggregation, the unity of which is [received] from the perceiver» [apud. Jolley, p. 159-60]

«[...] aggregates themselves are nothing other than phenomena, since beyond the ingredient monads the remaining things are added through perception alone by the very fact that they are simultaneously perceived.» [ídem, p. 160]

La unidad resultante de la intervención de la mente constituiría una característica esencial de la manera en que se perciben los agregados de las sustancias formales. Sin embargo, puede cuestionarse por qué los agregados se presentan de esta forma —pues no sólo a través de la mente son concebidos los cuerpos como extensos, sino que, sensorialmente, son percibidos como tales—, si en realidad no *son* de esta manera<sup>1</sup>. Leibniz trata de dar razón de esto apelando a la noción de materia primera, la cual resulta oscura para efectos explicativos: pues sólo difiere el problema a otra categoría, como será dicho en el siguiente capítulo [§§96ss].

Por otro lado, la *percepción* de estos agregados, en ningún caso es directa [§60]. Primero, porque no existe la acción directa de una sustancia formal (o de un conjunto de ellas) sobre otra; segundo,

---

<sup>1</sup> Cuando se analizó la crítica de Leibniz a los PF cartesianos [§13], se observó que Descartes pone en duda las características secundarias de los cuerpos (su forma, tamaño, color), mas no así la extensión de los mismos. Si bien para Leibniz la duda metódica cartesiana no supone sino la sustitución de un prejuicio por otro, él mismo no puede valerse de la interrelación *substantiae extensa-cogitans* para dar cuenta de las propiedades primarias —extensión y unidad— de la materia; pues él ha reducido éstas a las sustancias formales; las cuales, en este punto, no poseen ni siquiera extensión. Para Leibniz, pues, incluso la percepción de las propiedades esenciales de la materia constituye una tergiversación de las características de los cuerpos (agregados), basada en la propia naturaleza del universo; mientras que para Descartes sólo las propiedades secundarias eran dudosas en la medida en que provienen de los sentidos.

porque el agregado no puede encontrarse dentro de la sustancia formal que es quien percibe. La experiencia de los cuerpos se encuentra mediada por la representación que del universo tiene una sustancia formal.

Estos problemas desaparecen si se interpreta según la tesis de grados de percepción: en vez de considerar que los cuerpos aparecen como unidos y extensos, cuando no lo son, en cuanto constituyen agregados, decir que su unidad y su extensión son resultado de las percepciones de todas las monadas no supone nada detrás de la percepción de los materiales. Al percibir la unidad de un cuerpo se está haciendo referencia al “punto de vista” desde el que una sustancia formal expresa el mundo. Además, si el objeto es únicamente la percepción del mismo, el conocimiento es inmediato, pues la percepción del mundo es esencial a toda sustancia formal.

Así, mientras que en la reducción por agregación cada cuerpo está especialmente fundamentado en un sub-conjunto de sustancias formales; apelando a la tesis por grados de percepción, no sólo no existe un grupo especial de sustancias formales para cada cuerpo, sino que éste se analiza a partir del total de sustancias formales que perciben el fenómeno. Se trata, efectivamente, de dos tesis incompatibles.

§76 Siguiendo con Furth, para 1706 Leibniz se habría inclinado por una reducción francamente por grados de percepción [p. 15]. Sin embargo Leibniz sigue refiriéndose a los cuerpos como agregados incluso después de 1706 [Jolley, p. 157-9]. En 1714 sostenía que «lo compuesto no es otra cosa que un montón o *aggregatum* de sustancias simples» [M, §3]. Y dos años más tarde, en una carta decía:

«I do not indeed take away body, but I reduce it to that which it is, for I show that corporeal mass which is believed to have something over and above simple substances is not a substance but a phenomenon resulting from simple substances which alone have unity and absolute reality» [*apud* Jolley, p. 154]

Ahora, si la reducción por agregación engloba más dificultades, es más que pertinente preguntar por qué Leibniz no abandonó la interpretación de la reducción como agregación.

Una respuesta puede ser la siguiente. Ateniéndose a la tesis fenomenalista, Leibniz no podía dar razón de los requisitos que buscaba encontrar en su sistema de sustancias formales, a saber, la *unidad real de los cuerpos* y el *principio de fuerza* en los mismos [§§58, 66, 71ss]. Si un cuerpo es la percepción que todas las sustancias formales tienen de él, no posee, por sí, ninguna unidad substancial, y la fuerza dinámica (derivativa) no podría explicarse desde la fuerza primitiva de sus elementos, sería sólo en un conjunto organizado de percepciones cuya fuerza y unidad no está en ninguno de ellos; el propio Leibniz afirmaba

«Sed semper tamen mihi visum est hanc esse portam, per quam transire e re ad metaphysicam veram.» [*apud* McDonald, p. 181]

Siguiendo el desarrollo del sistema de substancias formales, como quiere Furth, se encuentra, primero, con la constante elaboración de la dinámica a lo largo de la vida de Leibniz [§4], y, segundo, con que su metafísica siempre estuvo construida a partir de su desarrollo científico y, a lo largo de esta evolución, es correcto lo que afirma Stearn:

«He never asked the question, ‘do physical bodies exist?’ but always, ‘what is the principle which makes physical bodies intelligible?’» [Stearn, p. 34]

También es plausible, entonces, afirmar con Jolley, que

«At the heart of his [Leibniz's] philosophy is the idea of synthesizing the most recent advances in physics with essentially traditional metaphysics.» [Jolley, p. 164]

Dejando de lado el papel de la «metafísica tradicional» en Leibniz<sup>2</sup>, es indispensable reconocer la impertinencia de una interpretación fenomenalista, en el sentido de eliminación de la realidad de los cuerpos, como adecuación entre enunciados de percepción del tipo *como si*  $\Phi$  con enunciados  $\Phi$  en el sentido descrito más arriba. De interpretar la condición de adecuación material como correspondencia entre enunciados de percepciones y hechos-mundanos, la reducción por agregación parece un estado no desarrollado del fenomenalismo, un lastre ideológico de la tradición escolástica, o una obsesión mecanicista.

Pero la “tesis de reducción por agregación” surgió para fundamentar las características-dinámicas de los cuerpos, distinta a las características sensibles, siendo éstas más fácilmente explicables por el fenomenalismo. Semejantes características suponen el movimiento como resultado de una *fuerza* real y no como un mero cambio de posición percibido, si bien la “tesis fenomenalista” es compatible con una noción cinemática de movimiento no hay en ella lugar para la «existencia real» del mismo.

Atendiendo, en cambio, a la adecuación entre la reducción por agregados y los enunciados de la ciencia-dinámica, el sistema de substancias formales adquiere su verdadera dimensión (que Leibniz llamaba “fundamentación sólida”), es decir, los enunciados *como si*  $\Phi$  de la metafísica deben corresponderse con otros  $F$  de la dinámica,

«By making the derivation of mechanical characteristics suffice for that of aggregational characteristics in general, Leibniz’s mechanism [attempts to] provides the machinery with which he endeavors to show the explanatory adequacy of the monadic theory.» [Rescher, p. 170]

---

<sup>2</sup> La terminología de Leibniz sólo pretende presentar su contenido de manera aceptable para los teólogos universitarios [McDonald, p.1 81], quizá motivado por su visión universal del conocimiento [Salazar, p. 18ss]. Puede decirse, en cualquier caso, que los conceptos «tradicionales», adquieren en Leibniz un sentido radicalmente nuevo, al abrir, por ejemplo, la dimensión lógica del concepto de substancia [§64-5, *v*Mittelstras, p. 59]; incluso «la distinción entre *materie prima et secunda* es sólo superficialmente tradicional» [Stearn, p. 37]: la postura de Leibniz ante la tradición escolástica, si bien es benevolente, sólo pretende evitar prejuicios que intervienen en las demostraciones [Frayle], además de que en muchos sentidos se opone a la interpretación de la filosofía clásica de la escuela [DM, §10; N, §30] y el uso que hace de las categorías clásicas es radicalmente diferente incluso del de sus contemporáneos [Woolhouse 1993; p. 54ss].

Leibniz nunca dejó de afirmar que la materia siempre está en movimiento, pero no en términos cinemáticos (ello no permite distinguir el movimiento de un cuerpo de otro, pues decir que uno está en movimiento respecto al otro supone una distinción previa), sino desde un enfoque dinámico (donde el movimiento es siempre resultado de *una* fuerza) [§98]. Así, no tardó en afirmar que la naturaleza de los cuerpos es la fuerza, pues aunque el movimiento es relativo, la fuerza que interviene en él puede ser realmente atribuida a uno de los móviles. Aún así, en el ámbito del sistema de sustancias formales, tuvo que definirla como otro tipo de movimiento o como instigación al mismo, para evitar cualidades ocultas, las cuales rechazaba tajantemente, llegando finalmente a la conclusión de que los cuerpos se distinguen entre sí con base en las propiedades de las sustancias formales de las que resultan [McDonald, p. 177], entre ellas su apetición, es decir, su *fuerza*. En este sentido las sustancias formales fundamentan la unidad-real de la física, es decir, dinámica, de los cuerpos en tanto fenómenos.

En lo sucesivo se atenderá a la interpretación de la así llamada tesis de reducción por agregación de Leibniz, por ser la más plausible de las dos principales interpretaciones de la reducción de los fenómenos a cualidades de las sustancias formales.

## GRADOS DE CONOCIMIENTO

### *Conocimiento obscuro*

§77 El estado pasajero de una sustancia formal no es otra cosa que su *percepción*, dicho estado es armonioso con el de todas las demás sustancias y por ello dice [acerca de lo tratado desde aquí y hasta el §83, u §90, *figura 8*]. Leibniz que la primera *percibe* todo el Universo [M, §14, p. 29]. Semejante estado es como el de una persona que ha caído en desmayo, quien percibe sin darse cuenta que lo hace [M, §20, p. 32]. Este es el grado más vago de conocimiento para Leibniz: el conocimiento «obscuro», que no permite distinguir la cosa representada de otras semejantes, o bien, que no permite distinguir una cosa de otra [1684, p. 171]. A partir de las sustancias formales *reales*, existe un Universo conformado por éstas y sus relaciones, también reales, *armónico-ideales* [§§67-8]. Dichas representaciones existen en toda sustancia formal por su propia Naturaleza, que consiste en percibir, y, por sí mismas, en cada una de ellas se representa lo que sucede en todas las demás, esta representación, *per se*, de las sustancias formales es un conocimiento obscuro.

Determinadas sustancias formales perciben con mayor claridad, esto es, “distinguen” —sin darse cuenta— una cosa representada de otra, se tiene, entonces, un *conocimiento claro* [1684, p. 171]. Una sustancia formal desde su «punto de vista» representa con mayor claridad a unas sustancias formales que a otras. Se constituye así un “compuesto” o conjunto de sustancias formales [§§71-2] que se afectan (idealmente) de tal manera que las que intervienen en esta relación *se representan entre sí* más claramente que las que no intervienen. Como la representación de las sustancias formales no puede ser la misma en todas, en cuanto al grado ni la cualidad, una de las sustancias formales que interviene en el

compuesto debe *percibir* y *representar* con mayor claridad que las demás al conjunto del que todas forman parte [§§62, 74]. En otras palabras, esa substancia formal *actúa* más sobre el conjunto que cualquier otra, y posee mayor *perfección* en él que todas las demás. Dicha substancia formal es «la Entelequia o Alma» del grupo [M, §62-3, p. 47].

Esta substancia formal-*entelechia* se percibe a sí misma y al mundo que representa, en ella aparecen *representaciones de sí misma* como parte del compuesto (análogas a las de las otras substancias formales del mismo, que difieren en grado de claridad). Si estas representaciones que existen en ella *en tanto parte* del agregado son tan claras como para representar en sí misma el compuesto, pero no tanto como para representar claramente a cada una de las substancias formales que intervienen, en la medida en que su percepción de *cada* substancia formal es *confusa* [§80] y la claridad llega tan sólo a representarlas como grupo, “aparecen” ciertas representaciones de cualidades en ella que sólo son representadas por el hecho de pertenecer a la colección de substancias formales.

A partir de este punto, con base en esta relación de claridad y confusión, surge un *agregado* (de substancias formales), pero este no es una mera superposición o proximidad de partes (como los animales al rebaño), sino que lo que hay en él es resultado de las representaciones armónicas de las substancias formales que lo conforman. Leibniz se vale del término «órgano», para expresar que todas sus partes están igualmente relacionadas entre sí, y contribuyen en la misma medida a lo que el compuesto es: como el cuerpo de un animal [1702, p. 6-7]. Del conjunto de estas representaciones del agregado surge, a su vez, lo que es percibido como el “cuerpo”, que pertenece al ámbito de los fenómenos.

Cada substancia formal cambia en virtud de un principio interno que la lleva de un estado a otro, es decir, según su propia apetición [§63], resultando en que también el agregado posee un principio interno del cambio, que es su *fuerza*. El cambio que percibe la substancia formal respecto al compuesto es un cambio “corporal”, de esta índole son la generación (incluido el nacimiento) y la corrupción (con ello la muerte), en consecuencia, aunque desaparece la *percepción* presente del agregado, las substancias formales que lo integran no desaparecen [M, §72-6, p. 50-2].

### *Fuerza primitiva-derivativa*

§78 Las representaciones claras de *cada substancia formal del agregado* —la medida en que cada substancia formal que forma parte de él se percibe claramente a sí misma como tal y también a cada una de las demás substancias formales—, establece la *fuerza activa* del cuerpo. El grado de confusión o el grado en que *cada substancia formal del agregado* se percibe confusamente a sí misma como tal y a cada una de las demás substancias formales que lo componen, es la *fuerza pasiva* del cuerpo. En ambos casos se trata de *fuerzas primitivas* del compuesto, pues se trata de las representaciones (claras y confusas) de las substancias formales en tanto tales [v §90, *figura* 8].

Pero en cuanto aparecen representaciones confusas en las sustancias formales, de sí mismas y las demás, como *agregado*, “surge” la *fuerza derivativa*. Las representaciones del mismo agregado-cuerpo por parte de una sustancia formal distinta a las del compuesto, dentro del sistema de sustancias formales, claras —como colección de sustancias formales— o confusas —como agregado— dan pie a una *fuerza activa (derivativa)* del agregado, y a una *fuerza pasiva (derivativa)* del mismo respectivamente.

Una sustancia formal distinta de un compuesto, cuando éste es percibido por aquélla, tiene, por su propia naturaleza, representaciones de dicho agregado conformes del todo con el estado del mismo. En el caso de una sustancia formal-*entelechia* que percibe a otra, el compuesto del que forma parte la segunda es afectado por el primero, esta acción se representará más claramente en ella que en el resto del compuesto; este proceso será llamado aquí *contemplación* para distinguirlo de la percepción como actividad de las sustancias formales. Así el cambio actual del agregado aparece en el estado de la segunda sustancia formal —o bien, esta *contempla* el cambio del compuesto—. Este cambio aparece bien como la acción de un cuerpo sobre la sustancia formal en cuestión, si esta no es consciente de sus percepciones, o como *conocimiento* si lo es, al menos de la representación del cuerpo dentro del sistema de sustancias formales.

### *Interacción entre cuerpos*

§79 Dos cuerpos, A y B, con percepciones oscuras, no son más que dos agregados de representaciones propias, confusas. Una «colisión» de ambos —la acción de un cuerpo sobre otro— es la representación que A tiene de B, más clara que la de un “cuerpo” C que “está” a mayor distancia; la cual se corresponde armónicamente con la representación de A que existe en B, en el mismo sentido más clara que la de C.

Desde A: La claridad con que A se representa a cada una de las sustancias formales que componen B obedece a su propia apetición que pasa de un estado de representación en que B aparece más confusamente, a otro en que es más claro. Tal representación se corresponde con el principio de cambio del agregado B, su fuerza. En la medida en que la representación de B es clara en A, éste ejerce una *fuerza activa* sobre aquél, derivativamente en cuanto A percibe a B como agregado y primitivamente en cuanto lo percibe como sustancia formal. Pero en la medida en que la representación de B es confusa en A, éste padece derivativamente en tanto el estado es la percepción de B como cuerpo y activamente por lo que toca a la percepción del mismo como conjunto de sustancias formales, esto es la *fuerza pasiva* de B. Recíprocamente se explica la fuerza activa de B y la pasiva de A. Esta interrelación es la *acción recíproca* que se ejerce entre A y B.

### *Conocimiento claro-confuso: conocimiento sensible*

§80 Si, en cambio, una sustancia formal se «da cuenta de sus percepciones», de las “acciones” que ejerce, dice Leibniz, *se apercibe* [M, §23, p. 33] de las mismas. El sentido coloquial de “percepción” — distinto al de Leibniz— se corresponde con este hecho. Que una sustancia formal *se aperciba* es que se «dé cuenta» de su propio estado que, por ser armónico con el Universo, representa otras sustancias formales o compuestas. Una apercepción supone un nivel mínimo de claridad, el nivel más básico de una *apercepción*, es la sensibilidad de los animales [M, §25, p. 33] —que son ya *agregados* y que resultan en la *contemplación* del compuesto por su sustancia formal-*entelechia* como “vivos”—, en los que hay un conocimiento claro, pero confuso —pues no es posible distinguir las características que diferencian a un objeto de los demás [1684, p. 172]; en algunos de los cuales puede observarse cierta memoria, o sea, la apercepción de algo que no es *actualmente* percibido [M, §26, p. 26], de ello nace un cierto “conocimiento” por costumbre [M, §27, p. 34].

En los hombres (con un conocimiento *confuso* del *agregado* que son —y “poseedores” en esta medida de un cuerpo—, pero más claro de la sustancia formal-*entelechia* que los gobierna —que es el «Alma racional»—), el nivel de los conocimientos *claros-confusos*, los conocimientos sensibles, permite distinguir objetos «los unos de los otros por el simple testimonio de los sentidos y no por los signos del lenguaje», pues si bien permiten reconocer un color de otro, no es posible decir en qué consiste la diferencia entre ellos (entre el azul y el rojo, por ejemplo) [1684, p. 172]; se trata, pues, de la *apercepción* (confusa) de los agregados de sustancias formales. Cuando un agregado no-apercebido aparece con cierto grado de claridad en la representación de una sustancia formal, y esta se apercibe de ello, se tiene la contemplación de un “cuerpo inerte” por parte de un “vivo”, es el nivel cotidiano del mundo sensible [§10].

### *Conocimiento claro-distinto: conocimiento de nociones*

§81 El conocimiento *claro-distinto* es aquel que «con ayuda de medios distintos y signos de comparación» permite distinguir el objeto de los demás [1684, p. 173]. En este grado están las nociones directamente derivadas de los sentidos (extensión, magnitud, número, figura), un mayor grado de claridad de la apercepción de agregados, y «varias afecciones del alma» (esperanza, temor), es, así, el primer grado de *apercepción* clara de sí misma de la sustancia formal-*entelechia*: es decir, para todas aquellas de las que existe «definición nominal, la cual no es otra cosa que una enumeración de los signos distintivos suficientes». El conocimiento *claro-distinto* puede serlo de nociones primitivas o de nociones compuestas.

En el primer caso se trata de una cosa indefinible y cognoscible sólo por sí misma —cuando «sólo es signo de sí misma»—. Se trata de «ideas simples cuya definición no puede darse [...] *principios*

*primitivos*, que no pueden ser probados y que no necesitan de ello» [M, §35, p. 37]. Aparecen en la sustancia formal *representaciones* que le conciernen en cuanto tal. De este tipo es

«[...] el conocimiento de las verdades necesarias y eternas [que] es el que nos distingue de los simples animales, y nos hace tener la *Razón* y las Ciencias, elevándonos al conocimiento de Dios y nosotros mismos.» [M, §29, p. 35]

Además, *por este conocimiento*, se ejercen «*actos reflexivos*». Dichos actos no son más que la clara representación, primero, de la propia individualidad de la sustancia formal, el «Yo» de la misma [M, §62, p. 47] [*u supra* §13], a partir de la cual se *apercebe de su ser*, en consecuencia del «ser», de que está representando el Universo, por lo tanto del mismo, y de los principios *por* los que percibe, y el conocimiento como tal —es decir, por los que *es*—. Por ello los actos reflexivos están basados en los dos grandes principios del sistema de sustancias formales;

«[...] *el de razón suficiente* en virtud del cual consideramos que no podría hallarse ningún hecho verdadero o existente, ni ninguna Enunciación verdadera, sin que haya una razón suficiente para que sea así y no de otro modo. Aunque estas razones en la mayor parte de los casos no pueden ser conocidas por nosotros.» [M, §32, p. 36]

«[...] y el de no] *contradicción*, en virtud del cual juzgamos *falso* lo que implica contradicción, y *verdadero* lo que es opuesto o contradictorio a lo falso.» [M, §31, p. 36]

### *Conocimiento claro-distinto inadecuado*

El conocimiento *claro y distinto de nociones compuestas* es al que se accede a través de distintas nociones, que, si se conocen *confusamente* (en tanto son representaciones de agregados) producen un conocimiento *claro-distinto-inadecuado* (como quienes ensayan el oro mediante nociones como la gravedad, el agua fuerte y el color, sin conocer *claramente* los medios de que se sirven, bien que, mediante éstos, conocen *clara y distintamente* el oro), así, se corresponde con un nivel más o menos “técnico” del “mundo material”. Pero, si en el conocimiento *claro y distinto de nociones compuestas*, estas se conocen claramente (si se refiere a la sustancia formal), resulta un conocimiento *claro-distinto-adecuado (de nociones compuestas)*, al que el conocimiento de los nociones números se acerca mucho [1684, p. 173ss], y este es, propiamente, el nivel de la ciencia en cuanto sistema teórico o bien, en su nivel explicativo.

### *Conocimiento claro-distinto adecuado*

§82 Ahora bien, en el conocimiento (claro-distinto) adecuado de un objeto, se omite la naturaleza de las nociones que intervienen —dándolas por sabidas—, y se atiende exclusivamente al *signo* de las mismas, en virtud de que el «pensamiento [o representación] actual» está puesto en otra parte: así, al pensar en un *quilógramo*, no se atiende al conocimiento distinto de “lado” ni de “recta”, o de “mil” o “número”. Cuando así se tiene un conocimiento adecuado, las nociones que lo componen se presentan actualmente *obscuras*, y se trata de un conocimiento adecuado-simbólico (o ciego): es, obviamente, el

caso de la geometría y la matemática. Si, en cambio, tales nociones son actualmente *claras*, el conocimiento es *intuitivo*.

El conocimiento *claro-distinto-adeecuado-intuitivo* sólo lo es de una noción distinta-primitiva (porque en ella se atiende *exclusivamente a su propia noción*, es decir, exclusivamente a la representación de la sustancia formal de sí misma), mientras que el de las nociones compuestas es *simbólico*, en el que el error es común en la medida en se dan por sentadas las nociones que lo componen sin ser analizadas cabalmente.

Las definiciones correctas, aquéllas que no encierran contradicción —como no ocurre con las *ideas falsas*—, y de las que además se demuestra su posibilidad [y cumplen con el principio de contradicción], es decir, aquellas que además son reales [principio de razón suficiente], son las *ideas verdaderas*. El Alma de un hombre, su sustancia formal-*entelechia*, *se representa más claramente a sí misma*. Esto quiere decir que encuentra (en sí misma, en el «Yo») que no hay contradicción en ella y que hay una principio de razón suficiente de sí. En la medida que las representaciones del Universo se le presentan con mayor claridad estas aparecen como supeditadas al principio de no contradicción y al principio de razón suficiente. Así, la primera de las ideas intuitivas es el «Yo» [DM, §17], y la primera de las simbólicas es «mi cuerpo» [u DM, §6-7].

Una *idea verdadera* puede conocerse descomponiendo las nociones que la integran en otras cuya posibilidad es real, en cuyo caso se conoce *a priori*. Estas son las *verdades de razón*, que es necesaria [principio de razón suficiente] y cuyo opuesto es imposible [principio de no contradicción], es decir, que satisface por sí misma los dos principios del razonamiento [M, §33, p. 36]: es la representación clara de las sustancias formales como tales.

### *Conocimiento empírico*

§83 Cuando se conoce una cosa real a través de la experiencia —«lo que existe en acto es necesariamente posible»—, se trata de un conocimiento *a posteriori*. Se trata de la contemplación de agregados, este conocimiento produce *verdades de hecho*, cuya razón suficiente no radica en ellas mismas, y que son, así, contingentes; y cuyo opuesto [principio de no contradicción] es posible [M, §33, p. 36]. La razón suficiente del mismo descansa en otros eventos, y el principio de no contradicción supone, primero, que su definición nominal no sea contradictoria, y, para considerarlo verdadero es, además, necesario «no admitir nada como cierto que no esté probado como una ciencia exacta o por una demostración sólida [...] o, por lo menos, admitidas como hipótesis, y en este caso la conclusión es hipotética» [1684, p. 178]. Ello no podría ser de otro modo dado que el “plano contingente” de los cuerpos es, *per se*, representación confusa de un agregado. La necesidad última de éste descansará en las verdades de razonamiento, en la naturaleza de las sustancias formales que lo componen, que es la misma que la de la sustancia formal que lo contempla.

## B. LA CIENCIA DE LOS FENÓMENOS

### §84 EL CARÁCTER DE LA CIENCIA

«The mechanical philosophy conceived of the world as ultimately one of collisions between moving material bodies. It naturally supposed that what happens in these collisions is not arbitrary, but law-governed and regular; and much intellectual effort was devoted to the discovery and formulation of these rules.» [Woollhouse, 1993, p. 94]

Este mecanicismo, imperante en el s. XVII [§§3, 51ss.], llevó a lo que Leibniz consideraba un abuso de la aproximación geométrica en física [§§8, 84], del que acusa, entre otros, a Descartes: «Si la naturaleza del cuerpo consistiese en la extensión, esta extensión sola debería bastar para dar razón sola de todas las propiedades del cuerpo. Pero esto no ocurre nunca.» [1691, p. 181-2]. El análisis matemático de la naturaleza arroja ideas que no son en sí mismas contradictorias nominalmente, pero cuya posibilidad implica contradicción con conceptos más generales y cuya posibilidad sí implica un absurdo. Estos abusos son tres: (1) la realidad de la extensión, (2) el atomismo y (3) la conservación constante del movimiento.

[1] El abuso de la realidad de la extensión [u supra 44ss.; *infra* 88ss]

Según Leibniz la realidad absoluta de la extensión es uno de los errores memorables de Descartes, uno propio de un geómetra. Al considerar la extensión se *supone* “algo” que se difunde. La difusión puede ser de un doble tipo: discreta, cuando las partes del compuesto pueden observarse, y continua, cuando las partes están indeterminadas. Además, estas partes pueden disponerse en un lapso de tiempo, en cuyo caso la difusión es sucesiva, o ser coexistentes y disponerse en el espacio, en cuyo caso la difusión es simultánea. Según estos dos criterios, la extensión debe considerarse como una difusión continua simultánea.

«Y como la extensión es una repetición continua simultánea, [...] cada vez que una naturaleza está difundida simultáneamente en muchas, como en el oro la ductibilidad, el peso específico o el color amarillo [...], o en el cuerpo de forma general la **resistencia o impenetrabilidad, decimos que tiene extensión**, aunque hay que reconocer que tal difusión continua, en el caso del color, del peso, de la ductibilidad y semejantes, homogéneos sólo específicamente, no es sino aparente y no se da en las partículas más pequeñas, mientras que, para un técnico riguroso, sólo la extensión de la **resistencia difundida por toda la materia merece en rigor este nombre.** » [1702, p. 2]

Esto “algo que se difunde” es el principio activo *de la materia* [το δυναμικη].

[2] El abuso del atomismo [§§26, 36ss.]

El mismo abuso está presente en las consideraciones atomistas de la materia, puesto que los átomos, después del choque, supuesto que sean reflejados hacia puntos distintos, —en su carácter de «cuerpos sumamente duros y, por tanto, inflexibles»—, se produciría un cambio en el movimiento por salto, pues los cuerpos cambiarían instantáneamente su dirección o bien, habría un cambio abrupto del

movimiento al reposo, y en el mismo punto un nuevo salto hacia el movimiento en dirección contraria. Dichas características de los átomos ofrecen, para Leibniz, otro frente de objeciones a los mismos, pues no es posible que exista un cuerpo totalmente sólido [§84]. Amén de que los átomos no explican la verdadera unidad de los cuerpos [§§57ss].

A partir de estos átomos materiales —prevalecientes en la época—, Leibniz desarrolla la teoría de “átomos formales” —concebidos a partir de las sustancias formales— “puntos metafísicos”. Estos átomos formales constituyen, en efecto, el orden de la Naturaleza:

«But *atoms of matter* are contrary to reason, quite apart from being composed of parts, since the invincible attachment from one part to another (even if could rationally be understood or imagined) could certainly not take away the difference between them [the parts]. It is only *atoms of substance*, that is to say real unities absolutely devoid of parts, that can be the sources of actions, and the absolute first principles of the composition of things, and as it were the ultimate elements in the analysis of substances. They might be called *metaphysical points*; they have *something of the nature of life* and the kind of *perception*, and *mathematical points* are their *point of view* for expressing the universe. But when a corporeal substance is contracted, all its organs together make what to us is only a *physical point*. Thus the indivisibility of physical points is only apparent. Mathematical points are really indivisible, but they are only modalities. It's only metaphysical or substantial forms (constituted by forms or souls) which are both indivisible and real, and without them there would be nothing real, since without true unities there would be no multiplicity.» [NSI, p. 16]

### [3] Conservación del movimiento [§§24 (y *figura 1*), 48]

Además, tampoco el movimiento es meramente geométrico. Leibniz presume haber mostrado que, estimando así el movimiento, todo cuerpo comunicaría enteramente su movimiento a cualquier otro en reposo con el que se encontrara, incluso siendo el receptor infinitamente grande y el emisor infinitamente pequeño.

«A partir de lo cual demostraba a continuación que si sólo se apreciaban en los cuerpos las nociones matemáticas, la magnitud, la figura, el lugar y sus cambios respectivos, o en el mismo momento de la colisión los conatos de cambio, sin ningún conocimiento de las nociones metafísicas, de una potencia que evidentemente actúa en la forma, y de una inercia o resistencia al movimiento de la materia, y si fuera necesario que el resultado del concurso se determinara, como explicamos, únicamente por la composición geométrica de los conatos, entonces debería seguirse la comunicación de los conatos del colisionante, aunque sea mínimo, a todo receptor, aún siendo máximo, y a tal punto una cosa máxima en reposo sería arrastrada por el colisionante, por pequeño que sea, sin ninguna demora de éste, siendo así que en tal noción de la materia no se contiene ninguna repugnancia de ésta al movimiento, sino más bien indiferencia [...]. Puesto que estas cosas, y muchas otras de la misma índole, son contrarios al orden real y pugnan con los principios de la auténtica metafísica.» [EDI, p. 69-70]

En efecto, la consecuencia final de este abuso sería que no habría manera de determinar el movimiento como tal. Si un cuerpo A choca con otro B, dice [1691, p. 182-5]; de ser este *pura extensión en términos geométricas* sería indiferente a A, y se movería con él después del impacto. Sin embargo ello no

es así, pues B ofrece una resistencia a A en proporción a su magnitud. Incluso considerando el cambio, en términos geométricos, se obtendrían unas leyes del movimiento completamente equivocadas como sucedió a Descartes [§§20ss], y la falsa idea de la conservación de la cantidad de movimiento.

Así, dados 1-3, Leibniz llega a la conclusión siguiente

«[...] en lo corpóreo hay algo más que extensión, anterior incluso a ésta, a saber: la propia fuerza de la naturaleza inserta en todas partes por el Hacedor, que no consiste en una facultad simple [...], sino que se asienta en un conato o esfuerzo, que tendrá efecto pleno, a no ser que se vea impedida por una tendencia contraria [...], puesto que el actuar es el carácter de las substancias, mientras que la extensión no significa otra cosa que la continuación o difusión de una substancia ya presupuesta que se esfuerza y se opone, esto es que resiste, tanto dista de poder constituir la misma substancia [...]» [EDI, p. 56-7]

§85 Estos abusos prueban, para Leibniz, que la naturaleza de los cuerpos-materiales no es meramente geométrica. Cuando los experimentos de Huygens, Wren y Wallis demostraron que en los sistemas de colisiones la cantidad de movimiento no se conserva constante, en general se tendió a rechazar, también, la idea de que algo se tenía que conservar constante en ellos. Leibniz, en cambio, creía que la *fuerza* esencial de todo lo existente debía conservarse en la naturaleza

«Yo sé que últimamente muchos doctos varones se han visto obligados a reconocer, contra los cartesianos, que no se conserva en la naturaleza la cantidad de movimiento; pero como habían considerado a esta como la única fuerza absoluta, han concluido que ya no permanece en la naturaleza ninguna fuerza absoluta y se han refugiado en admitir sólo la conservación de la fuerza respectiva.» [1702, p. 12]

En un extremo de esto Malebranche [§22] había establecido que la sola voluntad de Dios establece las determinaciones de los choques de cuerpos. Leibniz rechaza la interpretación ocasionalista de Descartes que hace aquél [u Woolhouse 1993, p. 134ss], según la cual el movimiento es *siempre* causado por Dios. Leibniz está de acuerdo con Malebranche en que, propiamente dicho, no existe acción de un cuerpo, en tanto extensión, sobre otro, y en que la materia no puede dar razón del movimiento

«What Malebranche has failed to see is that ‘one of the important reasons’ there are for denying that body can act on mind (namely that there is no activity or force in something understood as merely extended) also shows that ‘matter is something different from mere extension’». [Woolhouse 1993, p. 142]

Así, aunque la ciencia debe sostener una relación con «algo superior», Leibniz no acepta una explicación en la que Dios debe intervenir para la *explicación de los fenómenos*, lo cual es, para él, un mero *deus ex machina* [§4]. Pero la razón de su objeción es tan mecánica como metafísica.

La tesis de Malebranche, es un error de procedimiento en tanto que mecánicamente no se debe explicar la naturaleza de los cuerpos apelando a Dios [1702, p. 2, 10-1]. Pero es también un error metafísico toda vez que decir que Dios otorgó a los cuerpos en la creación la Ley de la actividad no es

más que afirmar que dio, al mismo tiempo aquello mediante lo cual la ley puede ser observada; de lo contrario debería él mismo procurar siempre desde fuera del orden la observancia [sic] de esa ley.» [1702, p. 9].

«El mundo que Leibniz concibe es un mundo regido por un estricto mecanicismo sabiamente compuesto en el comienzo por su artífice, y que no necesita posteriores cuidados y reparaciones. En orden a ello toda explicación no mecánica de un fenómeno natural ha de quedar rechazada y ridiculizada.

»A este respecto también la ley de la conservación de la “vis viva” es una superación consciente y notoria de la ley cartesiana de la conservación del movimiento.» [Salazar, p. 208]

Precisamente es esto lo que distingue su teoría de la de Newton, pues

«Casi todos, si no todos, los problemas dinámicos que resolvió Newton, podrían resolverse igual aplicando el principio de Leibniz [de la fuerza viva], combinado con el de Descartes allá donde este pudiera aplicarse. Aún más, los principios del momento lineal y de la energía son enunciados relativos a la totalidad del sistema; no exigen, como ocurre con las leyes de Newton, subdividir éste en partes.» [Truesdall, p. 107]

§86 Respecto al carácter del constructo teórico, Freudenthal observa [p. 59-66] que la discusión entre Clarke y Leibniz arroja, a través de la metáfora del reloj, una discusión acerca del perfil de la ciencia.

La gravedad en términos newtonianos es una característica universal de los cuerpos que no se encuentra en sus partículas constitutivas. El origen de la atracción entre los cuerpos puede ser resuelto (i) mediante una explicación mecánica (como lo hizo al suponer partículas de materia), como (ii) una acción a distancia ejercida por un agente no-material (al, ser atribuida a Dios) o (iii) suspendiendo el problema (al admitir que no puede ser explicada) [Freudenthal, p. 55] [*u supra* §39].

[ii] La gravedad es sólo un problema a partir del duro dualismo mente-cuerpo cartesiano-leibniziano, Para Clarke (como para More antes que él) este dualismo es inaceptable: en el mundo hay más que materia y no-materia (espíritu), hay elementos intermedios que explican perfectamente la acción a distancia de los cuerpos. En cambio, asumiendo aquella radical dicotomía, el único camino abierto para Leibniz implicaba afirmar que la transmisión de la fuerza, en física al menos, era debida al sistema de impactos o colisiones [*u Salazar*, p. 212].

Newton debe asumir que Dios es causa de esa supuesta propiedad universal que él llama gravitación, si es que ha de dar alguna razón de ella (por vaga e impenetrable que sea) [§42]. Precisa también de su intervención para garantizar la subsistencia del actual estado del universo. Ambas dificultades son atendidas por Leibniz en el mismo sentido, a saber atacando la solución extra-natural que se les da. Leibniz no se opone a la atribución de una fuerza de atracción de los cuerpos, sino a la interpretación de la misma a la luz del sistema del mundo. En un manuscrito dice:

«Mr. Roberval supposed in his *Aristonque* that each part of matter of which the universe is composed has a certain property by means of which they all are carried

towards one another and reciprocally attract each other. Mr. Descartes... find this quite absurd and says that to conceive this, one must suppose that each part of the universe is animated...and even that this souls are intelligent and quite divine in order to be able to know what happens in places very distant from them...and to exercise their power there. This suppositions of Mr Roberval is just the same as that of Mr. Newton.» [apud Freudenthal, p. 56]

Y en otro lugar afirma que

«Según ellos [Newton y sus seguidores], Dios tiene necesidad de poner a punto de vez en cuando su reloj. De otro modo dejaría de moverse [...]. Esta máquina de Dios [la creación] es también tan imperfecta que está obligado a ponerla en orden de vez en cuando por medio de una ayuda extraordinaria, e, incluso, a repararla, como haría un relojero con su obra.» [1<sup>o</sup>C , p. 51-2]

La postura es en si misma absurda pues así como un relojero más sabio haría un reloj que conserve su precisión más tiempo que el realizado por un novel, un Creador que sea *omnisapiente y omnipotente* crearía una máquina perfecta en sumo grado [2<sup>o</sup>C , p. 59], es decir, una que jamás pierda en precisión. Los enunciados de la ciencia han de explicar la naturaleza recurriendo exclusivamente al orden del mundo natural, la distinción entre lo natural y lo sobrenatural sigue siendo válida incluso respecto a Dios: lo sobrenatural es una excepción a las leyes naturales, lo natural es el orden de los elementos que lo constituyen [3<sup>o</sup>C, §13-5, p. 70-1]; el recurso de enunciados fuera del orden natural en la ciencia (que Dios intervenga para restituir ciertas fuerzas) constituye un acto "sobrenatural", si la ciencia recurriera a enunciados ajenos al orden de la naturaleza no sería un conocimiento propiamente científico<sup>3</sup>.

{...} we must [accept] a contradiction in Newton's view themselves [...]: on the one hand , as a contradiction between his practical procedure and his comments on this procedure, and, on the other, as a contradiction between various remarks concerning his methods of procedure.» [Freudenthal, p. 66]

Si las cosas creadas dicen dependencia del Creador, entonces el mundo depende de lo perfectísimo, dependencia que se mostrará como perfección. Si fuese necesario restituir las fuerzas que se pierden en el Universo habría imperfección en Dios mismo, pues Él bien podría haber evitado esa falta desde el comienzo en vez de generar "remedios" para los males de *su* creación. Él actúa siempre lo más *regular y perfectamente* posible, no tiene necesidad de cambiar el orden de las cosas una vez creadas

---

<sup>3</sup> Según Clarke, [i] para Dios desde el comienzo era claro que la presente estructura de la Naturaleza, habría de ser renovada y ese suceso no es para él una rectificación. Clarke entiende la postura de Leibniz, de un Universo que no requiere su intervención, como dar desde el principio curas que eviten los males de la misma, y, para él, que Dios intervenga en el Universo no constituye un mal [2<sup>o</sup>R, §8-9, p. 64-5]:

«Las "fuerzas [o principios] activas" que hay en el Universo disminuyen ellas mismas de modo que necesitan nuevos impulsos; en el edificio del Universo no hay caos ni imperfección, ni desorden, sino que éstos son consecuencia de la naturaleza no las cosas dependientes. La cual dependencia de las cosas no es asunto que haya menester de ser rectificada.» [3<sup>o</sup>R, §14, p. 75-6].

[3°C , §16, p. 71]; la dependencia de Dios se presenta como perfección del sistema de la naturaleza [4°C , §39-40, p. 83-4]

«[...] los que se imaginan que las almas pueden dar una fuerza nueva al cuerpo y que Dios hace otro tanto en el mundo para corregir los defectos de su máquina aproximan en exceso Dios al alma, dando demasiado al alma y demasiado poco a Dios.» [4°C , §32, p. 82]

§87 Por tanto la ciencia mantiene *cierta* relación con la metafísica. Sin embargo, no cualquier relación. Siguiendo a Gale [1970], las determinaciones metafísicas de los cuerpos, las propias de su *substancialidad*, pueden considerarse, desde el ámbito científico, como entidades primitivas de un nivel científico explicativo con las que el nivel de los fenómenos mantiene una relación causal o derivada

«[...] if P1 is a property in the phenomenal level, then there exists some particular property P on the explanatory level, and the mathematical description of P1 may be generated by some operation on the mathematical description of P.» [Gale, 1970; p. 228]

Por ello Leibniz asevera que el mundo corporal de los fenómenos no funciona mediante la intervención de Dios (tan sólo lo hace en virtud del principio de armonía preestablecida que estableció en él [§§67ss]). Para Leibniz la Naturaleza es un *sistema regular y constante* de fenómenos, que es el nivel descriptivo de la ciencia. Dicho sistema es susceptible de explicación a través de enunciados —leyes naturales— que son el nivel explicativo de la ciencia. El nivel explicativo expresa la Naturaleza en virtud de su orden: «[...] Dios concibe los cuerpos como máquinas al modo de un arquitecto según *las leyes de la magnitud o las matemáticas*, y ciertamente para uso de las almas [...]» [EDI, p. 74].

En cambio, la teoría de Newton precisa de la intervención divina en los cuerpos para explicar su comportamiento: parte, pues, del *sistema de la naturaleza* como concepción pre-teórica de los enunciados (nivel descriptivo) del mismo. Newton se asiste de la intervención de Dios para restituir ciertas fuerzas; lo cual no se opone a su concepción del objeto de la ciencia, pues los enunciados del sistema describen el estado *actual* de las cosas, ajenos a una concepción pre-teórica del mismo e independientemente del nivel explicativo.

Sin embargo, no basta la sola regularidad para determinar el carácter científico de un enunciado, aún si la gravedad es *universal como fenómeno*, al no desprenderse de las cualidades de los elementos, no deja de representar una especie de «milagro», como expone a Boyle:

«The occasionalists 'introduce a miracle which is no less one for being continual... [A] miracle differs intrinsically and through the substance of the act from a common action, and not by an external accident of frequent repetition' [Leibniz]. So long as God is acting *directly* on the world, then, no matter how regular, the resulting events are miraculous.» [Woolhouse 1993, p. 145]

El supuesto explicativo permite a Leibniz afirmar que, el que se desconozca la causa de la gravedad no permite suponer que ésta sea sobrenatural, y, si la gravedad no es *explicable* por las

cualidades de los cuerpos en un nivel *explicativo*, se trata de una «propiedad oculta» o milagro constante. Un enunciado en ciencia debe basarse en las hipótesis acerca de los *fenómenos mismos*. Lo que está en discusión es, pues, el nivel de los enunciados científicos (descriptivo o explicativo), y qué debe ser considerado como un enunciado no-científico, así como el carácter del objeto de la ciencia, y qué no debe serlo.

Leibniz ve un problema en el nivel explicativo en el hecho de que, según Newton, (a) Dios percibe a través del espacio, como su *sensorium*, la totalidad de su creación y alega que (b) si requiere de un órgano para sentir las —esto es, padecerlas— entonces no dependen enteramente de su voluntad, (c) porque sólo se padece lo que de algún modo es externo. Si así fuera, serían externas en algún sentido a Él: en cuyo caso (a) no dependerían de Él, lo cual es preciso para explicar la gravedad [1<sup>o</sup>C. , p. 51], se tienen, una vez concedida la intervención de Dios en el sistema, enunciados contradictorios, no en el nivel descriptivo, sino en términos explicativos.

De acuerdo a Leibniz el sistema de la naturaleza se asemeja a los relojes científicos de la época—contrario a los relojes artesanales que precisaban ser ajustados diariamente—. No obstante un científico no puede observar el mecanismo del aparato. La ciencia consistiría en observar las manecillas del reloj a modo descriptivo y en tratar de ofrecer una explicación acerca de su engranaje.

«It thus follows that every scientific theory will be evaluated by how far the natural appearance follows with necessity from the asserted natural laws, without however there being any justification for the dogmatic assertion that the scientific theory is the only one possible. [...] If, therefore, there is no means of distinguishing one of these possible hypothesis as the true one, then that hypothesis should be chosen which is more intelligible» [Freudenthal, p. 64]

## FUNDAMENTACIÓN SÓLIDA DE LA FÍSICA

§88 La *Fuerza*, que constituye la realidad última de los cuerpos, aparece en ellos ante la razón, a decir de Leibniz, en todos los lugares. Aún si no se percibe a través de los sentidos, pues no es una cualidad *exclusiva* de los fenómenos,

«[...]esta fuerza] no debe ser ya atribuida a Dios mediante un milagro, es preciso, por cierto, que aquella fuerza sea engendrada en los propios cuerpos por Él mismo, más, aún, que constituya la naturaleza última de los cuerpos[...]» [EDI, p. 56]

A lo largo de una discusión acerca de la percepción humana y divina [§87], sale a la luz la perspectiva acerca de en qué consiste el “fundamento sólido” de la ciencia. Una analogía dada por Newton acerca de la percepción de las cosas por parte de los hombres y la relación de los objetos con Dios [§37]<sup>4</sup>, es atacada duramente por Leibniz porque la cuestión de la relación del Mundo con su

---

<sup>4</sup> La confusión consistiría, en opinión del newtoniano, en una analogía con la mente del hombre, pues así como éste percibe *las imágenes de las cosas* por la presencia de estas ante sus sentidos *como si fueran las cosas mismas*, Dios percibe el mundo sólo que *como realidad*, del mismo modo más no por los mismos medios [Rada, 1<sup>o</sup>R, p. 54]. Leibniz cita un pasaje en el que literalmente se afirma la existencia de un *sensorium* (a), y dado que ello significa

fundamento (Dios) acaba siendo reducida “al misterio de la comunicación de las substancias” y de la percepción. El problema va más allá del fenómeno descrito por Clarke en su correspondencia, la cuestión se centra en el *método* de fundamentación de Newton.

Newton parte de *ciertos* fenómenos y deduce (mediante análisis) determinadas propiedades de los cuerpos que, luego, da por sentadas para explicar otros fenómenos (lo que él mismo llamaba método analítico-sintético). Leibniz, en cambio, propone hipótesis a partir de los fenómenos y deduce, de ellas, las explicaciones de los mismos (toda vez que un fenómeno contravenga la hipótesis, ésta debe ser reevaluada). Admitiendo la posibilidad de cometer errores en el nivel descriptivo —como el no proporcionar una causa para la gravedad— y en el explicativo —tal como la intervención de Dios en términos causales—. En su fundamentación metafísica Newton no puede ofrecer ni la descripción de un modelo *consistente* (toda vez que no se explica el *modo* en que se relacionan el sistema de la Naturaleza y Dios), ni explicar su relación con los fenómenos (pues los fenómenos, como la gravedad, no se siguen de las propiedades de los cuerpos [§§39-42]).

El carácter sistemático de la ciencia que exige Leibniz para la misma consiste en demandar que, más allá del satisfactorio potencial explicativo de la ciencia, su fundamento *metafísico* sea sólido y que mantenga una relación lógico-causal con la ciencia y los fenómenos. En otras palabras, Leibniz

---

«órgano de la sensación» se sigue (b): Dios percibe todo no por presencia, corrige, sino por operación [Rada 2<sup>o</sup>C, p.58]. En su respuesta dice Clarke que *sensorio* es el lugar de la sensación, no el órgano —el oído es órgano no sensorio—, además se trata sólo de una analogía. Por otra parte, la presencia ciertamente no es suficiente para percibir, pero sí necesaria —como resulta obviado del hecho de que los seres inorgánicos están presentes y no perciben y de que los orgánicos no perciben si no están presentes—; las almas —continúa la respuesta— no están en un sólo punto y no puede ser probado: así como el espacio no puede ser dividido no puede serlo tampoco el espíritu, y esto prueba que el alma no se encuentra en un solo punto y termina diciendo que no es por la sola presencia o acción por la que Dios percibe las cosas en verdad, sino «por su ser viviente e inteligente» y del mismo modo, en menor grado, percibe el hombre [2<sup>o</sup>R, p. 63]. Sobre la percepción, Leibniz comenta que aunque la *sola presencia* es necesaria para la formación en alma de las imágenes de las cosas, Dios no está presente en las cosas como el alma de los hombres, por su situación, sino por su esencia y su presencia se manifiesta como operación inmediata: en el caso del alma humana habría que explicar —continúa— cómo se *apercebe* de lo que está fuera de ella [3<sup>o</sup>C, p. 70]. De acuerdo con Clarke Dios está presente esencial y substancialmente a cada cosa, aunque, respecto a la comunicación del cuerpo con el alma de los hombres:

«No sabemos cómo el espíritu de un vidente ve las imágenes a las que está presente. Pero estamos seguros de que no puede percibir aquello a lo que no está presente, porque nada puede obrar o realizarse donde no está.» [3<sup>o</sup>R, p. 75]

Clarke había sostenido una analogía entre la acción de Dios sobre las cosas y el modo de percibir de una persona, y aunque no especifica cómo opera esto último, pero sí sostiene la comparación. *Sensorium* le parece a Leibniz un término poco conveniente para designar la percepción de Dios de las cosas, quien las *apercebe* en sí mismo, la palabra hace pensar que, en cambio, las conoce como *externas a él*. El espacio es el *lugar* de las cosas, y no el lugar de las ideas de Dios, salvo que se considere aquél como *algo* que hace las veces de unión entre Dios y su creación. Y la comparación con el alma es desafortunada porque ésta conoce en virtud de un principio representativo que Dios ha puesto en ella, pero Dios conoce porque produce los cuerpos:

«Las imágenes de las que el alma está inmediatamente afectada, están en ella misma, pero responden a las del cuerpo. La presencia del alma es imperfecta, y no puede ser explicada más que por ésta concordancia [entre los objetos y el alma]. Pero la de Dios es perfecta y se manifiesta por su operación.» [4<sup>o</sup>C, p. 35]

Clarke abandona la discusión en este punto [4<sup>o</sup>R, p. 24-8], aunque esta controversia da lugar a un problema fundamental en el pensamiento de Leibniz, a saber la manera en que *Dios actúa en el mundo, pues siendo Dios el principio, no sólo causal, sino constituyente, del Universo se encuentra presente en él*.

prescribe que «[...] todos los fenómenos corpóreos pueden [puedan] derivarse de causas eficientes mecánicas, [nivel descriptivo de los fenómenos...] y [que] las mismas leyes mecánicas en general se derivan [deriven] de razones superiores[nivel explicativo científico...]» [EDI, p. 73].

La explicación *sistemática* de las cosas en Leibniz requiere de la articulación de las leyes generales de la metafísica con las particulares de los fenómenos. Esta relación no surge sólo de la preferencia de un sistema explicativo sobre otro con base en su compatibilidad con los principios metafísicos. De la propia relación de los fenómenos con la metafísica nace la explicación de éstos.

«Pero luego, tras escrutarlo todo con mayor profundidad vi en qué consistía la explicación sistemática de las cosas, y advertí que aquella hipótesis anterior de la noción corpórea no era completa [...], añadiendo las leyes metafísicas correspondientes a las leyes de la extensión, nacen estas mismas reglas del movimiento, que había llamado sistemáticas [...]» [EDI, p. 70]

Así, la concepción de los cuerpos a partir de la fuerza de los mismos nace del estudio de la materia a la luz de las leyes de la metafísica. De manera que dicha explicación no sólo es *consistente* con los postulados metafísicos, sino que surge de estos mismos. A su vez, en el sistema de sustancias formales, la consideración de los fenómenos lleva a la teoría metafísica de Leibniz.

§89 Si esto es así, se tiene el siguiente problema: si las sustancias corpóreas poseen características como la inercia, la extensión y la impenetrabilidad, ¿cómo es posible su explicación, toda vez que Leibniz niega la realidad de esta materia; el conocimiento de la misma; y que las sustancias formales sean materiales? ¿Cómo se siguen las propiedades de la materia del sistema de sustancias formales? [§71]

Puede hablarse, en el plano teórico, de distintos niveles ontológicos [Gale, 1970; p. 236-8], a saber. (1) El nivel verdaderamente metafísico en el que la *substancia* es sustancia formal. En los siguientes niveles sustancia es un agregado de sustancias formales, fenómenos, que son percibidos meramente como representaciones coherentes en virtud del principio de armonía preestablecida.

(2) El nivel explicativo de las fuerzas primitivas [§§77-9], que sostiene una relación de fundamentación sólida con [1], dicha relación consiste en que cada característica de las sustancias en [2] se corresponde con una característica en [1] —fuerza pasiva en percepción confusa, y fuerza activa en percepción clara—. La relación de fundamentación sólida es una relación estricta de dependencia lógica como correspondencia entre las propiedades de las sustancias formales en cada nivel [§§67-8, §90 (*figura 8*)].

(3) Está el nivel de los fenómenos observables, que se funda sólidamente en las anteriores.

Así, respecto de la metafísica, las propiedades de los fenómenos-cuerpos *derivan* de las de las sustancias formales.

«A characteristic is *primitive* if it characterizes monads and *derivative* if it characterizes aggregates; that is, if it derives in the aggregation of monads from some primitive

monadic characteristic. But what is primitive, it must be realized, is simply the series of the perceptions of monads and nothing else. Thus Leibniz comes to call perception *primitive force*, the clear perception of a monad being its *primitive active force* (*vis primitiva agendi*) and its confused perceptions *primitive passive force* (*vis primitiva patiendi*) or, preferably, *prime matter* (*materia prima*).» [Rescher, p. 169]

Es decir, las sustancias formales simples entrañan en sí mismas la *fuerza primitiva* en virtud del principio de acción que reside en ellas [§60]: su *forma substancial* (*fuerza activa*) y su *materia primera* (*fuerza pasiva*). Por agregación, las sustancias formales adquieren una *fuerza derivativa*. La *fuerza pasiva derivativa* de los compuestos constituye la “materia segunda”, o “cuerpo” y sus propiedades. La *fuerza activa derivativa* de los “cuerpos”, derivada de la unión de sustancias formales, da origen a todas las fuerzas de la física. Se ve pues que tanto la materia de los cuerpos como sus interacciones se reducen a la *fuerza que* es producto de la agregación de sustancias formales.

La Naturaleza, en tanto constituida por elementos simples [§§71ss.], se explica por las determinaciones de las sustancias formales, que han sido discutidas en los capítulos precedentes, y establecen un conocimiento *en sentido general y primitivo* del sistema de sustancias formales; pero en tanto agregados corporales percibidos por sustancias formales del tipo del «alma racional» (i. e. hombres), las sustancias formales-agregados son estudiadas desde el plano científico, y producen un conocimiento hipotético.

§90 Así, la *fuerza* constituye la base de *todo lo existente*, y la física trata exclusivamente de la *fuerza derivativa de los cuerpos-agregados-racionalmente percibidos* —en lo sucesivo siempre que se diga “cuerpo” se hará alusión a este sentido—, en tanto actúan o resisten. Las explicaciones de la ciencia natural deben atender exclusivamente a las *determinaciones* de las sustancias formales en tanto cuerpos, es decir, a su fuerza derivativa.

{...} nuestro objetivo es [el siguiente, señala Leibniz:] abstraídas y supuestas aquellas cosas generales y primitivas por las que se nos enseña que, por su forma, todo cuerpo siempre actúa, y por su materia, todo cuerpo siempre soporta y resiste, avanzar ahora, sin duda, más lejos, y tratar en esta doctrina de las *virtudes* [*id est* ‘fuerza activa’] y *resistencias derivativas* [*id est* ‘fuerza pasiva...’] [EDI, p. 60]

Desde este ámbito —en correspondencia con el de las sustancias formales—, la *Fuerza* de la que habla Leibniz es doble, (a) una es activa y (b) otra pasiva. La “fuerza activa” es la fuerza que tienen los cuerpos para *actuar*, el principio interno del cambio que hay en ellos. La “fuerza pasiva” es su capacidad de *resistir* como tales. Ambas poseen dos dimensiones, una dimensión primitiva y otra dimensión pasiva.

Las determinaciones metafísicas de los cuerpos, su *substancialidad*, pueden considerarse entidades primitivas de un nivel científico explicativo con las que el nivel de los fenómenos mantiene una relación causal o derivada [Gale, 1970]. El primitivo último de los cuerpos materiales son las

sustancias formales, que posee como característica fundamental el principio de la acción: su fuerza, misma que es, desde el ámbito metafísico, infinita:

«The primitive force of bodies is indefinite in itself, but it results in secondary force, which is like a determination of primitive force, and arises from the combinations and collisions of bodies.» [R, p. 34]

Pero esta no debe ser considerada en la física. La fuerza, activa y pasiva, pertenecen, en tanto primitivas, al nivel explicativo; o sea a la fundamentación científica. Mientras que la fuerza derivativa es propiamente del nivel descriptivo de los fenómenos, es decir, a la ciencia. La fuerza derivativa, *está vinculada al movimiento en sentido local o relativo, de donde se sigue que la física, y la consideración científica de los cuerpos en general, es, per se, la consideración de las fuerzas de los cuerpos y de los movimientos respectivos de los cuerpos, es decir que es dinámica.*

«[...] en este lugar entendemos que la fuerza derivativa, con la que evidentemente los cuerpos actúan mutuamente sobre sí en el acto y se soportan mutuamente, no es otra que la que está unida al movimiento (evidentemente local), y sucesivamente tiende a producir un movimiento local.» [EDI, p. 61]

En la *figura 8*, se representan, a la izquierda, los grados en los que las fuerzas activa y pasiva (en fondos claro y oscuro respectivamente), tanto de las sustancias formales, primitivamente, como de los agregados, pasivamente (en dos recuadros contiguos). Las determinaciones más derivadas de la fuerza, que son el objeto de la física serán abordadas en la primera parte del siguiente capítulo [VII A]. El recuadro de la izquierda representa los grados de conocimiento a partir de la relación claridad-confusión de las percepciones de las sustancias formales. El grado de mayor confusión se encontraría, en esta esquematización, abajo a la izquierda del recuadro gris; mientras que la mayor claridad estaría arriba a la derecha del recuadro blanco que representa el conocimiento. Así, la percepción confusa (el estado que es como «caer en desmayo») supone más claridad que el grado menos confuso del nivel de los agregados (movimiento actual), pero parte del mismo principio activo.



§91 [a] La fuerza activa puede ser, desde la ciencia, considerada doblemente: por un lado es primitiva en tanto que está presente en todos los cuerpos, como características de las sustancias formales, y «[...] sin duda (que no es otra cosa que la primera entelequia), responde al alma o forma substancial» [EDI, p. 59]. Por otro lado existe la fuerza activa de un cuerpo que está presente en él por una acción que es ejercida sobre él —en tanto agregado—, ésta es la fuerza activa derivativa.

Esta fuerza activa primitiva, está presente «por sí» en todos los cuerpos, y es como la *entelechia* de los escolásticos, o el alma, de los de los cuerpos. Leibniz no agrega más en este punto, incluso advierte que su estudio no hace al caso en los estudios científicos [EDI, p. 59]. Pecería que el papel de estas fuerzas primitivas es establecer el marco conceptual dentro del cual se desarrollan los experimentos de los fenómenos físicos. Estas fuerzas no figurarán en la ciencia como medidas o condiciones específicas, pero sí determinarán las magnitudes y mediciones que deben tomarse en cuenta en dichos experimentos [v. Gale 1970, p. 231]. Por otro lado, el movimiento local de los cuerpos, su fuerza activa derivativa, no puede provenir de la fuerza pasiva, como dice Leibniz en una carta a de Volder:

«For its [primitive active force's] nature consists in the fact that it constitutes an *enduring law* for a progressive series which it undergoes without any impediment. Nor can we dispense with this active principle or this original source of activity, for accidental or variable active forces and motion itself are definite, changing states of a substantial thing, but forces and activity cannot be states of a substantial thing, but forces and activity cannot be states of a merely passive thing like matter.» [apud Gale, p. 234]

El movimiento local es, en cambio, una «limitación» de la acción que reside en ellos en virtud de su fuerza activa primitiva [EDI, p. 59] del siguiente modo:

«Derivative force is the actual present state while tending to or pre-involving the following state, as everything present is concerned with the future [§§59ss]. But that which persists in so far as it involves all that can happen to it, has primitive force so that primitive force is, as it were, the law of the series, while derivative force is the determination (value) which designates a particular term of the series.» [Gale, p. 234]

Dada una determinada fórmula matemática, ésta produce una serie numérica de eventos, cada uno de los cuales con un valor específico en relación particular con todos los demás (del modo que una sustancia formal expresa a todas las demás en relación con una ley general, como las sustancias formales respecto al principio de armonía preestablecida); tomando uno de los elementos de dicha serie y la fórmula que los genera pueden calcularse todos los demás eventos. Para Leibniz semejante ley es la *fuerza activa primitiva* y los eventos generados (o limitados) a partir de ella son la fuerza activa derivativa que «sólo indica el estado presente del acaecer mismo, en cuanto tiende a otro sucesivo o lo lleva implícito» [Salazar, p. 27].

La fuerza activa primitiva, así, no es sólo una referencia conceptual, sino una característica *real* en el nivel explicativo de los fenómenos físicos. De esto se desprenden dos consecuencias, respecto a la ciencia —dinámica— las fuerzas derivativas pertenecen al nivel *observable* de los fenómenos y las primitivas al nivel explicativo de los mismos. Además, el carácter de la ciencia en Leibniz precisa que del nivel explicativo se deduzcan los fenómenos físicos: desde un evento observable, hasta la determinación substancial del mismo.

§92 [b] La *fuerza pasiva* es también 'primitiva' o 'derivativa'. La *fuerza pasiva primitiva*, o *fuerza de soportar o resistir*, «[...] que, si se ha interpretado correctamente, se denomina en las Escuelas *materia prima*» [EDI, p. 60]. La *fuerza pasiva derivativa*, por su parte, «[...] se muestra de forma variada en la *materia segunda*.» [EDI, p. 60]; la materia primera es meramente pasiva, pero no es una substancia completa —precisa de un alma o entelequia que es la fuerza primitiva de actuar—.

Leibniz fundamenta desde el nivel explicativo, con base en la *fuerza pasiva primitiva* las «propiedades de la materia» que intervienen en los fenómenos físicos, pues esta es «la Resistencia misma mediante la que un cuerpo resiste no sólo la penetración, sino también el movimiento [1702, p. 5]

«[...] se logra que el cuerpo no sea penetrado por otro cuerpo, y se opone a él una resistencia, y, al mismo tiempo, está dotado de una cierta inercia, por así decir, esto es, de una repugnancia al movimiento, y no soporta por ello ser impulsado por la fuerza del agente, a no ser quebrantada ésta en algo.» [EDI, p. 60]

Este paso de la fuerza primitiva a la pasiva es decisivo para Leibniz, pues en función de él puede otorgarle *realidad* al movimiento en tanto fenómeno, al mismo tiempo que fundamenta sólidamente la física en los principios de la metafísica.

«Thus Leibniz holds that the entire subject of the physical science of his time (that is, mechanics) is 'derived' from the two primitive forces, since the structure of the monad, its series of perceptions, suffices to account for the fundamental concepts of mechanics.» [Rescher, p. 170]

La física, pues, para sus consideraciones debe valerse no sólo de las consideraciones geométricas, pues se ignora así la dimensión de fenómeno del cuerpo, pero tampoco se debe recurrir a una teoría ocasionalita. La manera de salvar este problema es la estimación del principio activo de la materia considerado *dinámicamente*:

«[...] la doctrina física se sirve de los principios de dos ciencias matemáticas a las que está subordinada, y que son la geometría y la dinámica. [...] Por su parte la geometría o ciencia de la extensión se subordina a su vez, a la aritmética puesto que, como ya he dicho, en la extensión se da una repetición o multitud; y la Dinámica está subordinada a la metafísica, que trata [considerada desde la física] sobre la causa y el efecto.» [1702, p. 4]

Lo que aquí se ha llamado nivel explicativo de la ciencia, haciendo referencia a la ciencia de los cuerpos y colisiones, es para Leibniz la *Dynamica* y la geometría respecto a la «doctrina física», es el nivel científico descriptivo. De manera que la ecuación de la *fuera viva* [§§45, 48, 50, 101-2], que es descriptivamente una mera magnitud o medida, explicativamente es tanto la determinación matemática de un fenómeno como la expresión de la materia; y metafísicamente es, pues, la expresión del principio de unidad y actividad particular de todos cuerpos materiales; y de aquí, *sine saltum fiat*, se pasa al principio de actividad de toda substancia que, a su vez, remite al sistema de substancias formales y, por ende a la Substancia Necesaria.

Epistémicamente, este paso comienza también en los fenómenos:

«Hay muchos argumentos que nos obligan a aceptar que en los cuerpos reside una fuerza activa, sobre todo la experiencia misma, que muestra que se producen movimientos en la materia, los cuales, aunque originariamente deben ser atribuidos a las causas de las cosas, esto es, a Dios, sin embargo de forma inmediata y concreta deben ser atribuidos a la fuerza que Dios ha introducido en las cosas.» [1702, p. 8]

## VII DYNAMICA

Zanjada la discusión y trabajo en el ámbito de la física de Leibniz, mostrados los fundamentos, leyes, propiedades de los cuerpos y determinaciones de la fuerza que constituyen el conocimiento físico; así como los supuestos metafísicos y lógicos que precisa dicha ciencia [II-IV]; y una vez establecida la explicación dinámica de los cuerpos a partir de las determinaciones lógico-conceptual y metafísica del sistema de sustancias formales respecto de los fenómenos, [V-VI]: este capítulo final examina [A] la relación del sistema de las fuerzas con el sistema de las sustancias formales [§§93-100] y [B] el sistema físico de colisiones originado en la concepción dinámica leibniziana [§§101-110].

### A. DESCRIPCIÓN DE LOS FENÓMENOS

#### MATERIA

§93 La fuerza constituye el principio substancial de los cuerpos en tanto fenómenos. A partir de ella Leibniz explica las propiedades que son propias de la física. Desde su *Dynamica* Leibniz aporta la definición de *Fuerza*, el principio substancial de *todo lo existente* [§§88ss, 56], como fundamento de la ciencia a partir del principio de acción de las sustancias formales [§§60ss]. Los cuerpos, que se componen de la fuerza pasiva y de la activa en términos de representaciones de las sustancias formales, deben ser explicados en términos de explicación de fenómenos.

Leibniz afirma que «la fuerza pasiva constituye propiamente la materia o masa [...] es la Resistencia misma» [1702, p. 5]. La “Resistencia” de la materia consiste en que un *cuerpo se esfuerza* en conservar su estado anterior, respecto a la penetración que otro cuerpo pueda hacer de él y respecto al movimiento. La fuerza pasiva de un cuerpo es la difusión de su resistencia; sin embargo, esto solo no basta para determinar la unidad de *un* cuerpo material [§84]; pues si sólo consistieran estos en *resistencia que se difunde*, todo sería un enorme compuesto homogéneo en el que no sería posible distinguir un cuerpo de otro;

«[...] la materia se constituye en la difusión de la resistencia ; pero [...] hay en el cuerpo algo más que la materia [...] que no puede consistir en otra cosa sino [...] en el principio inherente de la mutación y la perseverancia.» [1702, p. 4]

La unidad requerida de los cuerpos proviene de «La fuerza activa primitiva [...dicha fuerza] es el otro principio natural que, junto con la fuerza pasiva [primitiva], constituye la substancia corpórea, la cual es, en efecto, una unidad por sí misma» [1702, p. 6], de manera que la figura es una «cierta» limitación de la fuerza pasiva o masa extensa [§§58-60]. ¿Cómo puede limitarse una fuerza?

La masa es resultado de las fuerza primitivas de las sustancias formales [§89]. Estas fuerzas se diferencian de las derivativas en función del grado que hay en las percepciones de las sustancias formales, las fuerzas primitivas provienen de las representaciones de las sustancias formales como tales (y no como parte de un compuesto). Ahora bien, las fuerzas activas son las percepciones claras de las sustancias formales mientras que las confusas dan lugar a las fuerzas pasivas. Así, la masa es la representación *confusa* de las sustancias formales como tales, de su pasión, o bien, de su acción ideal

mutua en virtud del principio de armonía preestablecida [§§78-9]. Esta representación confusa tiende a extenderse en función de que cada sustancia formal representa el Universo entero [§§68-70, 75].

Pero esta representación está *definida* o *determinada* por las representaciones claras de las sustancias formales en tanto tales, o sea, por la percepción de aquello que les afecta más particularmente, es decir, el cuerpo que constituyen [§§77-9]. Esta relación se representa para una sustancia formal-*entelechia* como la figura de una masa, en tanto percibe clara y confusamente el conjunto de sustancias formales como armonía de las mismas.

Se ve pues que esta «modificación» o «limitación» de la fuerza pasiva por la activa no es más que una diferencia de grado entre las representaciones del agregado de sustancias formales — el “límite” de éste es el grado de claridad-confusión de sus representaciones—.

§94 Estas explicaciones, empero, son proscritas por Leibniz en el ámbito descriptivo de la ciencia. Consideradas conjuntamente en su nivel explicativo, las fuerzas activa y pasiva primitivas dan lugar a la materia, la cual no se compone únicamente de extensión e impenetrabilidad (como en la física cartesiana [§20]), sino que además comprende *esta* resistencia que se difunde y que, como tal, es ya propia de un cuerpo-activo determinado [§84].

Si en la materia no existiera dicha propiedad, las leyes del movimiento obtenidas serían muy distintas [§§23-4, 86-7]. Esto, según Leibniz, muestra que las leyes del movimiento, en el nivel observable de los fenómenos, deben desprenderse de las características de las entidades explicativas como *fuerza*. Ahora bien, la fuerza pasiva derivativa es la que constituye las propiedades de la materia, que Leibniz llama Resistencia:

«Por consiguiente dos cosas comporta la Resistencia o masa; en primer lugar, la que llaman antipatía o impenetrabilidad; y en segundo lugar, la resistencia, aquello que Kepler llama ‘inercia natural de los cuerpos’, de quien Descartes la recibió [...] en el sentido de que los cuerpos no reciben un movimiento nuevo sino por la fuerza [...]. Lo que no ocurriría si además de la extensión, no existiera inherente al cuerpo [un] principio de las leyes del movimiento, que hace que la cantidad de las fuerzas no pueda aumentar, y esta es la razón por la que el cuerpo no puede ser impelido por otro sino quebrantando la fuerza de éste. Esta fuerza pasiva es la misma a lo largo de todo el cuerpo y es proporcional a su magnitud.» [1702, p. 5]

De hecho, Leibniz no hace distinción entre esta «materia o masa» y la *inercia* de la misma; y ésta, a su vez, está para él íntimamente ligada a la impenetrabilidad de los cuerpos, en virtud de que la impenetrabilidad de los cuerpos es la repugnancia que ofrece un cuerpo a otro y al movimiento de éste, o bien, la resistencia que opone, en virtud de su fuerza, a la fuerza de otro que le sale al encuentro.

§95 Pese a lo dicho por Leibniz, Newton distinguía su concepto de inercia del de Kepler [Bernstein, p. 274] [§40]. Mientras que para éste la inercia era una propiedad por la que los cuerpos tenderían al reposo, para Newton, de acuerdo a su 1ª Ley, la inercia era una tendencia que los cuerpos tendrían para permanecer en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo, cualquiera que éste sea. Por eso, en el

mismo lugar, Newton parece acusar a Leibniz de estarse refiriendo equivocadamente, con el término de “inercia”, a la mera *inclinatio ad quietem* de los medievales.

En sus OC [§19], Leibniz había aceptado el concepto cartesiano de inercia, que consiste en que «cada cosa, en tanto que simple e indivisa, permanece siempre en el mismo estado en lo que de ella depende, y nunca cambia más que por causas externas.» [PF, II, 37, p. 99] [§20, 23], idéntico a la 1ª LN, como una ley «muy verdadera e indudable» [OC, II, 37-8, p. 157-8] además de ser «clara por sí misma» [OC, II, 44-4, p. 158]; y en los textos contemporáneos *Hypothesis physica noua* y *Theoria de motus abstracti* da una definición de inercia en los mismos términos.

Sin embargo, el propio Leibniz remite su noción de inercia a Kepler, pues la explica como un rechazo de los cuerpos al movimiento —no sólo a la aceleración— y como una tendencia suya a permanecer en su estado de reposo. Cabe, pues, preguntar por qué, Leibniz habría regresado al concepto de inercia de Kepler<sup>1</sup>.

La inercia en términos newton-cartesianos deriva de la concepción del cuerpo como extensión; y como ésta [§§39-41, 84], es una noción matemática, el movimiento que el cuerpo padece es también matemático. Pero en estos términos la extensión misma es indiferente al movimiento. La inercia, así entendida, obedece a la consideración geométrica de la extensión. Teniendo presente que los ámbitos respecto a la ciencia del nivel de los fenómenos son el de las representaciones de las sustancias formales [*well founded appearance*] (o nivel descriptivo), el de las leyes de la naturaleza (explicativo) y el de la metafísica (como fundamento sólido); puede decirse que, para Leibniz, el nivel de los cuerpos es mejor

---

<sup>1</sup> En el análisis de la discusión Leibniz-Clarke [§§41-2 y ss.] quedó de manifiesto que, mientras que para Newton la fuerza absoluta no representa problema, Leibniz está obligado a dar cuenta de dicha fuerza recurriendo a nada más que un sistema de movimientos relativos. Mientras que para Newton la fuerza es de carácter vectorial y relativa a un espacio absoluto, para Leibniz “reside” absolutamente en los cuerpos, por ello no puede aceptar ni la determinación de Descartes (que sólo se verifica en algunos casos) ni la newtoniana, que precisa la postulación de un espacio absoluto.

En efecto, supóngase un sistema de colisiones [§49] en el que ciertos cuerpos tienen una cierta velocidad, una cantidad de movimiento y una fuerza. Sería posible, de acuerdo a las definiciones vectoriales, que las respectivas magnitudes del sistema dieran un resultado de cero (incluso si los cuerpos no están en contacto). Pero por otro lado las ecuaciones lineal y plana de Leibniz [§108] muestran el carácter vectorial de la velocidad. Evidentemente una fuerza viva (absoluta) con valores positivo y negativo es una contradicción.

Recuérdese el sistema de colisiones expuesto en el capítulo IV [§49]. Según la ecuación [II], la velocidad  $v$  de los cuerpos después del impacto es igual a la velocidad del primer cuerpo ( $V$ ) sobre la raíz cuadrada de los segundos:

$$av^2 + by^2 = ax^2 + bz^2$$

En ella, aunque se conserva la energía cinética, la cantidad de movimiento de hecho aumenta. Siguiendo al propio Descartes, puede concluirse que la cantidad de movimiento no puede ser lo mismo que la fuerza, toda vez que ésta debe conservarse [§§49-50]. Pero desde la perspectiva del sistema de las sustancias formales ello representa un problema: si la velocidad es absoluta, queda por explicarse de dónde viene la cantidad de movimiento extra:

«Any theory which insists on the reality of motion, but maintains the [relational character] [sic] of space and time, will eventually meet difficulties such as these. [...] Where there are several absolute quantities, in general not all of them will be conserved. The point is that Leibniz tacitly assumed an absolute co-ordinate system in his physics without noticing the consequences of this assumption for his metaphysics.» [Spector, p. 224

entendido a partir de la matemática como nivel descriptivo. Pero esto es ajeno a la experiencia, y resulta incompleto. La fuerza de la representación de las sustancias formales, debe comprenderse desde otra perspectiva.

Leibniz habla de la fuerza pasiva primitiva, de la facultad de la materia de constituirse como tal, es decir, de su capacidad de *permanecer* como materia [§§89ss]. En este sentido, el cambio es una *acción* que se ejerce sobre la fuerza pasiva que la conduce a un estado distinto al que actualmente posee. La inercia de Leibniz es, pues, la capacidad de la fuerza pasiva primitiva para *resistir* el cambio cualitativo o de estado. Inercia en Leibniz indica que los cuerpos resisten como acción, en virtud de su propia fuerza; a la fuerza de los fenómenos que le afectan, un cuerpo responde con la suya propia, primaria y originalmente, buscando permanecer como tal, o sea, buscando permanecer *en su estado*

«La fuerza activa [primitiva, dice Leibniz], la que propiamente se suele llamar fuerza, no debe entenderse como aquella simple potencia común o receptividad de la acción [...], sino que incluye el conato o tendencia a la acción, de manera que la acción se producirá, si nada la impide [...], tal potencia contiene el acto mismo y no se mantiene como una mera facultad [...]» [1702, p. 6]

Por otro lado, así como hay *inercia* opuesta al movimiento en la fuerza pasiva derivativa, en toda substancia hay «constancia natural» opuesta al cambio [Bernstein, p. 278] [*u supra* §§59-60].

Además, Leibniz no puede aceptar la definición así dada porque supone que el *reposo* es algo real [§24] (así es en el caso del espacio-absoluto newtoniano [§32]) [§§62, 98]. Un cuerpo es un esfuerzo, una serie de eventos, en cuanto *acción* de la fuerza interna propia, y no es un mero estado pasivo. Por ello no puede ser indiferente al movimiento ni al reposo. Leibniz usa el término *inertia naturalis* para referirse en dinámica a lo que en metafísica es la fuerza pasiva de los agregados de sustancias formales. Así es como el continuo va de la *apetencia* a la *fuerza pasiva* y de ésta a la *inertia naturalis*.

Leibniz reduce todas las propiedades esenciales de la materia a dos fuerzas, donde la inercia-resistencia es producto de la fuerza pasiva (derivativa) y de sus limitaciones particulares. Pero Leibniz no consideraba que ésta fuese una propiedad metafísicamente *necesaria* de los cuerpos, pues aunque un mundo así es *imaginable*, más bien sería un caos. Cuando se encontró con que es preciso suponer la inercia para las leyes verdaderas del movimiento, estableció que estas leyes se verifican verdaderamente en la experiencia, si bien su demostración no es del tipo de las geométricas: es decir, no son necesarias [EDI, p. 116-7; *u* Freudenthal p. 198ss] [*u supra* §§88-92].

Los cuerpos, en virtud de su principio interno de acción, poseen una *difusión continua* de la fuerza primitiva, de esta difusión es primordialmente la de la *impenetrabilidad*. La inercia, en términos de 1ª Ley del movimiento de Newton, no explica por qué un cuerpo ofrece resistencia al movimiento en general. Únicamente dice que un cuerpo resiste la aceleración. La materia, en cambio, en virtud de este principio intrínseco, resiste cualesquiera movimientos externos a ella por su propia *fuerza* —su *fuerza pasiva*— pero esta fuerza no tiende al reposo, pues es un principio activo, sino a la permanencia.

## CUERPO

§96 De manera análoga a como la diferencia de grado activo-pasivo de la fuerza primitiva constituye la «modificación» de la materia, las fuerzas primitivas se modifican en derivativas, que a su vez —por diferencia de grado—, se «limitan» entre sí. La fuerza «asociada al movimiento» es una limitación de la fuerza activa derivativa (percepciones claras de las sustancias formales en tanto agregados) en función de la fuerza pasiva derivativa (percepciones confusas de las sustancias formales en tanto agregados) [§90, *figura 8*].

La *fuerza pasiva primitiva* da pie a la pasiva derivativa, que constituye las propiedades de impenetrabilidad e inercia, en sentido mecánico, de un cuerpo en tanto fenómeno (en colisión o *reposo*)<sup>2</sup> y, pensando en los cuerpos elásticos, después de una colisión, la propiedad de resistir el impacto y recobrar su forma. La fuerza derivativa pasiva es una tendencia al infinito del Universo entero representado en cada sustancia formal; la fuerza derivativa activa es la acción —representación clara— de las sustancias formales en agregado de aquello que perciben más claramente: o sea, del cuerpo que constituyen.

Por ello la representación de la fuerza activa derivativa es la que está asociada al movimiento actual de los cuerpos.

«La fuerza [activa] derivativa es lo que algunos llaman ímpetu, esto es, aquel conato o tendencia, por decirlo así, hacia algún movimiento determinado, mediante la que se modifica la fuerza [activa] primitiva o principio de la acción.» [1702, p. 7]

A partir de lo anterior Leibniz desprende una nueva división de la *fuerza-derivativa-activa*: una elemental —como la sollicitación—, a la que denomina *muerta*, «[...]puesto que en ella aún no existe el movimiento, sino tan sólo la instigación al mismo, cual es la de la bola en el tubo [...], incluso mientras aún es retenida por un vínculo[...]» [EDI, p. 63-4]. Esta fuerza es el *conato mismo* [en la *figura 9*], corresponde a la bola en B<sub>0</sub>, estado de reposo], que debe tener una cierta tendencia al movimiento— pues, como se dijo más arriba, no existe un estado de absoluto reposo— y una sollicitación.

Y está también la *fuerza-derivativa-activa viva*, «asociada al movimiento actual». Esta fuerza viva es la fuerza que recibe un cuerpo al ser impulsado, y en virtud de la cual los cuerpos proyectados continúan su movimiento sin necesidad de nuevo impulso [1702 p. 8]. Esta conservación del movimiento se corresponde con la 1ª Ley de Newton. Si se piensa en la fuerza de gravedad, ésta es una *fuerza muerta*, en la que no hay movimiento; pero si se considera la velocidad de un cuerpo en caída libre,

2

«The natural impenetrability of bodies comes only from their resistance, which must be subject the will of God; and this resistance of bodies is nothing other than the passive power of matter.» [R, p. 35]

o su impacto desde una determinada altura, se tiene un movimiento fáctico, fuerza actual—es decir, la del cuerpo es *fuerza viva*.

La fuerza viva y la muerta son ambas resultado de la fuerza activa derivativa, y mantienen entre sí una relación «como la recta al punto» [E, p49].

«[Estas dos fuerzas] sólo se diferencia[n] de la acción como lo instantáneo de lo sucesivo; en efecto, la fuerza ya existe en el primer instante, mientras que la acción necesita del lapso de tiempo y, por ello, es el producto de las fuerzas por el tiempo, producto que se entiende en cada parte del cuerpo. De manera que la acción está en razón compuesta del cuerpo, del tiempo y de la fuerza o potencia [...]» [1702, p. 8]

§97 Lo que Descartes llamó “cantidad de movimiento” [§20] lo es sólo de un momento del transcurso total. Considerando la velocidad a la par que su dirección, Leibniz obtiene la noción de *conato*, mientras que al producto de la masa de un cuerpo por la velocidad de su movimiento —que los cartesianos llamaban cantidad de movimiento— le nombra *ímpetu* [§4], que es la expresión de la fuerza activa derivativa. En los cuerpos en *movimiento uniformemente*, la cantidad de movimiento para un momento  $m_1$  es idéntico para otro  $m_2$ . Empero, para un cuerpo que sostenga un *movimiento acelerado*, indistintamente de la condición de la aceleración, la cantidad de movimiento varía en función de la velocidad.

De manera que para un cuerpo determinado el producto  $mw$  en  $m_1$  constituye su *ímpetu* [ $i$ ] en

dicho momento. Como en los cuerpos en movimiento uniforme  $i_1$  es idéntico a  $i_2$ , la suma  $\Sigma i_1 \cdot i_2$  es el producto de  $mw$  por el número de momentos considerados, donde el segundo factor resulta banal y no es, por ende, relevante en la consideración de los diversos instantes. En los cuerpos de movimiento acelerado, en cambio, se observa que  $\Sigma i_1 \cdot i_2$ , la cantidad de movimiento, propiamente dicha, es la suma de todos los ímpetus, pero el producto de los momentos considerados y el ímpetu de uno en particular no es igual a la suma de

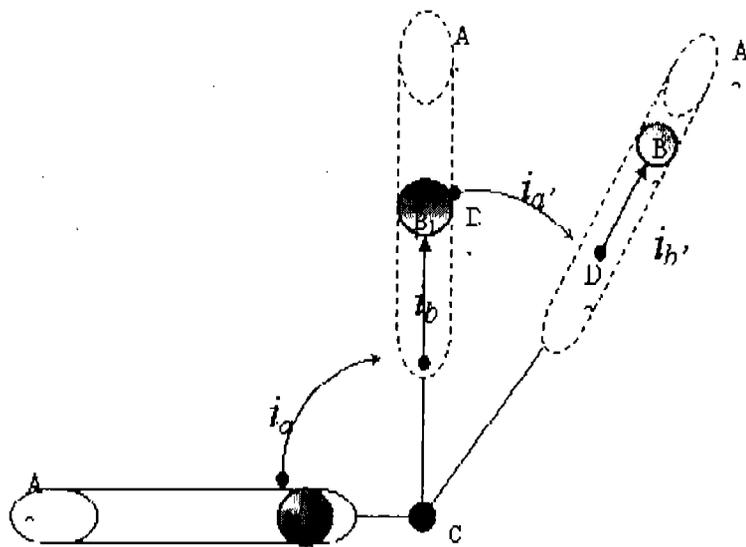


figura 9  
Delineación de las reglas leibnizianas del movimiento  
Ilustración de Leibniz  
[EDI, p.62]

éstos. Ésta es la razón por la que los cartesianos confundieron, a decir de Leibniz, el ímpetu con la

cantidad de movimiento [§44]. En los cuerpos en movimiento uniforme:  $\Sigma i = (i)(m)$ , pero no advirtieron que en los cuerpos acelerados  $\Sigma i \neq (i)(m)$ .

La cantidad de movimiento es, pues, la suma de los ímpetus en cada momento, y dado que los momentos que integran un lapso de tiempo son infinitos, la cantidad de movimiento es la *suma de infinitos ímpetus*. Igualmente, cada ímpetu es resultado, de infinita cantidad de grados de movimiento impresos sobre un cuerpo.

Tómese el ejemplo del propio Leibniz. En la *figura 9*, el tubo AC comienza a girar con aceleración uniforme en el sentido  $A_0A_2$  en torno al centro fijo C. Al comienzo de la rotación la bola B abandona su reposo  $B_0$  en el punto C y se mueve hacia el punto  $A_1$ , es decir, adquiere un *conato*. El conato de  $B_1$  hacia A,  $i_a$ , en este punto es *infinitamente pequeño* respecto al ímpetu adquirido como resultado de la rotación  $A_0-1$ ,  $i_b$ . Al continuar la rotación  $A_1-2$ , en  $B_2$  el ímpetu  $D_2-A_2$  [ $i_a$ ] será comparable con la fuerza  $D_{1-2}$  en él [ $i_b$ ].

Con este ejemplo Leibniz quiere demostrar que el esfuerzo es doble, por un lado está la *solicitación*, que es la fuerza elemental o infinitamente pequeña, como la que hay en  $i_a$ . Por otro lado está la fuerza resultante de los esfuerzos elementales, «esto es, del propio ímpetu» [EDI, p. 63], tal como  $i_a$  en el ejemplo.

Así, un cuerpo, por sí mismo, tiende a preservar en un momento  $m_2$  el *ímpetu* que posee en  $m_1$ . Un cuerpo, pues, ofrece una resistencia a un *ímpetu* mayor que se presente en  $m_1$ . Ello quiere decir que la inercia de la materia es la inercia del movimiento toda vez que tanto aquélla como éste suponen la *fuerza* constitutiva de los cuerpos, y se manifiesta, para Leibniz, una constante aproximación de los cuerpos a conservarse dentro de la serie de cambios que representan.

Por lo dicho se ve, según Leibniz, que todo cuerpo siempre posee “acción interna”, y posee un «movimiento intestino». Esta fuerza es «vertida hacia fuera». Y cuando se encuentra con un obstáculo, entonces, dice Leibniz, la fuerza es ejercida elásticamente, «de manera que todo cuerpo, es esencialmente elástico [...]. Y si no fuera elástico todo cuerpo no podrían obtenerse las verdaderas y exigibles leyes del movimiento» [1702, p. 10]. Los fenómenos de la física serán explicados en seguida.

## MOVIMIENTO

§98 Es importante observar el sentido en el que se dice que los cuerpos ejercen acción unos sobre otros [§79]. Por un lado, las sustancias formales determinan las características de la materia, en tanto «[...] un cuerpo enteramente en reposo repugna a la naturaleza de las cosas[...]» [EDI, p. 59] [*u supra* §94], y ésta debe contener en sí misma, siempre, una *fuerza*, que constituye su substancialidad y acción. Por otro lado, propiamente dicho, las sustancias «no tienen comunicación entre sí» [§60]:

«[...] a substance never receives its force from another created substance; what comes from there is only the constrain or determination which gives rise to secondary force ,

or what is caaled *movin force* [...], which is absolute and vital, that is, that which is always conserved[...]» [R, p. 33]

El principio de los fenómenos-cuerpos es la fuerza derivativa activa, su acción, que reside en ellas mismas

«It can even been said that force its constitutive of substance, just as action, which is the exercise of force, is its distinguishing mark. For actions pertains only to substances, and pertain always to all substances.» [R, p. 34]

El movimiento es *la marca* en el plano de los fenómenos de la fuerza de las substancias, y ésta le otorga su *realidad*. Un movimiento particular es la expresión de una cierta serie metafísica, que es la relación de la fuerza activa primitiva a la derivativa. En este sentido el *estado de movimiento de un cuerpo* es un caso de esta misma serie [§91].

Pero en física no es posible definir el movimiento con base en las nociones metafísicas que hasta aquí se han analizado. Leibniz se enfrenta al problema de definir el movimiento, en tanto fenómeno, en un contexto de espacio-tiempo relativo. Durante la discusión con Newton se expuso el problema que representa para la física leibniziana el *movimiento* absoluto que Newton había observado en la trayectoria circular [§§41-2]. Leibniz, en efecto, concluye que

«[...]el movimiento consiste en una mena relación respecto de los fenómenos [...]. Por tanto si un número cualquiera de cuerpos está en movimiento se debe entender que no se puede colegir de los fenómenos en cuál de ellos hay movimiento o quietud, sino que puede atribuirse la quietud a cualquiera de ellos que se tome, con tal que se presenten los mismos fenómenos.» [EDII, p. 83]

Esto es a lo que Leibniz llama *equivalencia de las hipótesis*. Como verdades del mundo natural, las leyes de la naturaleza son verdades de hecho, y son, por ende, contingentes. Ahora bien, no puede haber una sola ley natural que no esté basada en las propiedades de los cuerpos: la elección de alguna ley natural (nivel descriptivo) está ligada a la elección de qué propiedades de los cuerpos deben ser consideradas (nivel explicativo).

Así, aunque Leibniz admite que el movimiento curvilíneo tiende a desviarse por una de las tangentes de la trayectoria, éste, en tanto resultado de la fórmula que lo describe, es tanto un estado como el movimiento rectilíneo uniforme, igualmente un movimiento. En ambos casos está actuando un ímpetu en ellos, expresión de la fuerza real de los cuerpos

«[...]it's not quite true to say that nothing happens when bodies move uniformly in a straight line (i. e. that there's no process) but rather than nothing *new* happens to alter the presents series of states states.» [Bernstein, p. 279]

§99 Por otro lado, en virtud del principio de razón suficiente, cada una de las sustancias formales existe en cuanto su concepto, mismo que debe contener todos los predicados que le pertenecen, no contiene contradicción. Dios escoge la mejor combinación de conceptos, y crea el mundo constituido

por todas ellas. Por esta razón, cada substancia es un reflejo de todas las demás. Por tanto, cada substancia formal expresa su concepto y el de todas las demás (con mayor o menor grado de confusión). De ahí que todas las propiedades de los cuerpos deban ser atribuidos a ellos mismos, independientemente de los demás así como todos sus predicados pasados, presentes y futuros, están armonizados con el de todas las demás substancias [§§74, 78]. Todo cuerpo fenómeno (y toda substancia) es, pues, independiente de los demás, pero sólo en la medida en que representa la totalidad del universo. Físicamente esto quiere decir

«[...] que lo que ocurre en cada substancia ocurre sucede espontánea y ordenadamente [...]» [EDII, p. 85] «[...] la pasión de todo cuerpo es espontánea y se origina por una fuerza interna, aunque con ocasión de algo externo. En este sentido observo una pasión propia, que nace de la percusión o que permanece la misma, cualquiera que sea la hipótesis que finalmente se asigne o a cualquier cosa que, en fin, el movimiento o reposo absolutos. Pues dado que la Percusión es la misma a cualquier cosa que, en resumen, completa el movimiento verdadero, se sigue que el efecto de la percusión se distribuye por igual entre ambos, y por ello *ambos actúan igualmente en el choque* [...]» [EDII, p. 91]

Tomando las palabras de Leibniz al pie de la letra, debe decirse que un cuerpo se desplaza al entrar en colisión con algún otro exclusivamente movido por la fuerza que hay en él y por el estado en que se encontraba antes del impacto. Además, cada cuerpo contiene siempre la fuerza que ha de llegar a tener en un momento o en otro. El impacto sólo «determina» dicha fuerza. Además, como en el Universo todo es un pleno, el movimiento de cada cuerpo afecta al de todos los demás y es resultado de los movimientos de todos los cuerpos del universo, del modo que una substancia formal es «espejo» del Universo [Freudenthal, p. 197]. Cabe preguntarse, entonces, si es posible para Leibniz seguir hablando de “transmisión del movimiento” entre los cuerpos.

Leibniz emplea el término de *espontaneidad* (heredado de Nicolas de Cusa y Giordano Bruno). Con ello se refiere a la contingencia que sucede sin determinación externa, o bien, a todo lo que no es necesario ni constreñido. La espontaneidad de un racional es, para Leibniz, la libertad; para los cuerpos, que son también entelequias, esta espontaneidad representa la individuación del movimiento ajeno a toda otra substancia congruente con el sistema de movimientos recíproco de todos los demás. En Leibniz, pues, Dios no crea átomos que constituyen cuerpos considerados en su conjunto como sistema —como en Newton— o que actúan según su constante pasión mutua —como en Descartes— [§94], sino que genera un *sistema* donde cada cuerpo posee la acción interna para actuar.

«De este modo la física es imposible sin la unión de estos dos conceptos, la espontaneidad, sin la cual la idea misma de fuerza sería ininteligible, y la interacción universal, sin la cual los movimientos concretos serían inexplicables. La fuerza, ella misma, tal como la imaginación nos la descubre en la experiencia física inmediata, es unión originaria de espontaneidad y de interacción.» [Salazar, p. 196-7]

§100 La *fuerza viva* de este modo, cuando se consideran algunos sistemas de cuerpos, puede ser entendida desde dos perspectivas, una *total* y una *parcial*. Ésta última, de nuevo, se puede entender de dos formas. Una *respectiva* o *propia*, que es la *fuerza viva* con la que los cuerpos pueden actuar entre sí; la otra *directiva* o *común*, que es con la que el agregado en su conjunto actúa con un cuerpo ajeno a sí. Es decir, si se suspendiera la fuerza parcial de un sistema de cuerpos, y éste entrara en contacto con otro cuerpo o conjunto de cuerpos, la fuerza con la que se relaciona con éstos constituiría su dirección en tanto agregado. De la suma de la *fuerza viva parcial respectiva* y la *fuerza viva parcial directiva* se obtiene la *fuerza viva total*<sup>3</sup>.

## B. ECUACIONES DE LA DYNAMICA

§101 Según se ha visto (§§43-50), la *fuerza viva*, es la única constante que permanece en los sistemas de los cuerpos. Lo anterior se ha puesto de manifiesto en las controversias de Leibniz con los autores de su época. No obstante resta por aclarar de dónde proviene la relevancia de la *vís viva* dentro de su sistema físico de los fenómenos, y con ello, la razón de que establezca la fuerza como fundamento de su dinámica:

«By the latter half of 1680, Leibniz's mechanical world picture had firmly at its centre what he describes to Arnauld as 'the two great laws of nature, the law of force and the law of direction'» [Woollhouse, 1993, p. 126]

La ciencia que enseña las reglas de las fuerzas derivativas, esto es del cuerpo, y que por lo tanto se ocupa de la dimensión física de la Naturaleza es, para Leibniz, la *Dynamica* [EDII, p. 82].

Las propiedades de los cuerpos en cuanto fenómenos, resultado de la consideración de los cuerpos materiales desde la perspectiva de las leyes metafísicas, no convienen con la concepción de éstos como *pura materia*,

«[...] es necesario que se derive[n] de otra cosa que se encuentre en los cuerpos, es decir, de la misma fuerza, que evidentemente tiene la misma cantidad, aunque sea ejercida por diversos cuerpos.» [EDI;p. 71]

De manera que se demuestra que *en* los cuerpos, además de «ciertos aspectos matemáticos y sujetos a la imaginación», hay que admitir *determinaciones metafísicas de los cuerpos perceptibles sólo por la mente*.

En consecuencia

<sup>3</sup> La fuerza muerta, o fuerza de posición de los escolásticos, es llamada en física clásica energía potencial; la fuerza viva es igual a la masa por el cuadrado de la velocidad, el doble de la actual energía cinética [Truesdall, p.107]:

«En langage moderne, on traduirait l'affirmation de Leibniz suivant laquelle la force vive naît d'une infinité d'impressions de la force morte en écrivant:

$$m \frac{dv}{dt} = F$$

ce qui conduit à la loi fondamentale  $m \frac{dv}{dt} = F$  et identifie la force morte à la force statique» [Dugas,

p.211]

«[...]hay] que añadir a la masa material algún principio material superior, y por así decir, formal, puesto que todas las verdades de las cosas corpóreas no pueden colegirse únicamente de los axiomas lógicos y geométricos [...], sino que deben añadirse otras cosas sobre la causa y el efecto, la acción y la pasión, con las que se salven las razones del orden de las cosas. No importa que llamemos a este principio Forma o Entelequia o Fuerza, con tal que recordemos que se explica inteligiblemente por la mera noción de fuerzas.» [EDI, p. 71]

Dada la equivalencia de las hipótesis en el plano descriptivo [§§30, 42, 98], Leibniz establece las reglas y criterios de la ciencia física, advirtiendo que éstas no deben contravenir las máximas metafísicas del *verdadero* sistema de la Naturaleza.

§102 Estas leyes que intervendrán son, primero, el principio de razón suficiente y el principio de no contradicción. Según el primero de ellos, se debe dar razón de un fenómeno con base en otro fenómeno. Esto último ocasionará que las verdades físicas como tales siempre tengan un carácter hipotético. Por esta razón, la experiencia (o datos de los sentidos), aunque falible, resulta imprescindible en la investigación, por la propia naturaleza del fenómeno —percepción confusa de una sustancia formal— al que se remite. Así, es imprescindible que las leyes físicas estén del todo de acuerdo con lo observado en los fenómenos.

El principio de no contradicción, por su parte, está integrado en el nivel descriptivo y en el nivel explicativo, en la medida que debe buscarse que las hipótesis acerca de los fenómenos no sean contradictorias entre sí ni con los principios superiores de la metafísica. Por otro lado, todas las descripciones de todos los fenómenos observables en la Naturaleza deben desprenderse, lógicamente y causalmente, de las categorías explicativas o enunciados científicos [§§9-10].

Una tercera ley que debe intervenir es la que Leibniz llama ley de continuidad [§§23, 51, 61]. Leibniz establece la ley de la continuidad como uno de los principios que toda teoría física debe satisfacer para preferir una hipótesis sobre otra. Según la ley de la continuidad para los cuerpos materiales, los efectos en la naturaleza varían gradualmente en proporción a sus causas y no puede darse el caso de que variando mínimamente la causa se salte súbitamente a una consecuencia sin que se corresponda con la variación.

«[...] todo cambio se produce por grados, y toda acción se da junto con la reacción, y una fuerza nueva no se da sino en detrimento de otra anterior, y por ello siempre lo que arrastra es retardado por lo arrastrado, y no se contiene más o menos potencia en el efecto que en la causa. » [EDI, p. 71] «[...] puede entenderse que lo que ocurre en la sustancia sucede espontáneamente y ordenadamente. [...] ningún cambio se produce por medio de un salto.» [ED, II, p. 86]

La ley de la continuidad en términos de ciencia física da lugar a la *Ley Física de la Continuidad*, expresada por Leibniz así:

«si un caso se aproxima continuamente a otro en los datos y finalmente se desvanece en lo mismo, es necesario que también los resultados de los casos se aproximen

continuamente en lo buscado y, finalmente, acaben en sí, recíprocamente. » [EDII, p. 88]

De acuerdo con esta ley las reglas que se den para el movimiento deben ser las mismas que para el reposo, porque ni éste ni aquél poseen, en tanto fenómenos, una existencia real, sino que son *grados* del mismo evento [EDII, p. 84]. El reposo es «un caso especial de movimiento, evidentemente un movimiento evanescente o mínimo [EDII, p. 88]. Además, para cuerpos en colisión, la adjudicación del movimiento a un cuerpo o a otro debe establecerse previamente al sistema, y no es legítimo asignarlo después del impacto. Así mismo las leyes del movimiento deben ser las mismas para cuerpos de igual o diferente *masa*, donde la igualdad es una desigualdad evanescente<sup>4</sup>.

## COLISIONANTES

§103 Entender los cuerpos como mera extensión, supone la división entre las sustancias extensa y pensante, además, la *extensión en términos geométricos* no basta para explicar las acciones que ejercen y padecen los cuerpos en una colisión. Este tipo de pensamiento llevo al recurso de apelar a Dios para explicar la Naturaleza [§§39ss, 54].

En el nivel explicativo de su *Dynamica*, Leibniz más bien parte de una noción de substancia, dotada con las siguientes características: en todo cuerpo material existe la fuerza de actuar y padecer, la noción de cuerpo como extensión supone las otras propiedades de la materia [§84].

La materialidad de los cuerpos, su *resistencia*, es la misma en todos ellos, es decir, en toda la materia, la densidad es resultado de que algunos contienen «poros» que están ocupados por una substancia más sutil que la materia:

«[...] aunque unos cuerpos se muestren más densos que otros, lo que ocurre en realidad es que los primeros están más repletos de la materia perteneciente al cuerpo, mientras que, por el contrario los cuerpos más enrarecidos, tienen la naturaleza de la esponja, de forma que sus poros son invadidos por una materia más sutil que no se comporta como propia del cuerpo y, en consecuencia, ni sigue ni frena su movimiento.» [1702, p. 6]

En realidad, dice, nunca puede encontrarse un sólido o un líquido absolutos [§26], sino que estas características se presentan ambas en todo cuerpo, aunque en diversas proporciones, en los cuerpos a los que se designen de acuerdo al estado al que tienden más claramente (aquí encuentra Leibniz un argumento más contra los átomos [§§26, 84]). No es posible entender la solidez de los cuerpos como la quietud de las partículas que lo conforman —átomos—, porque esta quietud no es

---

<sup>4</sup> Las explicaciones del *lo real*, no pueden, tampoco, presentar saltos abruptos de un ámbito a otro. Lo anterior es evidente en la *figura 8* [§90], donde es patente que la *Fuerza* constituye la realidad del Universo en todas sus dimensiones.

posible en la materia, y del reposo no puede surgir sino el reposo, porque, en función de la ley de la continuidad, el paso de un *reposo absoluto* al movimiento equivaldría a un inadmisibles *salto en la naturaleza*.

Una explicación hipotética de la solidez es dada por Leibniz en los siguientes términos. Debe *suponerse* que las partículas de un cuerpo giran en torno a un centro, e intentarán escapar por una de las tangentes a la trayectoria circular que describen [§25 (n. 5)]. Esta «huida recíproca» afecta el movimiento de la materia circundante —pues el espacio es pleno [§32ss]— al cuerpo del que forman parte las partículas y aquél, al reaccionar, envía a éstas nuevamente al cuerpo en cuestión. Lo anterior genera una especie de fuerza centrípeta que mantiene a las partículas girando en torno al centro del que forman parte. Del equilibrio entre ambas fuerzas, centrífuga y centrípeta, surgiría la solidez del cuerpo: «del esfuerzo rectilíneo de alejarse por la tangente y del conato centrípeta combinados entre sí» [EDII, p. 94].

Ahora bien, de este «movimiento intestino» se sigue también la propiedad de *elasticidad de los cuerpos*, que es la fuerza que un cuerpo ejerce al encontrar un obstáculo en su movimiento. La elasticidad de un cuerpo se aprecia visiblemente en los cuerpos duros; en la medida en que éstos, al chocar, rechazan al obstáculo que se les interpone. Los cuerpos en los que esta propiedad no se aprecia, son aquéllos en los que la cohesión de sus partes no es suficientemente fuerte porque sus partículas se mueven más desordenadamente.

En su *Ensayo de dinámica* [EDII, p. 117] [u §51], Leibniz establece sus ecuaciones para cuerpos elásticos, pero se enfrenta al problema de que en ciertas colisiones no se conserva la *fuerza viva*. Wallis, por su parte, había distinguido entre cuerpos blandos, elásticos y perfectamente duros, asignando reglas especiales para el choque de los blandos. Aunque el carácter de las ecuaciones de Leibniz es primordialmente ideal [§52], debe dar una explicación física para los cuerpos duros e inelásticos.

Supóngase —dice [EDII, p. 121]— que una esfera no elástica choca con otra en reposo. Después del choque es preciso, siguiendo a Leibniz, que ocurra una de tres cosas. A saber, (a) que ambas esferas permanezcan en reposo, porque al no ser elásticas no puede darse el proceso de compresión y distensión que se explicará en seguida [§§104, u §95(n. 1)], lo cual supone un cambio abrupto del movimiento al reposo. (b) Si después de la colisión la esfera que estaba en reposo se mueve, habría adquirido el movimiento no por grados —pues se precisa de la elasticidad para ello— sino por un salto en la naturaleza, y eso es contrario a la ley de la continuidad. O bien, por último, si (c) la esfera en movimiento rebota al chocar y regresa por donde llegó, habrá también un cambio súbito desde un movimiento en un cierto sentido hacia el opuesto.

§104 La solución que Leibniz ofrece al problema de la colisión inelástica es que un cuerpo elástico no lo es absolutamente en contraposición a otros enteramente duros, sino que se sirve de aquellos para explicar el fenómeno de la colisión en general, asumiendo que la rigidez o blandura de los cuerpos sólo son grados de la elasticidad, basado en su ley de la continuidad, pero nunca son propiedades puras.

Además de esta razón hay que añadir que «sin elasticidad no se conservaría en la naturaleza la fuerza absoluta y el movimiento se agotaría en ella (es decir, en choques inelásticos o en la parte inelástica de todo choque elástico) paulatinamente.» [Arana; n. 26, *apud* EDII, p. 122]. En efecto, dada una naturaleza absolutamente inelástica de los cuerpos, la fuerza iría desvaneciéndose en la medida en que se presenten colisiones del tipo [a].

Por otro lado, Leibniz observa que aceptar la naturaleza enteramente rígida de un móvil implica también aceptar que existen partículas enteramente duras e impenetrables, y que el cuerpo rígido es un compuesto de éstas. Pero ello supondría aceptar la existencia de los átomos, a lo que Leibniz se opone [§§26, 85].

«Sin embargo, hay que confesar que, aunque los cuerpos deben ser así naturalmente elásticos en el sentido que acabo de explicar, no obstante, a menudo la elasticidad no aparece suficientemente en las masas o cuerpos que empleamos, aún cuando esas masas estén compuestas por partes elásticas y se parezcan a un saco lleno de bolitas duras que ceden a un choque mediocre [*i. e.* donde interviene una pequeña cantidad de fuerza], sin restablecer el saco, como se ve en cuerpos blandos o que obedecen sin restablecerse [*sic*] suficientemente.» [EDII, p. 122]

Leibniz aporta esta explicación para los cuerpos blandos, haciendo que la fuerza sea “absorbida” por las partículas de los cuerpos que no poseen la capacidad de volver a su forma original. Y éstas, a su vez, las explica por medio de partículas que no se mueven lo suficientemente rápido como para generar las fuerzas que las impulsen hacia el centro del cuerpo que constituyen y que sean mayores a las fuerzas de los impactos que reciben. La razón de esta condición se debe a que las partículas de dichos cuerpos «no están suficientemente ligadas para transferir [la fuerza de] su cambio al todo». En general los partidarios de la *Dynamica* sostenían esta postura, que la fuerza que no se conserva en el impacto permanece de algún modo en las partículas de los cuerpos [Pepineau, p. 210-1]. Leibniz escribe

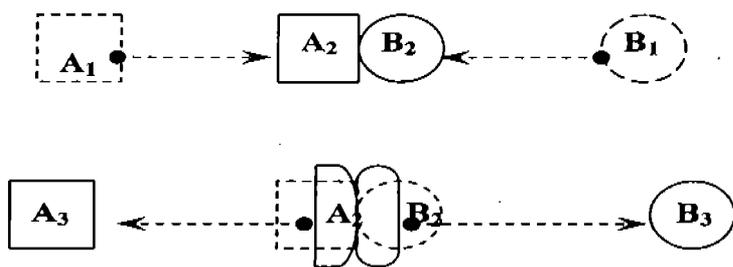


figura 10  
Colisión de cuerpos elásticos  
Ilustración de Leibniz  
[OC, II, 53, p. 176]

«Se me objeta que dos cuerpos blandos o no elásticos, concurrentes entre sí, pierden fuerza. Yo respondo que no. Es cierto que los todos la pierden con relación a su movimiento total, pero las partes la reciben siendo agitadas interiormente por la fuerza de la convergencia o del choque. Así, esa pérdida sólo ocurre en apariencia. Las fuerzas no son destruidas, sino distribuidas ente las partes pequeñas. Esto no supone perderlas, sino que es hacer como

hacen los que cambian la moneda grande por pequeñas.» [5<sup>a</sup>C, §99, p. 128]

Así, los cuerpos elásticos ofrecen el modelo único para todo tipo de colisiones, y las salvedades mencionadas se calcularán, pues, como simples diferencias en el grado de elasticidad. Con base en esto

Leibniz establece el modelo matemático que explica dichos fenómenos en general. Esto es como sigue.

Sean los cuerpos A y B que se aproximan y colisionan entre sí.

(I) Al momento de la colisión —*figura 10*— los cuerpos se comprimen *poco a poco* y se acercan, desde A<sub>1</sub> y B<sub>1</sub>, cada vez más por la presión continuamente aumentada.

(II) En A<sub>2</sub> y B<sub>2</sub> la fuerza de movimiento se debilita a causa de la presión y se conserva en la fuerza que presiona a los cuerpos y los deforma.

(III) La fuerza del conato [§97] se traslada *paulatinamente* a la elasticidad de los cuerpos hasta que éstos son conducidos a un movimiento evanescente.

(IV) *Gradualmente* [ley de la continuidad] retroceden recíprocamente y al recuperar su forma original la fuerza se recupera en forma de movimiento en sentido contrario hasta los puntos A<sub>3</sub> y B<sub>3</sub> respectivamente.

«[...] se hace patente que no se produce ninguna mutación por un salto, sino que, disminuido paulatinamente el avance y finalmente llevado al reposo, entonces nace por fin el regreso.» [EDII, p. 87]

## ESPACIO - TIEMPO

§105 Ni el espacio, para Leibniz, ni el tiempo son reales en sentido absoluto, como se explicó al analizar la correspondencia de éste con Clarke [§§35, 38]; sino que tienen la realidad propia de un «ente de razón». El espacio es una cosa obtenida a partir de los fenómenos reales mediante una abstracción

«[...] así como en el tiempo no concebimos más que la disposición misma o serie de variaciones que en él pueden ocurrir, así en el espacio no entendemos más que la disposición posible de los cuerpos. Por eso, cuando decimos que el espacio se extiende, lo entendemos lo mismo que cuando decimos que el tiempo dura o que el número numera; pues en realidad nada añade el tiempo a la duración o el espacio a la extensión, sino que, de la misma manera que son inherentes al tiempo sucesivas variaciones, así también en el cuerpo hay varias cosas [fuerzas primitivas] que pueden difundirse simultáneamente.» [1702, p. 3]

Tampoco, en consecuencia, es real el vacío, por ser, de suyo, una noción que supone el concepto de espacio como extensión [§17]; además, si el espacio es la sucesión simultánea de cuerpos —o el tiempo la serie sucesiva de eventos—, es impensable el espacio sin ellos.

El movimiento, por su parte, si se considera separadamente de la fuerza que lo provoca, no es sino la proporción del cambio de espacio en cada cambio (unidad) de tiempo. En consecuencia, cuando se considera así —en tanto magnitud y figura— no es sino el cambio en las relaciones respecto de los fenómenos de los cuerpos. El *movimiento respectivo* contiene en sí la base de una ciencia *explicativa* a nivel de las hipótesis, pues por no ser real, el movimiento, en un sistema de cuerpos, puede ser atribuido a un cuerpo tanto como a otro.

Es decir, dado un sistema de cuerpos, si ambos registran exactamente el mismo movimiento — en magnitud, sentido, trayectoria y dirección—, éste será perceptible sólo a través de los cuerpos que integran el sistema. Un conjunto de hombres, por ejemplo, que viajan en una nave cerrada y que se desplaza regular y suavemente, de manera que no pueda ser sentido su movimiento, pensarán que los cuerpos que están al interior de la nave se encuentran en reposo, aunque, en realidad, estén siendo arrastrados por el movimiento de la embarcación.

§106 Dada la naturaleza relativa del movimiento local, es decir del movimiento como fenómeno, éste puede ser atribuido tanto a un cuerpo como a otro con tal que se conserve la magnitud de la fuerza tanto en la causa como en el efecto [ley de la continuidad]. De ello se sigue que «ambos [cuerpos] actúan igualmente en el choque». Pues después de una colisión, (a) la fuerza de percusión se distribuye igualmente entre los móviles. Es decir, el efecto resultante del choque está distribuido igualmente en los cuerpos que intervienen en el evento, y, del mismo modo —en virtud de la ley de la continuidad— (b) el efecto pertenece igualmente a ambos.

Ahora bien, si ambos participan del mismo modo en la fuerza de percusión, que es la causa, deben hacerlo también en sus efectos. La mitad del efecto, así, se origina en la acción de un solo cuerpo, y también la mitad de la causa. De ahí que resulte posible derivar la pasión de uno de los cuerpos de la acción que hay en él mismo, «y no necesitamos de ningún influjo del uno en el otro, aunque a partir del uno se presente la ocasión para la acción del otro que produce el cambio en sí mismo» [EDII, p. 91<sup>f</sup>].

---

<sup>5</sup> Para explicar los sistemas de colisiones, Leibniz recurre a la noción de *inercia* [§95]. La materia, en tanto impenetrable e inerte—y por lo tanto extensa—, es para él “materia prima”, cuya “fuerza pasiva”, consiste en sus atributos esenciales mencionados. Por supuesto, la “materia prima” como poseedora de “fuerza pasiva” es sólo una abstracción, en realidad los cuerpos, como compuestos de sustancias formales [§§71, 89], poseen una “fuerza activa” [§§93ss] que está relacionada con el movimiento en acto. El *movimiento*, consecuentemente ocupa un lugar primordial en el pensamiento metafísico de Leibniz, *primero* porque, en tanto fenómeno, sólo puede ser considerado como cambio de relaciones simultáneas de un cuerpo con otro o con un sistema de cuerpos [§§41-2]:

«[...] for absolute motion, nothing can determinate it mathematically, since everything ends in relations» [NSI, §18, p.20]

Este argumento es ofrecido por Leibniz para explicar las diferencias cualitativas de las sustancias formales, pues sin ellas no sería perceptible el movimiento [§§41-2, 98]: siendo idénticos todos los elementos, un cuerpo sería sustituido por otro idéntico que tuviera las mismas relaciones con todos los demás. En tal caso, no habría razón suficiente para pasar de un estado a otro, y tampoco existiría el cambio que evidencia el movimiento. Del mismo modo, en virtud del principio de razón suficiente, es indispensable que cada sustancia formal sea distinta de cualesquiera otras, porque no hay necesidad de dos cuerpos idénticos entre sí [§31].

Obsérvese que para Leibniz no hay manera de establecer cuál de los cuerpos en un sistema de choque está *realmente moviéndose*, si bien ambos poseen un principio formal de *dinamismo real*. Así, en el caso del fenómeno de colisión de cuerpos

«[...] we can say that when bodies collide, each one is affected only by its own elasticity, caused by the motion which is already in it.» [NSI, §17, p.20]

«[...] a substance never receives its force from another created substance; what comes from there is only the constraint or determination which gives rise to secondary force, or what is called *moving force* [...]» [R, p. 33]

De esta manera Leibniz fundamenta los movimientos cinéticos de los fenómenos en una realidad —metafísica— dinámica.

Así, dado el ejemplo de la *figura 10* [§104], la compresión en A y B resultaría la misma, aún si A se encontrara en reposo al momento de la colisión, «pues siempre será la misma la compresión o tensión elástica, e igual en ambas, con tal que la velocidad de aproximación o respectiva sea la misma». Después del impacto ambos cuerpos se alejarán por la propia fuerza de su elasticidad interna, y no por la fuerza del cuerpo contiguo; aunque el encuentro de ambos es lo que provoca la violencia interna de los cuerpos. De lo dicho Leibniz obtiene que

«en los cuerpos nunca hay acción sin reacción, y que ambas son iguales entre sí y directamente contrarias.» [EDII, p. 93; cf. 2ª Ley de Newton]

Como cada momento del movimiento de un cuerpo es un ímpetu, y en él actúa la fuerza, en cada momento puede decirse que los cuerpos tienden a actuar y ejercer el efecto de su fuerza; y como todo esfuerzo tiende a la línea recta, se sigue que el movimiento tiende a ser recto.

«todo movimiento es rectilíneo o está compuesto de líneas rectas» [EDII, p. 93]

de donde se sigue que

«las cosas que se mueven en línea curva intentan siempre avanzar en una línea recta tangente a ella» [EDII, p. 93]

Bajo esta concepción, Leibniz distingue el movimiento rectilíneo del vertical basándose en *efecto violento y el efecto formal* (o *inocuo*) [EDII, p. 75]. En el primero la fuerza del movimiento es consumida, mientras que en el otro no lo es:

«the force which a heavy body exercises in moving along a horizontal plane is not of this violent kind, because however far such an effect is prolonged, it always retains the same force' [Leibniz...]. The *us* a body has to maintain its state, that is, to remain in the present series of changes, is epitomized by motion in the horizontal» [Bernstein, p. 280]

## ECUACIONES DEL MOVIMIENTO

§107 Las ecuaciones para el cálculo del movimiento ofrecidas por Leibniz se refieren a móviles de velocidades “conspirantes” que colisionan. No obstante, las mismas ecuaciones pueden aplicarse para un choque entre dos cuerpos moviéndose en la misma dirección pero en sentido opuesto, en cuyo caso la velocidad de uno de los cuerpos antes del impacto se considerará negativa. En esta situación siempre la velocidad inicial ( $v$ ) del primer cuerpo ( $a$ ) se entenderá como positiva, y la velocidad contraria ( $y$ ) del

---

Una *segunda* razón del carácter central del movimiento en el sistema de substancias formales de Leibniz es que

«[...] there must be a dynamical force underlying motion is by way of the thought that, considered purely kinematically, motion consists in bodies being in different places at different times, and by occupying the intermediate places at intermediate times. [...] Yet there must, Leibniz argues, be something true of moving bodies at an instant, and not merely over a period of time, and this is that at each instant it possesses moving force. 'As for motion, that which is real in it is *force* or power, namely, something in the present state which carries with it a change for the future. The rest is only phenomena and relations'» [Woolhouse 1993, p.65]

segundo cuerpo ( $b$ ) será negativa; aunque después de la colisión tanto la velocidad final del primero ( $x$ ), como la del segundo ( $z$ ) podrán o no ser negativas. Así se tiene:

**Velocidades conspirantes**

Cuerpo de masa $a$	$v$	$x$
Cuerpo de masa $b$	$y$	$z$
	colisión	

§108 *Ecuación lineal*

«I. *Ecuación lineal*, que expresa la conservación de la causa del choque o de la velocidad respectiva [...]» [EDII, p. 117]

$$v - y = z - x$$

Esta ecuación expresa que la diferencia de las velocidades de los cuerpos se mantiene antes y después del choque, es decir, la fuerza de un cuerpo respecto a la del otro, que es la causa de la colisión debe ser la misma que el efecto causado por ésta —las velocidades de ambos una respecto a la otra—, considerada en virtud de la velocidad.

*Ecuación plana*

«II. *Ecuación plana*, que expresa la conservación del progreso común o total de los dos cuerpos» [EDII, p. 118]

$$av + by = ax + bz$$

Progreso, dice Leibniz, es la cantidad de movimiento con sentido, en este caso hacia el lado del centro de gravedad [EDII, p. 118], y en otro lugar dice:

«I call *progress* the quantity of motion with which a body proceeds on a certain direction, so that if the body went in a contrary direction, this progress will be a negative quantity. [...] Now it will be found that the total progress is conserved, or that there is as much progress in the same direction before or after the impact. But it is also plain that this conservation does not correspond to that which is demanded of something absolute. For it may happen that the velocity, quantity of motion, and force of bodies being very considerable, their progress is null. This occurs when the two opposed bodies have their quantities of motion equal. In such a case, according to the sense we have just given, there is not total progress at all.» [apud Woollhouse, 1993, p. 127]

El cambio en el progreso total de un sistema de colisiones puede originarse en el cambio de la masa o las velocidades *relatives* de los cuerpos. Así, aunque se preserve en un sistema de cuerpos, el progreso no puede constituir la constante que permanece en la Naturaleza. [§45]

En los cuerpos que absorben algo de la fuerza al momento del impacto y que no poseen la elasticidad para retornarla en movimiento —como dos bolas de arcilla— [§26], la fuerza es «absorbida»

por las partículas del cuerpo deformado. De manera que hay cierta pérdida de *fuerza viva* y de velocidad respectiva, lo cual implica que las ecuaciones [I] y [III] no pueden ser satisfechas. En los cuerpos semi-elásticos —como dos bolas de madera—, en cambio, los cuerpos se alejan entre sí después del choque, aunque con una disminución del progreso (lo cual afecta la primera ecuación).

«Sin embargo, esta merma de la fuerza total o este defecto de la tercera Ecuación, no deroga en absoluto la verdad inviolable de la ley de la conservación de la misma fuerza en el mundo. Porque lo que es absorbido por las partículas no se pierde absolutamente para el universo, aunque se pierda para la fuerza total de los cuerpos concurrentes.» [EDII, p. 123]

En cualquier caso, se observa en la ecuación que se trata de la suma de las cantidades de movimiento, consideradas como magnitud vectorial, es decir, de los progresos de los cuerpos. Algo es igual antes y después de un choque, donde, si ambos móviles se desplazan en el mismo sentido, las letras  $u$ ,  $y$ ,  $x$ ,  $z$ , representan, todas, magnitudes positivas. De manera que parecería que la suma de la cantidad de movimiento de los cuerpos, definida como  $mu$ , ( $au$ ,  $by$ ) se conserva antes y después del impacto.

Pero, si ( $b$ ) se acercase en sentido contrario a ( $a$ ), su velocidad inicial será de sentido negativo,  $-y$ , donde el signo ( $-$ ) expresa el sentido de la dirección. Así el movimiento del primer cuerpo sería  $a(x)$ , y el del segundo  $-b(y)$ . Una vez así los cuerpos colisionantes se enfrentarían

$$av - by$$

Y si ambos cuerpos viajasen en el mismo sentido pasada la colisión, téngase por ejemplo el sentido original de ( $a$ ), tendríamos después del choque

$$ax + bz$$

Se obtendría de esta manera un caso en el que la diferencia de las cantidades de movimiento de los cuerpos antes de una colisión es igual a la suma de sus cantidades después de la misma.

$$av - by = ax + bz$$

Se ve, pues, que la conservación de la cantidad de movimiento sucede accidentalmente en algunos casos de choque de cuerpos [§§45, 48, 50].

### *Ecuación sólida*

«III. *Ecuación sólida*, que expresa la conservación de la fuerza total absoluta o de la acción motriz» [EDII, p. 119]

$$avv + byy = axx + bzz$$

o bien

$$av^2 + by^2 = ax^2 + bz^2$$

Esta ecuación expresa la idea de Leibniz de la conservación de la *fuerza viva*. Es importante observar, no obstante, que las diferencias en las cantidades originadas únicamente por el sentido de la velocidad son irrelevantes en esta ecuación porque desaparecen al elevarlas al cuadrado.

«Por eso también la ecuación da algo absoluto, independiente de las velocidades respectivas o de los progresos hacia un lado determinado [...]. Y eso satisface al mismo tiempo el rigor de los matemáticos y el deseo de los filósofos, las experiencias y las razones extraídas de diferentes principios.» [EDII, p. 119]

La *fuerza viva* es una cantidad absoluta y, como tal, es considerada como la constante que permanece en la Naturaleza:

«The total *vís viva* in a system of bodies is increased or decreased by any increase or decrease in the speeds or sizes as such, and not on their relative sizes and speeds.» [Woollhouse 1993, p. 128]

Leibniz remite al lector al «método del barco» desarrollado por de Huygens y Gassendi, y al trabajo de «muchos otros» [ED, p. 117] para la obtención de estas ecuaciones. Sin embargo éste había derivado sus leyes a partir de cuerpos inflexibles. Leibniz, en cambio, obtiene sus ecuaciones a partir de cuerpos elásticos. Él y Bernoulli articularon una teoría acerca de la fuerza motriz y la comunicación del movimiento basándose en la presión elástica, o sea, en la fuerza muerta, que ocurre durante el impacto.

### Características de las ecuaciones

§109 En virtud de que hay sólo dos incógnitas en las tres ecuaciones del choque de cuerpos elásticos, es posible deducir cualquiera de estas tres a partir de las otras dos<sup>6</sup>.

«Cada ecuación permite despejar una incógnita, y con dos queda resuelta toda la cuestión. Una tercera ecuación o bien se reduce a las otras dos, o está en contradicción con ellas, lo que convertirá en inconsistente todo el análisis matemático del proceso.» [Arana; n. 21; *apud* EDII p. 119]

Quando Leibniz ataca la concepción de fuerza de Descartes [*movimiento-impulso*], él no afirmaba que ésta no se conservara en determinadas condiciones, sino que es una cantidad que sólo se conserva para

<sup>6</sup> Esto es como sigue:

La ecuación lineal [E<sub>l</sub>] obtenida a partir de la sólida [E<sub>s</sub>] y la plana [E<sub>p</sub>]

i)	$av + by = ax + bz$	[II, Ep]
ii)	$av - ax = bz - by$ [i]	
iii)	$a(v - x) = b(z - y)$	[ii]
iv)	$av^2 + by^2 = ax^2 + bz^2$	[III, Es]
v)	$av^2 - ax^2 = bz^2 - by^2$	[iv]
vi)	$a(v^2 - x^2) = b(z^2 - y^2)$	[v]
vii)	$[a(v^2 - x^2) = b(z^2 - y^2)] / [a(v - x) = b(z - y)]$ [v, ii]	
viii)	$a(v^2 - x^2) / a(v - x) = b(z^2 - y^2) / b(z - y)$ [vii]	
ix)	$v + x = z + y$ [viii, I, El]	

La ecuación plana [E<sub>p</sub>] a partir de la sólida [E<sub>s</sub>] y lineal [E<sub>l</sub>]

i)	$av^2 + by^2 = ax^2 + bz^2$	[III, Es]
ii)	$av^2 - ax^2 = bz^2 - by^2$	[i]
iii)	$a(v^2 - x^2) = b(z^2 - y^2)$	[ii]
iv)	$v - y = z - x$	[I, El]
v)	$v + x = z + y$	[iv]
vi)	$[a(v^2 - x^2) = b(z^2 - y^2)] / [v + x = z + y]$ [iii, v]	
vii)	$a(v^2 - x^2) / (v + x) = b(z^2 - y^2) / (z + y)$ [vi]	
viii)	$a(v - x) = b(z - y)$	[vii]
ix)	$av - ax = bz - by$	[viii]
x)	$av + by = ax + bz$	[ix, II, Ep]

La ecuación sólida [E<sub>s</sub>] a partir de la plana [E<sub>p</sub>] y lineal [E<sub>l</sub>]

i)	$v - y = z - x$ [I, El]	
ii)	$v + x = z + y$	[i]
iii)	$av + by = ax + bz$	[II, Ep]
iv)	$av - ax = bz - by$	[ii]
v)	$(av - ax = bz - by) (v + x = z + y)$	[i, iii, producto]
vi)	$a(v - x) = b(z - y)$	[iii, factor común]
vii)	$a(v + x)(v - x) = b(z + y)(z - y)$	[v, vi]
viii)	$a(v^2 - x^2) = b(z^2 - y^2)$	[vii, binomios conjugados]
ix)	$av^2 - ax^2 = bz^2 - by^2$	[viii]
x)	$av^2 + by^2 = ax^2 + bz^2$	[ix, III, Es]

cierto observador, y (al igual que lo que él llama *progreso* [momentum,  $=mv$ , dónde  $v$  es una magnitud vectorial] que es una cantidad relativa —a su sentido—) que no es una cantidad absoluta.

Si una colección de cuerpos se mueve en la misma dirección y sentido, tanto el momentum como el impulso se conservan; pero, en general, no es así. En choques de cuerpos, la segunda magnitud no necesariamente se conserva. Además la velocidad respectiva del *momentum* se conserva entre cuerpos concurrentes, pero la velocidad real puede cambiar de varias maneras sin que cambie la velocidad relativa de los cuerpos. De ahí que la *fuerza absoluta* que ha de conservarse no pueda ser ninguna de éstas [Spector, p. 219]. La ecuación plana expresa la conservación del momentum, y la ecuación sólida la conservación del impulso.

Como se ha dicho [§§51ss] la controversia de las fuerzas vivas versaba sobre cuál es el parámetro de acuerdo al cuál debe calcularse el efecto (por tanto la fuerza de un cuerpo): la distancia o el tiempo. Expresado en términos modernos: sea una fuerza (en sentido newtoniano)  $F$  que actúa sobre un cuerpo a través de una distancia: la energía cinética ( $1/2 mv^2$ ) del cuerpo será igual al trabajo realizado por la fuerza en dicho cuerpo. Si se considera el tiempo durante el cual actuó (el *progreso* de Leibniz, no el impulso cartesiano), el momentum será el impulso en términos vectoriales. Por tanto, a partir de la 2ª Ley de Newton — $F=ma$ — se obtienen las siguientes ecuaciones para la distancia  $x_1-x_2$ , y para el intervalo  $t_1-t_2$  respectivamente:

$$(1) \int_{x_1}^{x_2} F \cdot dx = m \int_{x_1}^{x_2} \frac{dv}{dt} \cdot dx = m \int_{x_1}^{x_2} v \cdot dv = \frac{1}{2} mv^2 \Big|_{x_1}^{x_2}$$

$$(2) \int_{t_1}^{t_2} F \cdot dt = m \int_{t_1}^{t_2} \frac{dv}{dt} \cdot dt = m \int_{t_1}^{t_2} dv = mv^2 \Big|_{t_1}^{t_2}$$

De manera que si  $F$  permanece constante en dirección y magnitud, ambas se reducen a las siguientes dos ecuaciones:

$$(1) F(x_2 - x_1) = \frac{1}{2} mv^2 \Big|_{x_2} - \frac{1}{2} mv^2 \Big|_{x_1}$$

$$(2) F(t_2 - t_1) = mv \Big|_{x_2} - mv \Big|_{x_1}$$

La ecuación (1) define el trabajo y el cambio de energía cinética; (2) define el impulso y el cambio en el momentum. Resulta así que, como afirmaba d'Alambert [§53], es posible medir la razón de dos fuerzas, dejándolas actuar a través de cierta distancia o a través de un mismo lapso de tiempo [§§55ss] (aunque el concepto de progreso de Leibniz presenta la bondad —frente a la cantidad de movimiento cartesiana— de considerar la velocidad vectorialmente).

## [conclusiones]

§110 El trabajo científico de Leibniz se desarrolla en el contexto del s.XVII, en el que la investigación científica estuvo concentrada en las “sociedades científicas” con un prevaleciente espíritu mecanicista para el que los sistemas de colisiones resultaban fundamentales; Leibniz, a lo largo de su vida, participó activamente de este espíritu, tanto en lo que se refiere a las sociedades mismas, como en lo relativo a su interés intelectual [§§1-4].

El pensamiento de Leibniz se constituye desde dos dimensiones específicas, primero, su concepción del conocimiento le obliga a establecer una explicación sistemática de la Naturaleza que responda cabalmente a las observaciones experimentales [§§22-4, 29-31, 44-6, 77-6]. Segundo, que el sistema sea capaz de poseer, de alguna manera, el fundamento metafísico de los fenómenos. Pero esta realidad debe ser, en última instancia al menos, absoluta, en tanto parte del universo que se desprende de una metafísica del Universo-necesario: este será el gran supuesto de Leibniz en su sistema de substancias formales [IA; IIA, C].

### I. UNIDAD METAFÍSICA Y DINÁMICA EN EL PENSAMIENTO DE LEIBNIZ

§111 Para Leibniz las características de un cuerpo, contenidas en su concepto dentro de la física, son consideraciones del mismo en tanto fenómeno, es decir, apariencia [§§76-7]. Por ello es necesario que la definición de los cuerpos derive de las delimitaciones que se hagan del mismo en el ámbito de la metafísica [§9], de manera que el concepto de cuerpo contenga una *realidad* metafísica y no sólo aparente [§28-30].

Los enunciados acerca de los fenómenos no son absolutamente verdaderos ni en sí mismos ni en su conjunto [§§10, 67-9, 84, ]. Es necesario que los enunciados acerca de los fenómenos sean congruentes con los enunciados *a priori* de la metafísica porque así su contenido es verdadero en función de esta relación [§§69, 70, 89-90], y sin esta no hay manera de discriminar, entre dos teorías igualmente plausibles [§101], cuál es la más apegada a la *verdadera* naturaleza de los fenómenos [§§32-8].

Pero es además necesario que la metafísica que fundamenta la ciencia se relacione con ésta de manera *lógica y causal*, por un lado [§§13-8], y que los mismos principios epistemológicos que funcionan en la metafísica, sean demostrados y aplicables a la ciencia [§§19-24, 45, 47-50]: esto constituye una fundamentación adecuada para la ciencia [§§85-92].

(A) La consideración de los cuerpos como *substantia extensa*, propia del mecanicismo, es para Leibniz un error en el acercamiento a la naturaleza de los cuerpos [§15], que proviene, en principio, de entenderlos exclusivamente en cuanto son percibidos o aparentes, si se toma en cuenta el modo en que aparecen ante los sentidos se considera que son extensos, y en su carácter distinto al de la mente se les interpreta como *substanciales* [§16]. Producto de esta concepción de los fenómenos es la teoría

atomista de la materia, según la cual los cuerpos se componen de partículas indivisibles en la materia (si bien divisibles por el pensamiento) [§§26, 84].

(1) Estos átomos materiales no pueden ser verificados experimentalmente y, por ende, son entidades del nivel explicativo del discurso científico [§36], pero de estos átomos materiales no se siguen, lógicamente y causalmente, las propiedades de la materia [§§26, 39ss], sino que, de hecho, las suponen, y por lo tanto no fundamentan la explicación científica.

(2) Por otro lado, los átomos implican contradicción con un esquema pre-teórico determinado lógicamente [§31], pues aún concediendo su existencia, ésta contraviene el nivel explicativo supuesto por Leibniz para los fenómenos, es decir, los átomos no se siguen del fundamento necesario que requeriría la ciencia y, a su vez, precisan otra categoría no verificable experimentalmente, a saber, el vacío. En términos metafísicos los cuerpos como resultado de átomos agregados sólo son colecciones de elementos sin unidad real [§§58-9] y sin un principio que dé razón de sus relaciones recíprocas en términos de acción real entre los mismos [§66-7].

(3) Leibniz critica la concepción del fenómeno materia como mero agregado de átomos o partículas de materia indivisibles en función de que esto no explica ni la unión, ni la realidad de las substancias [§§25-27].

Así, la teoría atomista no es ni una descripción satisfactoria de los fenómenos [3], ni un fundamento metafísico para los mismos [2] y, de aceptarse, entran en contradicción tanto con la metafísica como con la descripción de fenómenos.

La teoría de Descartes, que inauguró el mecanicismo y predominó a lo largo del s. XVII en Europa [§3], fue arduamente polemizada por Leibniz, por un lado por los resultados obtenidos a partir de ella [§§44-6], y, por otro, con miras a analizar detenidamente el concepto de átomo [§§26-7] y la noción *substantia extensa* que supone [§16]: es durante esta discusión que aparece el término de *fuerza viva* [IV, A]. En la crítica de Leibniz a la teoría cartesiana resalta el ataque a la noción de substancia extensa [§§15-7], a la consideración de la materia en términos puramente geométricos [§§20-4], y la pretensión de poder, mediante un argumento racional que ignora la dimensión metafísica del fenómeno [§§12-1], dar solución a los datos de los sentidos.

(B) Resultado del mismo abuso geométrico es la definición de espacio como absoluto y vacío. Suponerlo absoluto, por un lado, conlleva a dificultades descriptivas, pues no hay manera de distinguir experimentalmente un punto de otro [§34]. Por otro lado, explicativamente, se generan dificultades como el requerir la postulación de entidades no perceptibles —un punto fijo respecto al espacio absoluto— y contradicciones al hablar de partes en el mismo [§§34-5]. El vacío, por su parte, genera problemas como la acción sin agente de la gravedad y la indemostrabilidad del mismo [§37]: se pretende derivar la realidad del fenómeno del fenómeno mismo.

El espacio, en términos explicativos, para Leibniz tiene su origen en los cuerpos como tales, como vio Descartes: pero no en tanto éstos son extensos [§§17], sino en cuanto éste no es sino las relaciones que los cuerpos mantienen entre sí [§§32-3]. Así mismo, el tiempo para Leibniz es una noción relativa, definida como la mera sucesión de estados de los cuerpos [§§38]. Pero el espacio y el tiempo considerados respecto a los fenómenos no poseen una dimensión real. Considerarlos exclusivamente así es ignorar el fenómeno más allá de su apariencia [§§32-36].

Leibniz concuerda con Descartes en que el espacio es resultado de la consideración general de los cuerpos-extensos, de dónde el vacío, un espacio carente de cuerpos, y el espacio absoluto no tienen sentido [§17]. Sin embargo el fenómeno no se reduce a esta consideración

(C) Entender el movimiento *exclusivamente* en términos de sus relaciones espaciales, es decir, como mero movimiento respectivo, es negar una dimensión real al movimiento y considerarlo como una abstracción del estudio de los fenómenos [§18], prueba de la incompatibilidad de esta perspectiva es que conduce al error en la obtención de las reglas para el cálculo del movimiento [§23], aquí se carece de un fundamento de la realidad del fenómeno movimiento.

Pero comprender el movimiento como absoluto respecto a un espacio también absoluto [§§39-41], es una abstracción en la que los cuerpos-fenómeno se establecen como cuerpos geométricos dispuestos en un plano euclidiano, es decir, se trata de una relación alejada a la realidad del fenómeno que considera como *real* algo ajeno a su naturaleza (el aspecto geométrico): la realidad del fenómeno no proviene de su apariencia.

El movimiento fenomenalmente respectivo adquiere su dimensión real en su fundamentación metafísica [§§99-100].

En general, las explicaciones geométricas son pensables y no necesariamente entrañan contradicciones en sí mismas [§85]. No obstante, éstas, por sí mismas, no alcanzan a dar razón de la dimensión real de los fenómenos y arrojan modelos científicos incompatibles con la experiencia [§§43-50], es necesario que dichas explicaciones consideren las características de los fenómenos que no se desprenden de ellos mismos sino de la metafísica [§§9, 83].

El abuso geométrico del que habla Leibniz proviene del hecho de entender la percepción como única dimensión de los fenómenos, llevar la extensión hasta un nivel explicativo en el que la realidad física se expresa como pura determinación espacial. Pero los fenómenos son contingentes y pasajeros, y, para Leibniz, no todo puede ser de esta forma, pues hay algo que necesariamente se conserva en el sistema, resultado de la necesidad del concepto de la Naturaleza [V, B].

A las determinaciones de las colisiones, según el mecanicismo, que fueron objeto del estudio de éste [§§43-6], podía reducirse el sistema de la naturaleza en tanto éstas resultaban un caso arquetípico de la misma [§85]. Pero la consideración de la materia como un compuesto de partículas pequeñas de materia que, por tanto, podían ser explicadas a través del tamiz del racionalismo, constituyó un abuso

del nivel geométrico, es decir, del análisis de un fenómeno no considerado conforme a su naturaleza real.

Para Leibniz es indispensable que los fenómenos en su nivel explicativo se sigan causal y lógicamente del nivel descriptivo de la ciencia [§§39-41], pues en la dimensión de los fenómenos no es posible atribuir realidad absoluta a una teoría mejor que a otra [4§2, IIB-C]. Ello no sugiere que los fenómenos deban ser explicados en términos metafísicos. A partir de los fenómenos Leibniz desarrolla un SSF que de cuenta de su realidad [§58], la realidad de los cuerpos.

[A] La realidad de cualesquiera cuerpos no reside en su extensión [§59]; pues ésta no da razón de sus propiedades, ni explica el movimiento real, y además supone algo anterior [§59]. [B] El espacio absoluto no explica la realidad de los fenómenos, sino que la supone. [C] Un cuerpo no tiene otro movimiento que el que, en tanto fenómeno, le es impreso desde otro cuerpo. En la ciencia física, el cuerpo, su movimiento, cada fenómeno; debe entenderse como la explicación, a partir de otros fenómenos, y cada uno en esta serie es contingente [§§28-29].

La explicación física leibniziana, como se observó en la franca confrontación de la *Dynamica* con las teorías prevaletientes de la época [IB, IIA, III, IVA]; pone especial atención a la necesidad de considerar un fenómeno no sólo como apariencia, sino de ofrecer una explicación que describa adecuadamente su comportamiento. Esta consideración lo llevo a la explicación de [A] el cuerpo, [B] el espacio y [C] el movimiento a la luz de su sistema metafísico [§§72-5]. De este proceso concluyó que lo que da realidad a los fenómenos —que dependen de [A-C]— es la *fuerza* de los mismos [§§94-101] (misma que explica la necesidad de los fenómenos considerados como sistema [§§18, 43-6]). Es, pues, necesario considerar los fenómenos en su determinación dinámica [§§89-93] que es su dimensión metafísica [§§66, 83-93].

*Por lo tanto al afirmar que es necesario cimentar la física en la fuerza de los cuerpos, buscando con ello que los enunciados de la ciencia consideren a los fenómenos en tanto reales y no como apariencia, Leibniz supone en su Dynamica la unidad de la metafísica con la física al interior de su pensamiento*

## II. UNIDAD DE CIENCIA Y EPISTEMOLOGÍA EN EL PENSAMIENTO DE LEIBNIZ

§112 La capacidad que tenga una teoría de explicar un fenómeno según es percibido sensorialmente, permite distinguir dos ámbitos distintos del conocimiento, por un lado, la realidad del Sistema de la Naturaleza a que obedece (y en el que se origina). Por otro lado permite apreciar el carácter del conocimiento mismo a través de la relación de los enunciados que explican las propiedades y determinaciones de los cuerpos (nivel explicativo) con aquéllos que —en relación causal con los enunciados metafísicos (nivel metafísico)— dan razón directa de los fenómenos, haciendo derivar éstos de aquéllos. En la filosofía de Leibniz las explicaciones científicas son parte del todo y, en esta

medida, suponen la metafísica como realidad de los fenómenos y como fundamento del conocimiento [§§4-11, 113].

(A) Leibniz parte de una concepción pre-teórica de la Naturaleza como sistema, mismo que está articulado con base en la ley de la continuidad y los principios de razón suficiente y no contradicción [§§30-1].

Estas tres leyes son constitutivas del orden del sistema de sustancias formales [§§69-70]. Basado en su concepción pre sistemática (que se constituye a partir de los principios *a priori* del sistema de sustancias formales general), Leibniz determina que los enunciados científicos deben ceñirse a tales principios. Las determinaciones, en términos explicativos, que el sistema de sustancias formales exige a una explicación de los fenómenos, se basan en la satisfacción de estos principios por parte de las descripciones particulares [§§102-7]. Dichas determinaciones son las siguientes:

(1) El principio de razón suficiente derivara directamente de la constitución de la Naturaleza, del sistema de sustancias formales, es esgrimido por el autor para exponer las inconsistencias de las concepciones físicas, no con el fenómeno, sino con la Naturaleza como Sistema de orden estra fenoménico. Defiende que el espacio no puede ser vacío, pues no hay razón suficiente para que así sea ni la habría, en dado caso, para la disposición del sistema de los cuerpos en un lugar del espacio mejor que en otro [§§33-5, 37] y se opone al pleno de SSF de su sistema [V].

(2) La ley de la continuidad, que nada en la naturaleza puede ocurrir por saltos o bien, sin pasar por los estados intermedios, y se sirve de ella en su discusión con los sistemas contemporáneos para demostrar la inconsistencia con el fenómeno con su fundamentación adecuada [§§22-24].

(3) El principio de no contradicción debe existir en la relación de los enunciados del nivel descriptivo de la ciencia; muestra, por tanto, la verosimilitud de una teoría física [§29] por su consistencia con el SSF [VII, A].

(4) La *fuerza viva* es la cantidad absoluta que se conserva en la naturaleza (pues no es posible que sea la cantidad de movimiento cartesiana, toda vez que ésta implica una serie de errores y absurdos [§§45-50]), en virtud de que las explicaciones de los fenómenos que atienden a ella satisfacen razón suficiente y no contradicción [II, B]. En el fondo de la controversia de las fuerzas vivas estaba la discusión acerca de la naturaleza real de los cuerpos [IV, B], que para Leibniz es la *fuerza viva* [§§51], así como la condición del sistema de la naturaleza (aunque en términos físicos la cuestión era si la fuerza que se conserva en el universo debe considerarse en función de la velocidad o de la distancia [§§51-55]).

Leibniz se muestra especialmente fecundo en su ataque a la noción cartesiana de la CM absoluta. No sólo porque considere que alguna magnitud debe conservarse absolutamente para ofrecer una magnitud constante en los fenómenos que refleje la concepción *a priori* de la naturaleza [§70], sino para demostrar que la medida por él propuesta, la *fv*, obedece mejor a las exigencias de origen

metafísico que debe satisfacer un discurso científico [IV]: la *fuera viva* se corresponde con el principio de actividad de las sustancias formales [§§96-8].

Considerando [1-4], la realidad de los enunciados científicos proviene de su mutua relación, o sea, de su coordinación y su subordinación con el sistema de sustancias formales [§§58-70]. Dado que el conocimiento es uno solo, y que sus divisiones son en realidad meramente convencionales [§6], la física no es más que un ámbito convencional del conocimiento [§5] pero, realmente los enunciados contenidos en ella mantienen una relación con el resto de los conocimientos fuera de ella [§7, §8]. Una vez que se consideran los fenómenos en su dimensión verdadera, el nivel explicativo de la ciencia mantiene la misma relación de dependencia demostrativa con la metafísica que el nivel descriptivo con el explicativo [§10].

(B) No obstante, la realidad de los enunciados de la ciencia no puede provenir exclusivamente de ellos mismos en tanto parte del sistema de conocimientos, sino que debe basarse también en la descripción de los fenómenos [§§19-24, 54-6]. Por esta razón, en el conocimiento científico, Leibniz considera indispensable el conocimiento sensible y matemático [§13-4]. La realidad de los cuerpos para Leibniz no se halla en ellos en cuanto tales sino en cuanto su descripción está supeditada al sistema de sustancias formales, que es la respuesta de Leibniz a la falta de unidad y realidad de los cuerpos en las teorías mecanicista corpusculares de la época [§57-9], pero aunque esta es la dimensión real de los fenómenos, no es la dimensión científica propiamente dicha.

Leibniz en este punto no requiere de consideraciones metafísicas en el sistema científico, antes bien, se basa exclusivamente en la observación para definir las características de los fenómenos, las cuáles, en su conjunto, conforman el nivel explicativo de la ciencia. Pero para Leibniz es necesario que a partir de las hipótesis planteadas los eventos se relacionen entre sí lógicamente [§§85-8], y no sólo predictivamente.

Dicha condición se cumple cuando los enunciados de una teoría dada se relacionan entre sí con base en los principios de razón suficiente, no contradicción, armonía preestablecida y de identidad, como criterios de las relaciones entre los enunciados científicos mismos

(1) Ley de la continuidad: las explicaciones de los fenómenos, las leyes científicas de los mismos, incluso las ecuaciones con que son calculados, deben reflejar la estructura el cambio gradual de un estado a otro. (2) Del mismo modo, todo enunciado debe encontrar una razón suficiente de sí mismo en el constructo epistémico [II, A], de manera que, al mismo tiempo, lo que se propone en él evidencie la razón suficiente de la serie de fenómenos que son su objeto [§29]. Este principio, en términos de verificación, tanto empírica, como intrasistemática, es expuesto por Leibniz como el principio de identidad de los indiscernibles [§31].

Ateniéndose a esto se comprometen los enunciados de la ciencia con el nivel pre-teórico, producto tanto de la observación *a posteriori* como de la inferencia *a priori* [§§23-5]. La metafísica, en este

sentido, arroja las condiciones que debe cumplir el esquema conceptual dentro del cual se establecerá el perfil que deben satisfacer las descripciones de los fenómenos y sus explicaciones [§88]. Se asegura que las explicaciones de los fenómenos, de ser congruentes con el nivel explicativo así establecido, reflejarán lo que éstos son realmente en tanto consistentes con el resto del conocimiento [§§89-93].

Si existiesen varias hipótesis para explicar o describir un fenómeno determinado, aquella que resulte más consistente con esta estructura será la más adecuada como parte del sistema de enunciados [§99].

*Al establecer que los enunciados científicos deben relacionarse tanto [A] con el conocimiento metafísico como [B] entre sí, con base en criterios demostrados en el sistema de sustancias formales, Leibniz establece que los criterios del conocimiento científico son reales y necesarios y reflejan, en esta medida, el conocimiento del sistema de la naturaleza completo; así pues, la unidad del pensamiento de Leibniz en la ciencia es que refleja y surge, en el sentido mencionado, de la metafísica y la epistemología.*

### III. UNIDAD DE LA EPISTEMOLOGÍA Y LOS FENÓMENOS EN EL PENSAMIENTO DE LEIBNIZ

§113 (A) El principio de actividad de las sustancias formales explica con necesidad metafísica los fenómenos. Cada sustancia formal es inalterable, inmaterial y simple [§60]. Su naturaleza, que consiste en la representación, compone, en la medida en que su percepción es clara o confusa, una forma activa de los cuerpos [§61]. Además, cada una de las sustancias formales representa, por las exigencias propias del sistema, armónicamente al resto de las SF, [§§60-3] el modo en el que en esta se representa el sistema de sustancias formales, es decir, el Universo, constituye su relación sistemática [§64]: una sustancia formales es tal que debe contener en sí misma de una vez y para siempre todas las determinaciones y predicados que pueden ser atribuida a ella [§§64-5].

Las sustancias formales poseen una acción propia, y al unirse en agregados sus acciones mutuas se presentan en lo que, en el nivel de los fenómenos, llamamos propiedades de la materia [§§66].

Como cada sustancia formal es un elemento constitutivo del sistema que, en tanto el mejor de los mundos posibles, es decir, en tanto necesario, existe; las sustancias formales adquieren en función de ello la razón suficiente de su propia existencia [§§68-73]. El sistema de sustancias formales puede ser leído como la reconstrucción de los cuerpos a partir de los elementos del sistema metafísico leibniano que apunta a explicar, en el plano la realidad de los fenómenos, sus determinaciones como consecuencia del sistema necesario de la naturaleza, es decir, que apunta a fundamentar los fenómenos con un carácter de necesidad metafísica [§74-5]. Leibniz debe concluir, debido al carácter de fenómeno de la naturaleza y la condición de necesidad que confiere a la mente, que ambos niveles están

irremediamente disociados, y se vinculan sólo en tanto forman parte del desarrollo simultáneo del mismo sistema.

Si determinadas sustancias formales se constituyen en agregados orgánicos, aparecen en ellas y en todas las demás, en tanto “espejos” del Universo, las representaciones correspondientes a su constitución (en virtud del principio de armonía preestablecida) y a la del universo en su totalidad, como contemplado desde cierto punto de vista. Dentro del agregado cada sustancia formal debe ser diferente y, en consecuencia, esta diferencia debe basarse en su grado de percepción, aquélla que percibe más claramente el agregado constituye la *entelechia* del compuesto. Así, en cada sustancia formal del agregado existen fuerzas que no serían percibidas por ninguna otra sustancia formal si se encontraran separadas. Estas fuerzas son derivativas y también, según el grado de claridad o confusión son activas o pasivas. Los agregados de sustancia formal que se encuentran en este nivel básico de percepción son las que constituirían los cuerpos fenoménicos [§§78-84].

(2) Pero el mismo principio representativo de las sustancias formales da lugar, en otras sustancias formales con mayor claridad en sus representaciones, a la *apercepción*, es decir, a la posibilidad de que cada una se dé cuenta de sus percepciones. Según el grado de claridad de la *apercepción* aparecen los conocimientos sensibles, del “Yo” y consecuentemente los principios de lo que es.

Así, aunque el conocimiento de los fenómenos es contingente tanto como los fenómenos mismos [§84], al considerar a los fenómenos como principio activo, esto es, percepción y, en consecuencia, al hacerlo con base en el mismo principio del conocimiento, se evitan los errores y prescripciones que Leibniz censura en sus coetáneos [§§85-88]. Adquieren así los fenómenos la realidad que precisan en tanto conocimiento y se fortalece así, igualmente, su carácter de fenómeno: tanto la acción representativa de una sustancia formal (fenómeno) como la percepción de ésta por otra, son necesarias por el principio de actividad de toda sustancia formal.

De esta representación de las sustancias surge primariamente el conocimiento de los principios de razón suficiente y de no contradicción [§82] que son las determinaciones por las que se rige la propia Naturaleza [§§67-70]. Éstos constituyen la actividad de las sustancias en todos sus grados, tanto de los fenómenos [§§71-5] como del conocimiento [§§76-7]. De aquí que sea necesario que para cada fenómeno y para cada enunciado que exista una razón suficiente [§10].

Como los fenómenos suponen una tendencia a la confusión de la representación [§§78, 80], el conocimiento, o sea la representación clara de los mismos [§81], conlleva siempre cierto nivel de confusión [§82]. Por esta razón es imposible superar los errores provenientes de los sentidos y no hay otra solución que examinar detenidamente los datos obtenidos a través de ellos [§13]. Esta concordancia entre una representación confusa y una clara es parte intrínseca de el sistema de la Naturaleza [§§60-3].

Al analizar los fenómenos a la luz de los principios de razón suficiente y de no contradicción se presta atención en ellos a sus determinaciones reales. En el ámbito de los fenómenos, dichos principios (así como también, derivadamente, la ley de la continuidad [§23] y el principio de identidad de los indiscernibles [§31]) conducen a las determinaciones que los constituyen verdaderamente. Aunque una mente humana singular no considere actualmente todas las determinaciones de un fenómeno, éste, en tanto considerado a la luz de los principios de razón suficiente y de no contradicción, es considerado en una dimensión adecuada respecto al sistema de la Naturaleza para el conocimiento [§84]. Simultáneamente la percepción misma tiene por principio la razón suficiente y la no contradicción de sí misma y el universo que representa.

Un conocimiento que es así adecuado respecto al sistema de la Naturaleza adquiere cierto carácter de necesidad en cuanto el sistema misma posee un semejante cariz en función de su relación con Dios [§14], pero esta relación no es necesaria dentro del sistema [§§7-9, 95], en tanto que sus relaciones mismas establecen su modo particular de representación de los fenómenos [§66].

Las substancia formal fundamentan la realidad a través de las percepciones que surgen en ellas: los fenómenos del mundo material, y explican cómo esto resuelve el problema de entender la materia como un fenómeno bien fundado. Una substancia formal, en tanto sus representaciones son distintas o confusas, posee una fuerza activa o pasiva respectivamente, ambas son primitivas en tanto dependen directamente de las determinaciones esenciales de la substancia formal, a saber, su principio de representación del universo [1, 76-7]. El conocimiento y la realidad, surgen, ambas, del mismo principio, el principio de percepción de las substancias formales. Ellas consisten en percibir, el modo más obscuro de hacerlo es también al más confuso, es decir, es una percepción en la que predomina la fuerza pasiva [2].

*La física y la metafísica son parte del mismo continuo que es la Naturaleza [§8]. El principio por el que existe el conocimiento es el mismo principio por el que existen los fenómenos [§§78-84], de él obtienen, ambos, su carácter de realidad. Semejante principio no es otro que el principio representativo-activo de las substancias [§§62-3], esto demuestra la unidad del pensamiento de Leibniz en su epistemología.*

#### IV. UNIDAD DEL PENSAMIENTO DE LEIBNIZ EN SU FÍSICA-DINÁMICA

§114 Ha sido probado que en su *Dynamica* Leibniz supone que los fenómenos no son estimados en su dimensión real en tanto estos no son considerados, en física, con base en sus determinaciones metafísicas [§110]; que los enunciados científicos requieren, *per se*, establecer una relación, entre sí y con los enunciados metafísicos, con base en criterios epistemológicos (demostrados a su vez por la metafísica) [§112]; y que el conocimiento de los fenómenos y los fenómenos mismos tienen el mismo principio (el principio de representación de las sustancias formales) [§113]:

*Con base en lo anterior, sostengo que el pensamiento de Leibniz, en su física-dinámica, como explicación de los fenómenos, supone necesariamente la unidad —en el sentido y del modo expuestos a lo largo del trabajo— entre metafísica, epistemología y fenómenos.*

# [índice]

	Página		
Contenido.....	vii	§29	Concepción Leibniziana del sistema de la Naturaleza..... 49
Introducción.....	xi	§30	Orden <i>lógico a priori</i> de los fenómenos en Leibniz..... 51
§1	1	§31	Principio de identidad de los indiscernibles: estructura lógica, metafísica y empírica de la Naturaleza... 52
§2	3	§32	Demostración de Newton de la existencia del espacio absoluto..... 53
§3	4	§33	Demostración de Newton de la existencia del espacio vacío..... 56
§4	5	§34	Discusión de Leibniz Clarke en torno a las características del espacio: vacío-absoluto, pleno-relativo..... 57
§5	9	§35	Crítica de Clarke a la noción leibniziana de espacio relativo: espacio como construcción lógica..... 59
§6	11	§36	Teoría corpuscular de la materia de Newton..... 61
§7	12	§37	Concepción de la materia de Leibniz: espacio pleno..... 64
§8	8	§38	Noción de tiempo relativo de Leibniz... 65
§9	15	§39	Gravedad como propiedad de la materia en Newton, implicaciones en el sistema de la Naturaleza..... 66
§10	17	§40	Inercia como propiedad de la materia en Newton, implicaciones en el sistema de la Naturaleza..... 67
§11	19	§41	Movimiento en los marcos físicos referenciales de Leibniz y Newton..... 68
§12	24	§42	Movimiento absoluto; características de los marcos físicos referenciales de Leibniz y Newton..... 70
§13	24	§43	El <i>movimiento</i> en la física cartesiana..... 73
§14	26	§44	Interpretación leibniziana de la <i>cantidad de movimiento</i> cartesiana..... 74
§15	27	§45	Propuesta de Leibniz para la estimación de la <i>fuerza</i> de un cuerpo..... 75
§16	28	§46	La <i>fuerza</i> en el sistema físico de Leibniz.. 78
§17	29	§47	Conservación e importancia de la <i>fuerza viva</i> en Leibniz dentro los sistemas de cuerpos..... 78
§18	30	§48	Consecuencias del concepto cartesiano de <i>cantidad de movimiento</i> ..... 80
§19	32	§49	Movimiento en sistemas de colisiones.... 83
§20	32	§50	<i>Fuerza viva</i> en sistemas de colisiones..... 85
§21	33	§51	Reacciones a la propuesta leibniziana de estimación de la fuerza: el tiempo como medida de una fuerza..... 87
§22	35	§52	Posibilidades de la transmisión mecánica de la fuerza de un cuerpo a otro..... 89
§23	37	§53	Tiempo y distancia como medidas de la fuerza..... 90
§24	39	§54	Aplicaciones de la medida leibniziana de fuerza..... 91
§25	44	§55	Rechazo de los partidarios de Newton a la propuesta leibniziana de la <i>fuerza viva</i> ... 94
§26	46	§56	Preeminencia de la <i>fuerza viva</i> en física según Leibniz..... 95
§27	47	§57	Interpretaciones del <i>Sistema de sustancias formales</i> de Leibniz..... 114
§28	49		

§58	Necesidad de la física de Leibniz de su <i>Sistema de sustancias formales</i> .....	99	§88	La <i>fuerza</i> como principio de los cuerpos en tanto pertenecientes al orden de la Naturaleza.....	137
§59	Requerimientos metafísicos que deben satisfacer de las sustancias formales en Leibniz.....	100	§89	La fuerza de los fenómenos a partir del principio activo de las sustancias formales.....	139
§60	Principales características de las sustancias formales.....	101	§90	La fuerza como principio de los cuerpos.....	140
§61	Cualidades de las sustancias formales en tanto partes de los compuestos.....	101	§91	Las propiedades del movimiento a partir de la <i>fuerza</i> de los cuerpos.....	143
§62	Relaciones ideales entre las sustancias formales.....	102	§92	Las propiedades de la materia a partir de la <i>fuerza</i> de los cuerpos.....	144
§63	Diferenciación de las sustancias formales: perspectivas de la Naturaleza... <i>Concepto</i> de las sustancias formales.....	103	§93	La <i>fuerza</i> como principio de la materia... 146	
§64		104	§94	La <i>fuerza</i> como principio de la inercia... 147	
§65	Predicados complejos como conceptos de las sustancias formales.....	106	§95	El concepto de <i>inercia</i> en la <i>Dynamica</i> de Leibniz.....	147
§66	Origen de la materia en el principio activo de las sustancias formales.....	107	§96	El concepto de <i>cuerpo</i> en la <i>Dynamica</i> de Leibniz.....	150
§67	Necesidades explicativas que pretende satisfacer el sistema de las sustancias formales en Leibniz.....	109	§97	El concepto de <i>anatus</i> en la <i>Dynamica</i> de Leibniz.....	151
§68	Justificación leibniziana del <i>Sistema de sustancias formales</i> .....	110	§98	El concepto de <i>movimiento</i> en la <i>Dynamica</i> de Leibniz.....	152
§69	Consecuencias explicativas del <i>Sistema de sustancias formales</i> de Leibniz.....	112	§99	El concepto de <i>acción</i> en la <i>Dynamica</i> de Leibniz.....	153
§70	Necesidad en el sistema de la Naturaleza desprendido del <i>Sistema de sustancias formales</i> .....	112	§100	El concepto de <i>fuerza viva</i> en la <i>Dynamica</i> de Leibniz.....	155
§71	Las sustancias formales en relación con la sustancia extensa.....	113	§101	Dimensiones de las leyes del movimiento en la <i>Dynamica</i> de Leibniz... 155	
§72	Las sustancias formales como origen de los cuerpos naturales.....	115	§102	Razón suficiente, no contradicción y continuidad en la <i>Dynamica</i> de Leibniz... 156	
§73	Problemas que genera la dicotomía cartesiana <i>substantie extensa et cogitans</i> de acuerdo a Leibniz.....	116	§103	El concepto de <i>colisión</i> en la <i>Dynamica</i> de Leibniz.....	157
§74	Solución leibniziana al problema de la relación entre <i>substantie extensa et cogitans</i> .....	117	§104	El concepto de <i>elasticidad</i> en la <i>Dynamica</i> de Leibniz.....	158
§75	El fenomenalismo de Leibniz: dos interpretaciones posibles.....	120	§105	El concepto de <i>espacio-tiempo</i> en la <i>Dynamica</i> de Leibniz.....	160
§76	El fenomenalismo de Leibniz como explicación de los fenómenos por agregación de sus elementos constitutivos.....	123	§106	Realidad del movimiento en la <i>Dynamica</i> de Leibniz.....	161
§77	Principio de <i>percepción</i> de las sustancias formales y su relación con la <i>fuerza</i> de las mismas.....	125	§107	Parámetros de las ecuaciones del movimiento de la <i>Dynamica</i> de Leibniz... 162	
§78	Constitución de los agregados a partir de las sustancias formales.....	126	§108	Ecuaciones del movimiento de la <i>Dynamica</i> de Leibniz.....	163
§79	Acción de un agregado de sustancias formales sobre otro.....	127	§109	Alcance explicativo de las ecuaciones del movimiento de la <i>Dynamica</i> de Leibniz.....	165
§80	Conocimiento confuso.....	128	§110	Requerimientos de la ciencia <i>Dynamica</i> de Leibniz estudiados.....	167
§81	Conocimiento claro.....	128	§111	Relación de la aproximación de los fenómenos de la ciencia y la metafísica... 167	
§82	Conocimiento adecuado.....	129	§112	Principios del sistema metafísico en el constructo teórico-científico de la <i>Dynamica</i> de Leibniz.....	170
§83	Conocimiento a través de la experiencia.....	130	§113	Principio activo de las sustancias formales como categoría común de la epistemología y la física de Leibniz.....	173
§84	Necesidad de considerar los cuerpos más allá de su extensión.....	131	§114	Sentido de la unidad del pensamiento de Leibniz en su física <i>Dynamica</i> .....	176
§85	Rechazo leibniziano del ocasionalismo... 133			Índice general.....	xvii
§86	Perfil general de los enunciados de la ciencia.....	134		Índice de materias.....	xix
§87	Realidad de los enunciados científicos a partir de su relación con el Sistema de la Naturaleza.....	136		Índice de nombres propios.....	xx
				Índice de figuras.....	xx
				Bibliografía.....	xxi

[*índice d materias*]

**A**  
**Aristóteles, aristotelismo:**  
 crítica a 1-3  
 hilemorfismo 71  
**Armonía preestablecida, principio de:** 10, 14, 24, 62, 65, 66, 74, 75 87 89 91 112  
**Átomos, atomismo:** 3,9, 72, 84  
 crítica leibniziana a 27, 31, 59 111  
 en Descartes 3, 26  
 en Newton 36, 39

**C**  
**Cantidad de movimiento:** 4,21-2, 27, 44, 46,47, 55  
**Ciencia:**  
 conocimiento de 11-2  
 división de 6 88  
 enunciados de 4, 9, 29, 81 86 87 111  
 equivalencia de las hipótesis 30 42 98 100 103  
 u **Metafísica-fundamento de la ciencia**  
**Colisión:** 21-4, 46,50,54 96 99 104 108 110  
**Connatus:** 4 97-100  
**Conocimiento:**  
 grados de 11,77-83 112 113  
 principios de 10-11, 65 112  
 sensible: 10, 13, 80 83 111 112  
**Continuidad, ley de:** 23,51, 61 102-6 112  
**Cuerpos:** 18, 25, 59, 71, 73, 74-6,78-9, 88 98 101 103 111  
 densidad 3, 33, 36 103  
 dureza: 16, 72 104  
 elasticidad 26-7 84 96 97 103 104  
 firmeza: 25  
 fluidos: 25, 27  
 impenetrabilidad: 23, 26, 39, 42, 66, 71-2, 89 95  
 masa 3, 47, 58 93  
 sólidos: 3, 26-7 103

**D**  
**Dios:**  
 en Descartes: 13,15  
 en Newton 31, 42  
 ocasionalismo 43,54, 86-7, 92  
 relación con la Naturaleza: 7,8,22, 29, 31, 34, 37, 75 99  
 Substancia necesaria en Leibniz 67-70  
**Dureza: u Cuerpos**

**E**  
**Espacio:** 17, 18  
 absoluto 29, 31, 33, 34  
 crítica leibniziana a Newton 35-7

en Leibniz 105-6  
 lugar: 17, 35  
 vacío 17, 33, 34, 36, 37, 70 111 112  
 Extensión: 8, 15-6, 23, 59, 66, 75 84  
 u **Substancia-substancia extensa**

**F**  
**Fenomenalismo** 75-6  
**Fenómenos:** u **Naturaleza-fenómenos**  
**Firmeza: u Cuerpos**  
**Física:** 29  
 Relación con la metafísica: 7,8  
**Fluidos: u Cuerpos**  
**Fuerza motriz: u Fuerza**  
**Fuerza viva: u Fuerza**  
**Fuerza:** 8,18, 43, 44, 51 111  
 activa/ pasiva 78-9, 89 91 92 93 96 113  
 de la Naturaleza 85-6 89 90  
 de movimiento: 4,21-2,25, 32, 36, 40,41 95 (n.1) 104-6  
 principio substancial activo 58, 66, 75-7, 84 93 113  
 viva 4,8, 47,49,50-6, 74 92, 95-109 112  
 u **Movimiento**

**G**  
**Geometría, geométrico:** 36  
 aspectos en física 84  
 consideración de los cuerpos: 3, 23  
**Gravedad:** 3, 33, 39, 42, 54, 86 87 111

**I**  
**Identidad de los indiscernibles, principio de:** 31, 34, 35, 60, 64, 67  
**Impenetrabilidad: u Cuerpos**  
**Ímpetu:** 4  
**Inercia:** 20-23, 36, 40, 41, 89 95 96 97 106 (n. 5)

**L**  
**Ley de Leibniz: u Continuidad, ley de**  
**Ley Natural:**  
 en física del s.XVII: 2,3  
 en Descartes: 19,20,21,24  
**Lugar: u Espacio**

**M**  
**Masa: u Cuerpos**  
**Materia:** 3,25, 33, 36, 37, 44, 55, 66, 71, 74, 76 96 98 111  
 propiedades de u **Cuerpos**  
**Mecanicismo:**  
 en física del s.XVII: 2,3,51-6, 84 85 110

en Leibniz 4,  
 u **Geometría, geométrico**  
**Metafísica** 76 (n. 2)  
 Como orden natural 56,  
 Fundamento de la ciencia: 8,12,31 87 88 101 114  
**Milagro: u Dios**  
**Movimiento** 47,48, 84 96 97 102 107 111  
 absoluto 32  
 cinemático, dinámico: 18, 35, 41, 49, 90  
 crítica leibniziana a Descartes 24, 43  
 dinámico u **Movimiento-cinemático**  
 en Newton 38, 40, 41  
 leyes cartesianas de: 15, 21-3, 35  
 leyes de Newton 21, 53, 59, 64, 74 95 96 109  
 realidad de 66, 76  
 u **Cantidad de movimiento**

**N**  
**Naturaleza:**  
 fenómenos de la 58, 66, 67, 68 (n. 3) 69-70, 75 102 111 || realidad de 77, 88 89 91 98 113 114  
 Sistema de 30, 43, 54-6, 66, 74, 84 86 87 88 101 108 110 112

**No contradicción, principio de:** 10, 13, 29, 73, 81 82 83 102 112

**R**  
**Rarefacción:** 17, 33, 39  
**Razón suficiente, principio de:** 10, 13, 24, 29, 34, 37, 64, 65, 67, 69, 73, 81 82 83 99 102 106 (n. 5) 112

**S**  
**Sólidos: u Cuerpos**  
**Substancia Formal:** 8, 18, 27, 81 84  
 agregados 71-2 78, 89 90  
 características de 59-70, 75  
 fundamento de los fenómenos 71-4 89  
 sistema de 58, 62, 67-70, 76,78 94 (n.1) 110 112 113  
**Substancia:** 15, 34, 42  
 substancia necesaria: u **Dios**  
 substancia extensa:16-8, 26, 72 89 111 u **Extensión**  
 substancia pesante: 15, 59, 71, 73

**T**  
**Tiempo:** 38 105-6 111

**V**  
**Vacío: u Espacio**

[*índice d' nombres propios*]

- 's Gravesande, William 55  
 Arnauld, Antoine  
 58, 71, 72, 74  
 Bacon, Roger 3  
 Berkeley, George  
 75  
 Berkeley, George 75  
 Bernoulli, Daniel 4  
 Bernoulli, Jaime 4  
 Bernoulli, Juan  
 4, 54, 56 108  
 Boyle, Robert  
 1, 3, 4, 58 (n. 1) 87  
 Bruno, Giordano  
 99  
 Calandrin: 55  
 Catelan, Abbé François de  
 51, 53  
 Clarke, Samuel  
 4, 28-9, 31, 34-8, 40-2, 54, 73 86 88  
 95 (n. 1) 105  
 Cusa, Nicolás  
 99
- d'Alambert, Jean le Rond  
 53, 56 109  
 De Volder  
 91  
 Descartes René  
 1,4, 11-26, 43, 46, 49, 54, 57,58, 59,  
 64, 71, 72, 73, 74 (n. 7), 75 (n. 1), 84  
 85 86 94 97 99 109  
 Fermat, Pierre de: 1  
 Galilei, Galileo:  
 1,3-4, 23, 33, 44, 46, 47,48,51  
 Gassendi, Pierre  
 1, 3, 23 108  
 Hobbes, Thomas 4  
 Huygens, Cristhian  
 1, 4, 22, 43, 46, 49, 51, 54, 58 (n. 1),  
 85 108  
 Kant, Imanuelle 53  
 Kepler, Johannes  
 4, 23 95  
 Locke, John 4, 6  
 Mach, Ernst  
 32 (n.3), 36, 53
- Malebranche, Nicolas  
 22, 51, 54, 74 85  
 Marian, J. J. 56  
 Marsenne, Marin 1  
 More, Henry  
 85  
 Newton, Isaac  
 4, 18, 28, 30, 32-6, 37-40, 42, 47, 54,  
 55 85 86 87 88 95 98 99  
 Papin, Denis 52  
 Pascal, Blaise 1  
 Roberval, Pilles Personne de 1  
 Rusell, Bertrand  
 57, 64  
 Torricelli, Evangelista 1, 4  
 Viviani, Vincenzo 1  
 Wallis, John  
 22, 44, 54 85 99  
 Wrent, Christopher  
 22, 44 85

[*índice d' figuras*]

- Figura 1* [OC, II, 53, p. 176] 24  
 Delineación comparativa de las reglas cartesianas y leibnicianas del movimiento. (Ilustración de Leibniz).
- Figura 2* [OC, II, 54-5, p. 182] 25  
 Acerca de la teoría atomística de Descartes. Dos átomos se encuentran con un tercero. (Ilustración de Leibniz).
- Figura 3* [OC, II, 54-5, p. 184] 26  
 Acerca de la teoría atomística de Descartes. Átomos cohesionados. (Ilustración de Leibniz).
- Figura 4* [BD, p.5] 4
- Fuerza de los cuerpos a partir de la fuerza que adquieren en caída. Dos cuerpos en caída libre. (Basado en una ilustración de Leibniz).
- Figura 5* [Galilei, Galileo; *Dialogue between the two new sciences*, p. 206] 45  
 Relación entre la altura y la velocidad de cuerpos en caída libre. (Ilustración de Galileo).
- Figura 6* [E, p.40] 40  
 Demostración del absurdo que se sigue de la conservación de la cantidad de movimiento. Balanza de brazos desiguales. (Ilustración de Leibniz).
- Figura 7* [E, p.112] 48
- Acerca de la conservación de la fuerza viva en sistemas de colisiones. Sistema de distintos tipos de colisiones. (Basado en una ilustración de Leibniz).
- Figura 8* 90  
 Esquema del principio activo de las sustancias formales: fuerza y conocimiento
- Figura 9* [EDI, p.62] 97  
 Acerca del *corpus*. Cuerpo en movimiento dentro de un cilindro. (Ilustración de Leibniz)
- Figura 10* [EDII, p.86] 104  
 Choque de cuerpos elásticos. Dos cuerpos en colisión. (Ilustración de Leibniz)

## [bibliografía]

Leibniz, G.W. [NE]; *Nuevos ensayos sobre el entendimiento humano*, tr. , Alianza Editorial, Madrid, España.

\_\_\_\_\_ [M]; *Modalogía*; trad. Fuentes Benot, Manuel; Aguilar, Buenos Aires, Argentina; 1972.

\_\_\_\_\_ [DM]; *Discurso de metafísica*; tr.,ed. Marías Julián; Alianza Editorial, Madrid, España; 2002.

\_\_\_\_\_ *New system and Associated Contemporary Texts*; trans. and ed. Woolhouse, R.S.; Francks, Richard; Clarendon Press, Oxford, 1997. Esta ed. contiene

[NSI] *New system of the Nature of Substances and their communication, and of the Union wich exists between the soul and the body*

[NSII] *Draft of New system for Explaining the Nature of Substances and the communication between them, as well as the Union wich exists between the soul and the body*

[B] «Letter to Bosuet»

[R] «Reflections an the Advancement of True Metaphysics and Particularly on the Nature of Substance Extended by Force»

\_\_\_\_\_ ; *Escritos de dinámica*, tr. Arana Cañedo Argüelles, Juan(ed); Rodríguez Donís, Marcelino; Tecnos, Madrid, España, 1991. Esta ed. contiene:

[BD] «Breve demostración del memorable error de Decartes»

«Corta observación del Sr. Abate de Catelan»

«Carta de Leibniz a Bayle»

«Respuesta del señor Leibniz a la observación del Señor Abate Catelan»

[E]«Ensayo de dinámica»

[EDI]«Especimen dinámica, primera parte»

[EDII]«Especimen dinámica, segunda parte»

«Ensayo de dinámica sobre las leyes del movimiento» [LM]

\_\_\_\_\_ [OC]; *Obervaciones críticas a la parte general de los principios de la filosofía de Descartes*, apud. Descartes y Leibniz, *Sobre los principios de la filosofía*; trad. López, E; Graña, M; Gredos, Madrid, España, 1989.

\_\_\_\_\_ ; *Disertación sobre el estilo filosófico de Naziolio*, tr, y estudio Luis Frayle Delgado; Tecnos, Madrid, España, 1993.

\_\_\_\_\_ ; *Tratados fundamentales*; tr. Vicente P. Quintero, introducción Francisco Romero; Losada, Buenos Aires, Argentina; 2004.

[A] «Aclaraciones del Nuevo sistema de la comunicación de las substancias», p.31-44

[1684] «Meditaciones sobre el conocimiento, la verdad y las ideas», p.171-9.

[1691] «Carta sobre la cuestión de si la esencia del cuerpo consiste en la extensión», 1691

[1697] «Del origen radical de las cosas», p.193-204

[1701] «Sobre la demostración cartesiana de la existencia de Dios», p.45-7

\_\_\_\_\_ ; [1702] «Ningún libro he publicado hasta ahora»; tr. y n. Bernardino Orio de Miguel, febrero 2005. [www.leibnizsociedad.org](http://www.leibnizsociedad.org)

Descartes, René [PF]; *Principios de la filosofía*, apud. Descartes y Leibniz, *Sobre los principios de la filosofía*; trad. López, E; Graña, M; Gredos, Madrid, España, 1989.

Eloy, Rada(ed.); *La polémica Leibniz-Clarke*; Taurus, Madrid, España, 1990.

R.S. Woolhouse (ed.); *Gottfried Wilhelm Leibniz, Critical Assessments*, Routledge, Londres, 1994, 510pp (4vv.)

v.II

Stearns Eliot, Thomas; «The Development of Leibniz's Monadism», p.29-44

Mittelstrass, Jürgen; «Substance and its concept in Leibniz», p.57-69

v.III

Pepineau, David; «The *vis viva* Controversy: Do meanings Matter?»; p.198-216.

Broad, C. D.; «Leibniz's Last Controversy with the Newtonians»; p.1-19

Spector, Marshall; «Leibniz vs. the Cartesians on Motion and Force»; p.217-26

Gale, George; «The Physical Theory of Leibniz»; p.227-39 (1970)

Bernstein, Howard R.; «Passivity and Inertia in Leibniz's *Dynamics*», p.273-88

v.IV

Furth, Montgomery; «Monadology», p.3-27

Rescher, Nicholas; «Monads and Matter: A Note on Leibniz's metaphysics», p.168-72

Jolley, Nicholas; «Leibniz and phenomenalism», p.150-167.

McDonald Ross, George; «Leibniz's Phenomenalism and the construction of matter.», p.173-86

R.S. Woolhouse (ed.); *Gottfried Wilhelm Leibniz, Critical Assessments*, v.IV, Philosophy of Science, Logic and Language, Routledge, Londres, 1994, 510pp.

Woolhouse, R.S. [W.1993]; *Descartes, Spinoza, Leibniz: The concept of substance in seventeenth-century metaphysics*; Routledge, London-New York, 1993

Crew, Henry; *The rise of the modern physics*, 2<sup>nd</sup> Edition, The Williams & Wilkins Company, Baltimore, USA, 1935.

Huggett, Nick; *Space from Zero to Einstein*; MIT Press; Hong Kong, 1997.

Hall, A. Rupert; *The scientific revolution, 1500-1800: the rise of the modern scientific attitude*; Beacon Press, Boston; USA, 1966.

Truesdell, C.; *Ensayos de historia de la mecánica*; tr. Navascues, Juan Carlos; Pérez, Enrique; Tecnos, Madrid, España. 1975.

Salazar, Ignacio; *Leibniz y el concepto de fuerza en el siglo XVII*; Publicación de la Universidad de Sevilla; Sevilla, 1986.

Dugas, René; *Historie de la mécanique*; Editions Dumed, Paris, 1940.