

CUADERNOS HISPÁNICOS DE HISTORIA DE LA MEDICINA
Y DE LA CIENCIA

XIV

SERIE A (MONOGRAFÍAS)

EMILIO BALAGUER PERIGÜELL

LA INTRODUCCIÓN DEL MODELO
FÍSICO-MATEMÁTICO
EN LA MEDICINA MODERNA

Análisis de la obra de G. A. BORELLI (1608-1679)

De motu animalium



VALENCIA-GRANADA 1974

LA INTRODUCCIÓN DEL MODELO
FÍSICO-MATEMÁTICO
EN LA
MEDICINA MODERNA



CUADERNOS HISPÁNICOS DE HISTORIA DE LA MEDICINA
Y DE LA CIENCIA

XIV

SERIE A (MONOGRAFÍAS)

EMILIO BALAGUER PERIGÜELL

**LA INTRODUCCIÓN DEL MODELO
FÍSICO-MATEMÁTICO
EN LA MEDICINA MODERNA**

Análisis de la obra de G. A. BORELLI (1608-1679)

De motu animalium



VALENCIA-GRANADA 1974



PRINTED IN SPAIN

IMPRESO EN ESPAÑA

I. S. B. N. 84 - 600 - 6055 - 1

DEPÓSITO LEGAL: v. 391 - 1974

ARTES GRÁFICAS SOLER, S. A. - JÁVEA, 28 - VALENCIA (8) - 1974.

Als meus pares.
A Rosa i Emili J.

Es para mí una satisfacción y un elemental deber de gratitud manifestar mi reconocimiento al Profesor López Piñero. Él fue quien me indicó la conveniencia del presente trabajo y me guió con vocación de maestro por el camino de la investigación histórico-médica. Hago extensivo mi agradecimiento al Profesor García Ballester, pues su constante crítica, estímulo y ejemplo fueron decisivos en un momento u otro.

Por último, quiero reconocer públicamente la colaboración de todos los miembros de la Cátedra de Historia de la Medicina de Valencia. Sin su ayuda, hubiera sido imposible la presentación de este trabajo como Tesis de Doctorado.

SUMARIO

	<i>Pág.</i>
NOTA PREVIA	13
LA IMAGEN DE BORELLI EN LAS EXPOSICIONES GENERALES DE LA HISTORIA DE LA MEDICINA, LA BIOLOGÍA Y LA CIENCIA	17
A. <i>Repertorios bibliográficos y enciclopedias médicas</i>	17
B. <i>Historias generales de la medicina</i>	20
C. <i>Historias generales de la biología</i>	22
D. <i>Historias generales de la ciencia</i>	24
E. <i>Evolución de la investigación sobre Borelli</i>	26
ASPECTOS BIOGRÁFICOS DE UN CIENTÍFICO MODERNO: GIOVANNI ALFONSO BORELLI 1608-1679)	30
LA FISIOLÓGÍA MODERNA	43
I. <i>Visión moderna de la naturaleza</i>	43
II. <i>Los principios filosóficos en la obra de Borelli</i>	49
III. <i>Los conceptos de fuerza y movimiento en la biología moderna</i>	53
IV. <i>Antecedentes históricos del "De motu animalium"</i>	63
EL MÉTODO	65
I. <i>Características generales del nuevo método</i>	65
II. <i>El método en Borelli</i>	69
A. <i>La observación</i>	70
B. <i>La experimentación</i>	74
C. <i>Lugar de la teoría en la elaboración del conocimiento científico</i>	86
EL MODELO FÍSICO-MATEMÁTICO	92
I. <i>Significado histórico de modelo en la experimentación científica</i>	92

	<i>Pág.</i>
	<hr/>
II. <i>El modelo en la obra de Borelli</i>	94
A. El modelo físico-matemático en la circulación vascular sanguínea	96
B. El modelo físico-matemático en la fisiología cardíaca.	102
C. Significado del modelo en la obra de Borelli	118
LA OBRA POR DENTRO	122
I. <i>La fisiología muscular y la nutrición</i>	123
II. <i>Fisiología del dolor y de la fiebre</i>	128
BORELLI Y LA IATROMECAÁNICA EN ITALIA	139
PRODUCCIÓN BIBLIOGRÁFICA DE BORELLI	146
A. Escritos biológicos y médicos	146
B. Escritos no médicos	148
BIBLIOGRAFÍA	151

NOTA PREVIA

El *De motu animalium* ha sido, según opinión de la mayoría historiadores de la biología y de la medicina, una de las obras más características en los comienzos de la ciencia moderna. Pero ¿Qué significado puede tener en estos momentos la lectura y análisis de aquellos venerables textos? Una respuesta inmediata sería la necesidad que todo científico actual debe sentir en conocer el pasado de su cultura, no sólo para explicar el presente, sino también para relativizar ese presente. Pero existen además otras razones: responder con el método histórico a los problemas actuales de la ciencia, principalmente, dando modelos de comportamiento ante situaciones históricas determinadas. Planteadas las cosas de esta forma, desterramos definitivamente el concepto de historia como la *ciencia del pasado* y deja de ser el historiador un meticuloso y complacido reconstructor de antigüedades. Así pues, no es una curiosidad interesante el hecho de que en estos momentos de eclosión de las ciencias experimentales y de planteamiento *a radice* de las ventajas y limitaciones de su metodología, apliquemos el método histórico al estudio de una obra que significó el giro completo de la investigación biológica hacia la "modernidad".¹

¹ La relación de trabajos actuales referentes al problema metodológico sería numerosa e inadecuada en estos momentos. Por otra parte, no existen estudios históricos en la misma cuantía que los planteamientos filosóficos, de ahí el desequilibrio, en algunas ocasiones peligroso, en favor de los planteamientos especulativos. Sólo por citar los trabajos históricos más significativos, incluimos las siguientes referencias que no pretenden, en absoluto, agotar el tema: BARDUZZI, D.: Del metodo galileano nell scienze mediche. *Atti. Soc. Sc.*, 8, Siena, 1914; COHEN, H.: Harvey and the scientific method. *B. M. J.*, 2, 1405-10 (1950); DEBUS, A. G.: Harvey and Fludd: The Irrational Factor in the Rational Science of the Seventeenth

La mayoría de los autores han estudiado este período de la ciencia sólo en sus grandes figuras y a pesar de atribuir a Borelli la paternidad de la escuela iatromecánica, pocos historiadores de la medicina y la biología han sentido un interés especial por nuestro hombre. Generalmente, después de analizar la obra de Harvey, atribuyéndole significaciones impropias,² aludían a la producción iatromecánica boreliana muchas veces, interpellando su actitud ante el fenómeno vital.³ Ciertamente, que la lectura de las obras de Borelli presenta algunas dificultades como la imprecisión de su latín, la confusa terminología utilizada, la ausencia de sistematismo, etc. Pero en vez de superar estos problemas, los historiadores se han limitado a repetir materiales de forma acrítica, lo que nos ha proporcionado un Borelli carente de interés.⁴ Por ejemplo, no ha recibido la menor atención el hecho de que Borelli intentara construir

Century. *J. Hist. Biol.*, 3, 81-106 (1970); D'IRSA, S.: A physiological synthesis. *Kyklos*, 2, 115-130 (1929); Scientific Thought and Enlightenment. *Kyklos*, 3, 136-146 (1930); HALL, T. S.: Descartes Physiological Method: Position, Principles, Examples. *J. Hist. Biol.*, 3, 53-80 (1970); LAIN ENTRALGO, P.: Harvey en la historia de la biología. En *Harvey*. Madrid, 1948, pp. 9-177; Estudios preliminares. En *Introducción al estudio de la medicina experimental*. Madrid, 1947, pp. 4-111; PAGEL, W.: Religious motives in the medical biology of the 17th century. *B. H. M.*, 3, 97-128; 265-312 (1935); ROTHSCHUH, K. E.: Zur Geschichte der physiologischen Reizmethodik im 17 und 18 Jahrhundert. *Gesnerus*, 23, 147-160 (1966); *Physiologie; der Wandel ihrer Konzepte, Probleme und Methoden vom 16. bis 19. Jahrhundert*. München, 1968; SINGER, CH. (editor): *Studies in the history and method of science*. 2 vols. London, 1955; WIGHTMAN, W. P. D.: Myth and Method in seventeenth-Century Biological Thought. *J. Hist. Biol.*, 2, 321-336 (1969).

² Harvey continúa postulando una "vis pulsifica" que atraía a la sangre para que circulara por las venas. Concepto propio del galenismo y que reflejaba el auténtico significado de transición del descubridor de la circulación mayor a conceptos y métodos totalmente modernos. LAIN ENTRALGO, P.: Harvey en la historia de la biología. En *Harvey*, pp. 9-177.

³ En el capítulo historiográfico, analizaremos adecuadamente estos aspectos.

⁴ KOYRE, A.: La mécanique céleste de J. A. Borelli. *Rev. Hist. Scien.*, 5, 101-138 (1952); denuncia esta actitud de los historiadores ante la obra de Borelli. El trabajo de Koyré es de una calidad extraordinaria.

una "fisiología general", en el sentido de comprobar las características uniformes del movimiento local, no sólo a nivel del hombre y los animales, sino también de las plantas; fusionando la forma y la función en una incipiente "fisiología fibrilar",

Una de las metas que nos proponemos en el presente trabajo, es rellenar algunas de las importantes lagunas dejadas por los estudios anteriores. Pero al mismo tiempo, analizar con nuevas intenciones el contenido de la obra de Borelli, fundamentalmente desde una preocupación metodológica. Estamos convencidos que es precisamente esta faceta la que más puede interesar a un hombre actual. Lo verdaderamente sugestivo en la producción boreliana, no es el dato concreto, sino su actitud ante el problema biológico y el camino que sigue para construir su fisiología. Hemos prestado una especial atención al concepto de modelo en la fisiología boreliana, pero más que por la oportunidad del tema, por la gran importancia que tuvieron los modelos en la metodología de nuestro autor. En este sentido, hay dos caminos por los cuales puede llegarse a la comprensión del concepto de modelo y a la explicación de su papel en la moderna investigación científica. Uno histórico, en el sentido de que, rastreando en el pasado la formación y la utilización de modelos, podemos concluir ciertos hechos generales por lo que su aplicación supuso un éxito o un fracaso. El otro camino, sería el desarrollo y estudio por la lógica de los distintos modelos actuales. Desde luego, nuestro trabajo está esencialmente centrado en el primero de los caminos indicados. Sin embargo, hemos pretendido dar una imagen total del hombre y su obra y en absoluto limitarnos al estricto análisis histórico de los hechos biológicos considerados en abstracto. Así pues, hemos incorporado todos aquellos elementos que pudieran ayudarnos a explicar los datos surgidos del estudio de los textos borelianos. Aunque nuestro objetivo fundamental ha sido el análisis del *De motu animalium*, jamás hemos partido del supuesto de que se trataba de un fenómeno particular, sino algo que tuvo lugar en un momento histórico determinado. Es decir, en un lugar y en un tiempo con características científicas, socio-económicas, culturales, etc., peculiares. Sólo de esta forma, podremos llegar a comprender la obra de Borelli.

LA IMAGEN DE BORELLI EN LAS EXPOSICIONES GENERALES DE LA HISTORIA DE LA MEDICINA, LA BIOLOGÍA Y LA CIENCIA.

Vamos a analizar, en este capítulo, las diferentes aproximaciones de los historiadores de la Medicina, la Biología y la Ciencia. El interés por la obra de Borelli fue distinto según la intencionalidad con que se estudió, la instalación histórica del autor y el estado de la investigación histórica sobre Borelli.⁵

Respecto a la historiografía actual la imagen de Borelli está fuertemente determinada por la de épocas anteriores. La necesidad de un replanteamiento, basado en supuestos distintos a los pretéritos, nos obliga a incluir el presente capítulo historiográfico.

A. REPERTORIOS BIBLIOGRÁFICOS Y ENCICLOPEDIAS MÉDICAS

Aunque desde finales del siglo xvi se publicaron bibliografías, sólo con la *Bibliotheca scriptorum medicorum veterum et recentiorum* (1731) de Manget,⁶ comienza una auténtica intencionalidad histórica.⁷ Precisamente, es en esta obra donde aparece por primera vez una bibliografía de Borelli.⁸ Aquí, como después con Boerhaave y Haller, lo que interesa de nuestro autor es el aspecto médico y toda la producción no médica citada, excepto la *Metereología Aetnae*, está en función de aquel criterio. El interés de Manget es puramente descriptivo, y solamente se detiene en relatar el contenido de los dos libros del *De motu animalium* como pocos lo han hecho poste-

⁵ Hemos tomado como guía y marco de referencia el trabajo de LÓPEZ PIÑERO, J. M.: *Grandes etapas de la historiografía médica*. En *Memoria de Cátedra*. Valencia, 1970 (inérita).

⁶ MANGETI, J. J.: *Bibliotheca scriptorum medicorum, veterum et recentiorum*. Vol. I, pars prima. Genevae, MDCCXXXI.

⁷ LÓPEZ PINERO, op. cit.

riormente. Ahora bien, el modo con que cita las relaciones entre la obra de Harvey y Borelli, el contenido doctrinal iatroquímico y su significado en contraste con el galenismo, indica que Manget tenía conciencia del interés histórico de la obra de Borelli.

Dezeimeris, en su *Dictionnaire historique* (1828-1839),⁹ sigue la línea marcada por Manget aunque con alguna diferencia, propia de la distancia que los separa y el concepto vigente de Historia de la Medicina.¹⁰ Además de una completa relación bibliográfica y una visión global de la obra de Borelli, introducida por una breve biografía, en Dezeimeris se conjugaban las ideas de Sprengel y Laënnec sobre el significado de la Historia. Para el autor del *Dictionnaire*, Borelli fue el hombre que aplicó las leyes de la estática y la hidráulica al estudio del movimiento biológico, prescindiendo de las “fuerzas vitales”, y rectificando “opiniones absurdas”.¹¹ Por otra parte, fue un científico que supo observar, y como “la vie tout entière de l’homme de plus laborieux ne pourrait suffire à recueillir toutes les observations faites jusqu’à present...”,¹² sus datos poseen una gran utilidad actual y se enjuicia la forma de recogerlos como si se tratase de un contemporáneo.

Características similares reúne la reseña que elabora Cantani en el *Biographisches Lexikon*,¹³ típico producto de la erudición del último tercio del siglo XIX. La imagen de Borelli, mucho más incompleta bibliográficamente que en los anteriores, está muy en función de las preocupaciones del momento. Por ejem-

⁸ MANGETI, op. cit., pp. 366-370.

⁹ DEZEIMERIS, O.; RAIGE-DELORME.: *Dictionnaire Historique de la Médecine*. Vol. I. Paris, 1828.

¹⁰ En el “Preface”, página IX del DEZEIMERIS, encontramos el siguiente texto extraordinariamente significativo:

“L’histoire des doctrines, ou l’histoire philosophique de la médecine, combinée et conduite de front avec l’histoire littéraire, donne, celles des vicissitudes de l’art de guérir, ou histoire technologie, come nous l’avons anommée.”

¹¹ DEZEIMERIS, op. cit., p. 469.

¹² *Idem*, en “preface”, p. VII.

¹³ CANTANI, A.: Borelli, G. Alfonso. En *Biographisches Lexikon der hervorragenden Aerzte aller Zeiten und Völker*. Berlin - Wien, 1929, pp. 636-638.

plo, se tiene en cuenta las doctrinas genéticas borelianas sobre la reproducción sexuada y la similitud de los caracteres hereditarios y enfermedades ligadas al padre,¹⁴ etc. Se trata, pues, de una nota descriptiva de contenido, destinada a profesionales de la medicina con conocimientos históricos. Borelli ocupa todavía un lugar distinguido al lado de médicos de la categoría de Bellini o Bichat.

Una serie de repertorios no estrictamente históricos, como puede ser el *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*,¹⁵ publicado a finales del siglo XIX, presenta características distintas y muy interesantes. Dos hechos fundamentales se reúnen en este tipo de obras: el intento de analizar exhaustivamente la obra de Borelli y la ausencia de perspectiva histórica. Tras una breve biografía, se refiere a los hechos comunes de que Borelli ha aplicado por primera vez las leyes de la estática al movimiento muscular y explicado la circulación por las leyes de la hidráulica. Los textos siguen teniendo para el autor de la nota una importancia actual, como se hace notar cuando alaba la forma en que Borelli recoge los datos y lamenta los errores cometidos en el montaje de las hipótesis. Por otra parte, la falta de un contexto histórico, le impide comprender cómo el fundador de las doctrinas iatromecánicas puede introducir conceptos químicos como el de efervescencia, "doctrine tout chimiatrique!".¹⁶

En resumen, de todos los repertorios bibliográficos que hemos revisado, continúa siendo la *Bibliotheca* de Manget el más completo respecto a nuestro tema, aunque también el más descriptivo. Ciertamente que en este tipo de literatura la evolución de las investigaciones en torno a Borelli son apenas perceptibles, aunque su presentación esté en funciones de las características de la historiografía en ese momento. Pero dado que las fuentes de Dezeimeris son fundamentalmente las *Bibliothecae* de Haller, Barthez y los trabajos de Sprengel, y las

¹⁴ *Idem*, p. 637.

¹⁵ DECHAMBRE.: *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*. Vol. 10. Paris, 1874, pp. 94-95.

¹⁶ *Idem*, p. 95.

fuentes de Cantani, el *Dictionnaire historique* y algunos más, no es nada extraño que se repitan los materiales con pequeñas variantes en la ordenación.¹⁷

B. HISTORIAS GENERALES DE LA MEDICINA

Nace la Historia de la Medicina en el momento en que se unen las síntesis históricas de carácter filosófico, con el manejo crítico de las fuentes. Este hecho se dio por primera vez cuando Kurt Sprengel publica su *Versuch einer pragmatischen Geschichte der Medizin* (1792-1803);¹⁸ por lo tanto, éste será el comienzo de nuestro estudio en el presente apartado.

Para Sprengel, la historia es algo pragmático y útil, de ahí, que su interés se centre fundamentalmente, en el contenido médico de la obra boreliana, como si se tratase de una producción que tuviera en sí una validez inmediata.¹⁹ Siguiendo el estilo de Voltaire y Montesquieu, insiste en las corrientes filosóficas y en el papel desempeñado por las instituciones en la formación de los científicos de cada período. Concretamente, agrupa de alguna manera, a todos aquellos que formaron parte de la *Academia del Cimento* o fueron influidos por sus miembros, y valora como relevante el papel de la filosofía cartesiana.²⁰ Ciertamente que Sprengel no descuida el establecer relaciones entre la escuela de Galileo y Borelli,²¹ pero al no diferenciar claramente los distintos elementos de las diversas

¹⁷ No queremos presuponer con estas palabras un intento de aparentar una información suficiente por parte de estos autores, tanto Dezeimeris como Cantani, citan las fuentes de procedencia de sus datos.

¹⁸ LÓPEZ PIÑERO, op. cit.

¹⁹ SPRENGEL, K.: *Histoire de la Médecine*. Vol. V. Paris, 1815, páginas 135-139. Concretamente Sprengel estudia la aplicación de las leyes de la estática y la hidráulica a la circulación de la sangre y el movimiento muscular, como si se tratase de recientes adquisiciones científicas, a las que, más que analizarlas históricamente, había que exponer de forma sistemática.

²⁰ SPRENGEL, op. cit., pp. 132 y 138.

²¹ *Idem*, p. 134.

escuelas iatromecánicas, incurre en defectuosas interpretaciones históricas, puesto que, lo interesante para él, son las directrices globales de cada tendencia. Es más, al analizar contenidos desgajados de su contexto social y biográfico, quedan muchos elementos carentes de sentido. A pesar de ello, la versión de Sprengel es la primera en la que se estudió la obra de Borelli como algo engarzado en un contexto filosófico dimanante de un período concreto de la historia, y se ve en ella un paso progresivo en el desarrollo del saber médico.

En 1870 publicó Daremberg su *Histoire des Sciences médicales*,²² declarándose seguidor en la línea de Littré en el intento de aplicar la historia a la medicina, con el fin de que ésta no fuera "rabaisée au rang de métier".²³ Con tal declaración, en principio, ya podemos suponer cuáles fueron las directrices de la producción histórica de Daremberg. Para él, los clásicos deben editarse con una intención puramente histórica, desconectada de la medicina viva. Su aproximación positivista a la historia basada en la erudición, el estudio filológico y bibliográfico, se refleja claramente en autores que se presten a este tipo de acercamientos, pero no en el caso que nos ocupa. Con la obra de Borelli, se limita a llevar a cabo un análisis interno de las hipótesis que considera históricamente significativas, destacando la validez de alguna de sus aportaciones a la ciencia médica, y el error de otras.

Coetáneo de Daremberg es el grupo de Haeser. Para éste, la Historia de la Medicina, es un capítulo de la Historia General totalmente al margen del interés médico. Su actitud ante la producción boreliana no dista mucho de la mantenida por Daremberg.²⁴

²² DAREMBERG, CH.: *Histoire des Sciences médicales*. Vol. II, Paris, 1870.

²³ *Idem*, en la dedicatoria a Emile Littré.

²⁴ HAESER, H.: *Lehrbuch der Geschichte der Medizin und der epidemischen Krankheiten*. Vol. II. Jena, 1881. Fundamentalmente en el apartado "Die Praktiker der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts", pp. 338-339, se refiere a Borelli, principalmente en lo tocante a su teoría patológica del dolor y la fiebre, insistiendo en el clásico ejemplo de la "vellicatio" en los nervios.

En realidad, no es en el análisis de la obra médica de Borelli, llevado a cabo en distintos momentos de la historiografía, donde se reflejan con mayor claridad los distintos enfoques históricos. Ni el "Handbuch" de Neuburger,²⁵ ni los continuadores de la obra de Sudhoff, introducen elementos nuevos. La descripción del *De motu animalium* en lo que tiene de datos, absorbe de tal forma la atención de los historiadores, que en la mayoría de casos, incluso con Sigerist²⁶ y Diepgen,²⁷ el capítulo de Borelli es más una narración de hechos y doctrinas, muchas veces acriticamente expuestas, que una valoración histórica. Algo distinta, es la aproximación de Castiglioni.²⁸ Lo más notable es la utilización del método histórico para explicar y comprender los "errores" y los éxitos de Borelli, ya que su obra forma parte de una Italia cuyas características se reflejan en su producción científica.²⁹ De forma similar, procede Laín Entralgo, fundamentalmente, en sus dos grandes tratados: *La Historia de la Medicina Moderna y Contemporánea*³⁰ y la *Historia clínica*.³¹ Según Laín, nuestro hombre, como perteneciente a un período histórico determinado, debe responder a unas motivaciones o principios filosóficos; a la vez que su obra, en cierta medida, colabora a confirmarlos y transmitirlos. Así, en la *Historia clínica*, insiste en la lógica interna de que un iatromecánico elija para su estudio el movimiento muscular, dadas las características del mismo.

²⁵ NEUBURGER, M.; PAGEL.: *Handbuch der Geschichte der Medizin*. Vol. II. Jena, 1903.

²⁶ SIGERIST, H. E.: *Grosse Aerzte*. Trad. castellana. Barcelona, 1949.

²⁷ DIEPGEN, P.: *Geschichte der Medizin*. Trad. castellana. Barcelona, 1932.

²⁸ CASTIGLIONI, A.: *Storia della medicina*. Trad. castellana. Barcelona, 1941.

²⁹ *Idem*, pp. 517-518.

³⁰ LAÍN ENTRALGO, P.: *Historia de la Medicina Moderna y Contemporánea*. Barcelona, 1954.

³¹ LAÍN ENTRALGO, P.: *La historia clínica*. Barcelona, 1961.

³² *Idem*, pp. 171 y 419.

C. HISTORIAS GENERALES DE LA BIOLOGÍA

La deficiente imagen de Borelli que hemos entresacado de los grandes tratados de Historia de la Medicina, se ve en parte compensada con varias explicaciones de los historiadores de la Biología, superior, en algún sentido, a las aproximaciones de aquéllos. Incluso la *Histoire de Sciences de l'organisation* de Blainville,³³ puesta al servicio de una filosofía de las ciencias biológicas, intuye el núcleo fundamental del problema metodológico entre las escuelas cartesiana y galileana, nudo gordiano en la comprensión del significado de la escuela iatromecánica italiana, olvidado por la casi totalidad de los historiadores de la medicina.³⁴ Ahora bien, no todos los acercamientos se esfuerzan por exponer objetivamente los hechos, y en este sentido, los más peligrosos son los filosóficos. Radl,³⁵ por ejemplo, plantea el problema de la mentalidad mecanicista como una discusión entre el neoplatonismo físico, astronómico y matemático con el aristotelismo biológico. Orientada de esta forma, la historia de la biología no sólo es la lucha contra el esencialismo de Aristóteles, sino también "la liberación de las doctrinas mecanicistas".³⁶ Puestas las cosas en este terreno, la

³³ BLAINVILLE, M. H. DE.: *Histoire des Sciences de l'organisation*. Vol. II. Paris, 1858.

³⁴ BLAINVILLE, *idem*, p. 278, da una importancia paralela a la metódica cartesiana y de Francis Bacon. Es más, en algunas ocasiones da prioridad a Descartes en cuanto su influencia en la medicina. Ahora bien, citando un comentario de Hume sobre Bacon, dice:

"Le philosophe anglais n'avait aucune connaissance des mathématiques. Le philosophe de Florence (Galileo) et excellait, et il est le premier qui les ait appliquées aux expériences et à la philosophie naturelle."

Con lo que parece indicar que la escuela italiana siguió, en principio, caminos distintos a unos y otros.

³⁵ RADL, E.: *Historia de las teorías biológicas*. Trad. castellana. Madrid, 1931.

³⁶ *Ibidem*, p. 163. Desde luego, Radl desconoce el problema metodológico que supuso para Borelli la introducción del método galileano en biología, es más, le son ajenas las coordenadas históricas concretas en que se movió nuestro autor. No podemos explicar de otra forma su afirmación

producción boreliana se califica en un sentido peyorativo e incluso entorpecedor del progreso científico. Hasta cierto punto, la *Historia de la Biología* de Singer,³⁷ partiendo de una actitud menos dialogante, reúne algunas de las características apuntadas en Radl, sólo que en el estudio genético de los principales problemas biológicos renuncia a todo apriorismo teórico.³⁸

Un caso notable lo constituye el análisis de Nordenskiöld sobre el papel de Borelli en la Historia de la Biología.³⁹ Aquí, se ataca de frente el problema metodológico y las hipótesis borelianas en función de aquél. El acierto de Nordenskiöld está precisamente en eludir las imágenes tradicionales y plantear, aunque sin desarrollarlo, las discrepancias entre galileanos y cartesianos ejemplificadas en los casos de Gassendi y Perrault.⁴⁰

En definitiva, y a pesar de ser más completa la imagen presentada por los historiadores de la Biología, salvo el caso de Nordenskiöld, lo más común en los tratados revisados es una repetición de la imagen tópica del Borelli iatromecánico totalmente al margen de los problemas centrales de la biología.⁴¹ Desgraciadamente, la ausencia de un estudio sistemático basado en fuentes ha permitido este tipo de interpretaciones superficiales, poco fieles a la realidad histórica.

de que "lo notable históricamente es en aquel tiempo (tan sensible a lo religioso) que estas opiniones no entraran en colisión con la Iglesia" (p. 165). En estos juicios se hace notar la necesidad de una biografía que pongan en claro las contradicciones que apunta Radl.

³⁷ SINGER, CH.: *Historia de la Biología*. Trad. castellana. Buenos Aires, 1947.

³⁸ Nos referimos concretamente al hecho de que Singer estime "como insatisfactoria la interpretación mecanicista de la vida" (*Idem*, p. 31), pero a la vez sea un decidido defensor del método experimental y su gran significado histórico (p. 32). Sin embargo, sigue presentando a un Borelli abstracto, cuyo único interés estriba en que "muchas conclusiones... han resistido la prueba del tiempo" (p. 358).

³⁹ NORDENSKIÖLD, E.: *Biologins Historia*. Trad. castellana. Buenos Aires, 1949.

⁴⁰ *Ibidem*.

⁴¹ Especialmente tópicos son las referencias que hace de Borelli BALLAUF, T.: *Die Wissenschaft vom Leben*. Vol. I. München, 1954.

D. HISTORIAS GENERALES DE LA CIENCIA

Dejando aparte una serie de artículos aparecidos fundamentalmente en Italia en el último tercio del siglo XIX y principios del XX, en los que se estudia la obra de Borelli según las distintas aportaciones a las ciencias más diversas, sólo las historias generales de la Ciencia pueden servirnos de muestra para valorar la consideración de la polifacética producción boreliana. Ciertamente que los historiadores de la medicina y la biología se refieren a las otras actividades de Borelli, fundamentalmente a la matemática. Tal mención no deja de ser una nota que no incorporan al análisis del texto biológico o médico que estudian; es más, en ningún momento se preguntan las razones y consecuencias de este hecho.⁴² Los historiadores de la ciencia, por su parte, no pueden desconocer la diversidad de los trabajos realizados por nuestro autor, muchos de ellos con indiscutibles características de novedad.

En algún caso, como Whewell,⁴³ sólo se estima la producción física y astronómica, incluso ésta, desde un ángulo extraordinariamente crítico y dialogante.⁴⁴ Ahora bien, lo común en las historias de la Ciencia es la integración de todas las aportaciones de Borelli a los distintos capítulos del sabor científico. Se notan olvidos como los materiales sobre vulcanología del Etna, en absoluto despreciables. Pero en definitiva, lo más característico de la obra boreliana ha sido ya incorporado.

Hay dos aspectos en los que hacen especial hincapié todos los historiadores de la Ciencia: la astronomía y la medicina. Tanto en la *Histoire générale des sciences* dirigida por Taton,⁴⁵

⁴² PAPP, D.; BABINI, J.: *Biología y medicina en los siglos XVII y XVIII* Trad. castellana. Buenos Aires, 1958. Estos autores introducen en su estudio materiales habitualmente olvidados por otros historiadores de la biología, como la teoría de la gravitación de los planetas medicos. Pero en ningún caso establecen relación entre este hecho y la producción biológica de Borelli.

⁴³ WHEWELL, W.: *History of the inductive sciences, from the earliest to the present time*. London, 1857, p. 202.

⁴⁴ *Idem*, p. 109-110.

⁴⁵ TATON, R.: *La science moderne (1450-1800)*. Vol. II. Paris, 1958.

como en *Augustine to Galileo* de Crombie,⁴⁶ por citar dos ejemplos, las notas características son la valoración de aquellos dos capítulos de la obra de nuestro autor, con un balance favorable a la producción médica y biológica.

Sin embargo, lo verdaderamente sugestivo y que no ha recibido un tratamiento adecuado por parte de los estudiosos, es la íntima vinculación de todos estos aspectos de la obra de Borelli en un común denominador metodológico. Esto es lo específicamente moderno en nuestro hombre y lo que intentaremos analizar en todas sus consecuencias.

E. EVOLUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE BORELLI.

No cabe ninguna duda que en estos momentos existe una mayor atención por parte de los historiadores hacia la persona y la obra de Borelli. Ello no quiere decir que los trabajos sobre este tema hayan sido comparativamente más numerosos, mucho menos al relacionarlos con el número de publicaciones referentes a otros temas historicomédicos. Ciertamente, que en todo momento y casi simultáneamente a la aparición del *De motu animalium*, nuestro hombre despertó el interés de aquellos que, en algún sentido, intentaban estudiar estos problemas con intención histórica.

Considerando solamente las monografías y los artículos que directamente se refieren a Borelli hasta 1868, es muy significativo la casi ausencia de investigación histórica, entre otras razones, por el escaso número del tipo de publicaciones que ahora estudiamos. Pero el fenómeno de crecimiento entre 1890-1910, sólo indica el interés de Modesto del Gaizo por la obra de Borelli. De hecho, su producción en este período significa más del 58 %, y su contribución en los veinte años siguientes fue también notable. El aumento de trabajos experimentado desde 1953 hasta nuestros días no tiene ninguna significación, ya que está en relación con el crecimiento total de las publicaciones historicomédicas y científicas en general. Las carac-

⁴⁶ CROMBIE, A. C.: *Augustine to Galileo*. Trad. francesa. Paris, 1959.

terísticas en la distribución cronológica de estas publicaciones indica fundamentalmente una ausencia de interés continuado por la investigación que nos ocupa, persistencia sólo encontrada en la continuidad de Modesto del Gaizo.

Sólo una descripción del número de publicaciones en torno al tema de Borelli y su obra ya indica una pobreza extraordinaria y la necesidad de un estudio sistemático de la obra biológica de Borelli; sólo que, para esto, no se puede olvidar el resto de la producción boreliana. Pero analizando los contenidos de la bibliografía sobre nuestro autor, la decepción es mucho mayor. Koyré ya denunció que los textos borelianos "no son leídos con frecuencia, sin embargo se citan con elogio y se le atribuyen ideas y hechos que no le corresponden".⁴⁷ En realidad, casi todos los aspectos de la obra de nuestro hombre han sido analizados anteriormente, la mecánica celeste, la óptica y la termometría, por los historiadores de la Ciencia.⁴⁸

⁴⁷ KOYRE, op. cit., p. 101.

⁴⁸ Los trabajos de investigación más importantes sobre temas no biológicos de la obra de Borelli son, a nuestro parecer, además de los ya citados, los siguientes: ARMITAGE, A.: Borelli's Hypothesis and the Rise of Celestial Mechanics. *Annals of Science*, 6, 268-282 (1950); BONORA, F.: Il contributo di G. A. Borelli alla conquista del mondo somerso. *Cong. Naz. stor. med. Roma, 1964. Atti*, 254-68, Roma, 1964; DERENZINI, T.: Giovanni Alfonso Borelli, físico. *Celebrazione dell' Accademia del Cimento nel Tricentenario della fondazione (19 Giugno, 1957)*. Pisa, 1958, pp. 35-52; GAIZO, M. DEL.: *Studii di Giovanni Alfonso Borelli sulla pressione atmosferica, con note illustrative intorno alla vita ed alle opere di lui*. Napoli, 1886; Una lettera di G. A. Borelli ed alcune indagine di pneumatica da lui compiute. *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 21, 61-78 (1903); Note di storia della vulcanologia. *Memoria n.º 5. Atti. dell'Accademia Pontaniana*, 36, Napoli (1906); Evangelista Torricelli e Giovanni Alfonso Borelli. Apunti raccolti nel compiersi il terzo secolo dalla lora nascita. *Rivista di fisica, matematica e scienze naturali*, 17, 385-402, Pavia (1908); Di un'opera di G. A. Borelli sulla eruzione dell'Etna del 1669 e di Adriano Auzout corrispondente, in Roma, del Borelli. *Atti della R. Accademia medico-chirurgica di Napoli*, 62, 147-169 (1908); Di alcuni legami tra E. Torricelli e G. A. Borelli. *Atti I riunione soc. stor. sc. med. nat.* Faenza, 1908, pp. 125-129; L'opera scientifica di G. A. Borelli e la Scuola di Roma nel secolo xvii. *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 27, 275-307 (1909); G. A. BORELLI (1608-1679) and E. Torricelli (1608-1647). *Discovery*, 19, 314 (1958); GIOVANNOZZI, G.: La versionne boreliana dei

En cuanto al estudio de los aspectos biológicos y médicos, salvo los trabajos mencionados de Modesto de Gaizo,⁴⁹ poco más podemos decir. Sólo Belloni, en algunos artículos destinados al modelo mecánico de secreción, al esquema de la máquina viviente y a ciertos aspectos de neuroanatomía y anatomía microscópica, se ocupa de la obra boreliana.⁵⁰ Al igual que

Conici di Apollonio. Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei, 2, 1-32 (1916); *Lettere inedite di Giovanni Alfonso Borelli al P. Angelo (Morelli) di S. Domenico sulla versione di Apollonio*. Firenze, 1916; HUBBARD, T., y LEODOBOER, J. H.: *The Flight of Birds*. Royal Aeronautical Society of London. Aeronautical Classics, n.º 6. London, 1911; KOYRE, A.: La gravitation universelle de Kepler à Newton. *Arch. inter. hist. scien.*, 4, 638-653 (1954); A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton. *Transactions of the American Philosophical Society*, n. s. 45, 327-395 (1955); *La révolution astronomique: Copernique, Kepler, Borelli*. Paris, 1961; PLANA, G. A. A.: Memoire sur la decouverte de la loi du choc direct des corps durs, publiée en 1667 par Alphonse Borelli, et sur les formules générales du choc eccentriques des corps durs ou elastiques. *Memorie delle Reale Accademia delle scienze di Torino*, 2.^a ser., 6, 1-37 (1844); SCACCHI, A.: Le eruzioni polvorese e filamentose dei vulcani. *Atti della R. Acc. delle scien. Fis. Mat. di Napoli*, 2, ser. 2.º, n.º 10; SERRUS, CH.: La mécanique de J. A. Borelli et la notion d'attraction. *Rev. hist. scien.*, 1, 9-25 (1947); VARIGNON, P.: *Projet d'une nouvelle mécanique, avec un examen de l'opinion de M. Borelli sur les propriétés des poids suspendus par des cordes*. Paris, 1687.

⁴⁹ GAIZO, M. DEL.: Contributo allo studio delle opere di G. Borelli. *Atti Accad. Pontaniana*, 20, 1-48. Napoli (1890); Di un'antica indagine sul calore animale. *Atti Accad. Med. Chir.*, 49, 378-394 (1895); Giovanni Alfonso Borelli e la sua opere *De motu animalium*, discorso. *Atti della R. Accad. Med. Chir. di Napoli*, 62, 147-169 (1908); Il *De motu animalium* studiato in rapporto al *De motu Cordis*. *Atti. R. Accad. Med. Chir. di Napoli*, 67, 195-227 (1914); Ipotesi di antiche fisiologi specialmente di Giovanni Alfonso Borelli sulla esistenza del succo nervoso. *Atti. della R. Accad. Med. Chir. di Napoli*, 69, 85-108 (1916).

⁵⁰ BELLONI, L.: Schemi e modelli della machina vivente nel seicento con ristampa della lettera di R. Magiotti "Renitenza certissima dell'acqua alla compressione" (Il "diavoletto di Descartes"). *Physis*, 5, 259-298 (1963); Auf dem Wegen zur Elementardrüse als Sekretionsmaschine. Forschungen des Kreises um Borelli (Auberius, Bellini - Zambecarri, Malpighi). *Sudhoffs Arch.*, 7, 11-29 (1966); Dal Borelli al Malpighi. *Simposi Clinici*, 4, XVII-XXIV (1967); La dottrina della circolazione del sangue a la Scuola Galileana. *Gesnerus*, 28, 7-34 (1971); De la théorie atomistico-mécaniste à l'anatomie subtile (de Borelli à Malpighi) et de

Castellani en el estudio sobre el descubrimiento del huevo vivíparo y más monográficamente en el análisis del pensamiento de Borelli y Malpighi sobre la generación; y Rothschuh, en varios trabajos en los que estudia los principales problemas de la fisiología.⁵¹ Las facetas biográficas han merecido mayor interés, y a pesar de ello, también Modesto del Gaizo ofrece una visión más completa que los trabajos posteriores, excepción hecha de algunos datos desconocidos por éste y que aportaron Adelman,⁵² Busacchi y otros.⁵³

Sin embargo, sigue siendo un hecho la mitificación de varios aspectos de la obra boreliana, lo que ha restado importancia a su verdadera trascendencia histórica. Borelli, por su actitud ante los problemas científicos y por su obra misma, es un verdadero hito. Ahora bien, la forma en que se le ha estudiado no podía reflejar su auténtica categoría. Insistimos una vez más en que junto a todo lo hecho era necesaria la investigación de un aspecto central: el metodológico. Posiblemente, si los historiadores hubieran estudiado con más detenimiento los juicios de Boerhaave sobre nuestro autor, este vacío en la investigación histórica ya estaría resuelto.

Panatomie subtile à l'anatomie pathologique (de Malpighi à Morgagni). Clio. Med., 6, 99-107 (1971).

⁵¹ CASTELLANI, C.: Appunti per uno studio della generazione secondo il pensiero di due italiani: Borelli e Malpighi. *Atti Accad. Stor. Arte. Sanit.*, 26, 167-175 (1962); Appunti per uno studio sulla scoperta delle "ova viviparum" e degli spermatozoide e sui primi sciluppi di essa. *Atti. Accad. Stor. Arte. Sanit.*, 28, serie II, n.º 3 (1962); Intuizioni endocrinologiche nelle opere di alcuni autori italiani del seicento. *Castalia*, 18, 1-4 (1962).

⁵² ADELMAN, H. B.: La prima epistola di Marcello Malpighi sui polmoni: la sua base sperimentale e l'influenza di Giovanni Alfonso Borelli sulla sua produzione. *Simposio sul metodo sperimentale in Biologia da Antonio Vallisneri ad oggi*. Padua, 29 septiembre 1961, s. 49.

⁵³ BUSACCHI, V.; MURATORI, V.: Giovanni Alfonso Borelli e lo studio di Bologna. *Bull. sci. med.*, 136, 86-90 (1964). Por lo que se refiere a otros muchos trabajos sobre Borelli, remitimos al lector al correspondiente apartado bibliográfico.

ASPECTOS BIOGRÁFICOS DE UN CIENTÍFICO
MODERNO. GIOVANNI ALFONSO BORELLI
(1608 - 1679)

El último día del año de 1679 moría en Roma, en el colegio de *S. Pantaleone* de los padres escolapios, uno de los testigos y protagonista al mismo tiempo, de la renovación científica y médica del Barroco: Giovanni Alfonso Borelli. Como hemos visto, su personalidad y su obra han ocupado la atención, desde sus contemporáneos, de no pocos historiadores de la Medicina y la Ciencia. Sin embargo, los estudios publicados hasta ahora no han intentado abordar el núcleo del problema, dando una visión integrada de la polifacética personalidad de nuestro hombre. Su amplitud de conocimientos le posibilitará dos cosas: la explicación del movimiento muscular por la geometría euclidiana, lo que ya hizo Charleton (1619-1707)⁵⁴ antes que Borelli; en segundo lugar, construir una respuesta, partiendo del saber matemático y físico, a la pregunta sobre qué es la vida entendida desde la nueva biología. En este sentido, su obra capital *De motu animalium* muy bien podría haberse titulado *De vita animalium*.

A nuestro parecer, la razón que justifica el estudio biográfico de un autor no es más que el comprender y analizar el proceso que siguió y en último caso, diseccionar los elementos que pesaron en sus conclusiones y actitudes ante los problemas

⁵⁴ Se trata del célebre médico y filósofo inglés, estudiante de la Universidad de Oxford y médico de Carlos I y II. Su prestigio llegó al punto que la Universidad de Padua le ofreció un puesto entre sus profesores. En realidad, sus hipótesis fueron más bien de tipo especulativo y muchas de ellas tomadas del sistema de Van Helmont, pero hay que atribuirle el mérito de ser uno de los primeros en abrazar la doctrina de Harvey sobre la circulación de la sangre. SPRENGEL, op. cit., p. 138, le atribuye la primacía de aplicar la geometría euclidiana al estudio del movimiento muscular.

planteados en su biografía. Así pues, lo que hemos afirmado en el párrafo anterior, que es en definitiva lo que nos interesa como médicos al abordar un estudio histórico, deberá reflejarse en la biografía en cuanto ésta plantea dialécticamente el pensamiento biológico, científico, etc., de un hombre que vive en una sociedad concreta. El análisis de estas interrelaciones es lo que pretendemos en el presente capítulo biográfico.

Uno de los mejores conocedores de la obra de Borelli, Modesto del Gaizo,⁵⁵ escribe en un artículo destinado a un estudio de conjunto de la vida y obra de nuestro autor, que existen buenas biografías del ilustre napolitano —buen ejemplo serían las que en el siglo XVIII incluyó el padre Eustachio D’Affito en la *Memoria degli scrittori del Regno de Napoli*— pero que en todos los casos es notoria la falta de documentación por no buscar “nelle bibliothecche e negli archivio”.⁵⁶ Por nuestra parte y con el fin de paliar la crítica que ya hizo del Gaizo, hemos manejado fundamentalmente para la reconstrucción biográfica, el epistolario entre Borelli y Viviani, Marchetti, Magliabechi y Malpighi, que publicaron respectivamente del Gaizo,⁵⁷ Drenzini⁵⁸ y Adelman y otros.⁵⁹ También las importantes noti-

⁵⁵ GAIZO, M. DEL.: Contributo allo studio delle opere di G. Borelli. *Atti Accad. Pontanianna*, 20, 1-48. Napoli (1890).

⁵⁶ *Idem*, p. 2.

⁵⁷ GAIZO.: Di alcuni legami tra E. Torricelli, etc.; transcribió en 1885 de la “Biblioteca Magliabechiana” de Florencia, 17 cartas de Borelli a Viviani, contenidas en los volúmenes 144, 146 y 147 de *Viviani-carteggio scientifico*. También publicó algunas cartas entre Borelli, Malpighi y Magliabechi.

⁵⁸ La correspondencia a la que se refiere DERENZINI, T.: Alcune lettere di Borelli a A. Marchetti. *Physis*, 1 (1959); se encuentra en la biblioteca de la Universidad de Pisa, con las siguientes indicaciones de catálogo: *Lettere autographe di vari letterati dei secolo XVII e XVIII*. Ms. 356, 357, 358; *Lettere autographe di vari letterati scritte ad Alessandro Marchetti e ad Angelo suo figlio*, Ms. 358 bis.

⁵⁹ ADELMAN, H. B.: La prima epistola di Marcelo Malpighi sui polmoni, etc. GIOVANNOZZI, dio noticia en 1918-19, de las cartas de Borelli en el “Archivio Generale delle Scuole Pie a Roma”, y posteriormente, de una carta de Famiano Michellini a Giovanni Alfonso Borelli. Por su parte MACRI nos da algunos datos en su trabajo: *Lettere d’illustre autori de’secolo XVII e XVIII*; de la misma forma que GIAMBATISTA TONDINI en su publicación de 1782: *Delle lettere di uomini illustri*.

cias que nos proporciona el propio Malpighi en su autobiografía, y Fabroni en la *Historia Academiae Pisanae*. Ciertamente que en este tipo de trabajos, como en toda la ciencia, nunca son definitivos los resultados, y la exploración y estudio de nuevas fuentes pueden, en algún sentido, alterar nuestras conclusiones.

Amabile Luigi,⁶⁰ en sus dos estudios sobre Campanella, recoge los datos concretos del nacimiento de Borelli. Según consta en el libro de bautismos del *Castel Nuovo* de Nápoles, el 28 de enero de 1608 “se battezo Gio. Francesco Ant.^o figlio di Michele Alonzo et Laura Porrello...”.⁶¹ El tal Miguel Alonso, fue cabo de infantería del ejército español de Felipe III, destacado en Nápoles. Su madre, Laura Porrello, al decir de Castellani, “un’umile popolama anche se qualche storico vagheggio poi che si trattasse di una donzella di nobile lignaggio”.⁶² En torno al nacimiento de Borelli, existió una leyenda que atribuía la paternidad a Tommaso Campanella, que por entonces se hallaba desterrado en el *Castell Nuovo*. Sin embargo, Castellani y otros, no dudan en rechazar esta historia, carente en su totalidad de fundamentación documental.⁶³ Es curioso, que tanto en el rango de su madre como en la autenticidad de su padre, se ha intentado presentar a Borelli como el descendiente de un grupo social e intelectual que realmente no le corresponde, posiblemente en un intento de mitificar a un hombre que con su esfuerzo y capacidad alcanzó la admiración de las grandes figuras europeas contemporáneas.

En 1614, su padre Miguel Alonso, fue acusado de alta traición, pero el gobernador español Luis del Oyo le conmutó la pena de muerte por la de destierro a perpetuidad, y la familia Alonso se trasladó a Roma.

El período en que el joven Giovanni vivió en la capital romana, está lleno de lagunas históricas. Castellani dice que parece

⁶⁰ AMABILI LUIGI: *Fra Tommaso Campanella ne Castelli di Napoli, in Roma ed in Parigi*. Napoli, 1887. Vol. I, p. 259, y Vol. II, p. 361-364. Citado por DEL GAIZO: *Contributo allo studio etc.*, p. 32.

⁶¹ *Lib. Cast. Nuovo, Bapt.*, II, folio 65.

⁶² CASTELLANI, C.: Un grande filosofo poco conosciuto. Giovanni Alfonso Borelli. *Giard. Esculap.*, 29, 41-58 (1960).

⁶³ *Idem.*

ser cierto que allí estudió medicina ⁶⁴ y en la misma línea encontramos a Diepgen. ⁶⁵ Sin embargo Cantani, ⁶⁶ afirma categóricamente que antes de estudiar matemáticas con el padre Castelli, realizó estudios médicos. Si Borelli estudió o no medicina, es algo que no se evidencia, al menos, en la documentación que hemos manejado. Por su parte Settle, pone en tela de juicio que Borelli pudiera estudiar en Roma con Castelli y fija la posibilidad de sus estudios médicos en fechas posteriores al regreso a Nápoles de Miguel Alonso y su familia, aproximadamente en 1618. ⁶⁷

Hecho más probable es la existencia de contactos entre Campanella y Borelli. Lo que no cabe ninguna duda es que uno de los hermanos de Borelli, Filippo, estuvo al servicio de aquél, y en algunas obras de Campanella figura como “nipote ed amanuense dello autore”. ⁶⁸ Filippo Borelli, fue el que mantuvo informado a su hermano de cuantos trabajos producía Campanella, al menos desde 1634 fecha en que éste marchó a París llevándose a Filippo. También tiene importancia para poder explicar la evolución de la obra boreliana y el interés que demostró en Pisa por montar una “stazione” de experimentación fisiológica, las relaciones mantenidas durante su primera estancia en Messina con Tommaso Cornelio y Leonardo di Capoa y los promotores de la *Accademia degli Investiganti*. ⁶⁹ Sea como fuere, lo cierto es que Borelli, nunca actúa como médico, sino como un científico proveniente de la matemática y la física, interesado por el problema biológico. Este dato nos puede ayudar a descifrar muchas de las actitudes de nuestro autor ante los temas médicos. Por otra parte creemos significativo que en todas sus obras sea el título de “Matheseos professoris” el que acompaña a su nombre. Ni sus amigos y colaboradores más íntimos, le dan por escrito otro calificativo que el de matemático.

⁶⁴ *Idem.*

⁶⁵ DIEPGEN, op. cit., p. 178-179.

⁶⁶ CANTANI, A.: Borelli, G. Alfonso, p. 636.

⁶⁷ SETTLE, T. B.: Borelli, Giovanni Alfonso. *Dictionary of Scientific Biography*. Vol. II, pp. 306-314. New York, 1970, p. 307.

⁶⁸ *Idem*, p. 309.

⁶⁹ *Idem.*

Mucho debió ser el prestigio de Borelli cuando en 1635 fue llamado por el Senado Académico de la Universidad de Messina para ocupar la "nuova Lettura di Matematiche".⁷⁰ Allí permaneció hasta 1656 dedicado a la enseñanza, sólo en 1646 publicó un alegato a la resolución de algunos problemas geométricos por Pietro Emmanuele, y dos años después, compartirá sus estudios de las ciencias matemáticas con un trabajo sobre la fiebre maligna en Sicilia,⁷¹ en el que Belloni encuentra claros antecedentes de la doctrina iatromecánica desarrollada posteriormente por nuestro autor.⁷² La precisión de este primer estudio médico de Borelli, es lo que hizo pensar a Castellani, que no fuera ésta la primera vez en que Giovanni Alfonso tuviera contactos con la ciencia médica.⁷³

Borelli, no sólo debe ser considerado discípulo de Galileo (1564-1642) por las enseñanzas recibidas del P. Castelli, sino también por vocación personal. Buena prueba de ello, es el viaje que emprende de Messina a Toscana con el fin de oír al ilustre pisano, aunque desgraciadamente no llegó más que a los funerales del maestro.⁷⁴ A su vuelta a Sicilia, era tan grande su prestigio que fue agregado a la nobleza de Messina. En este período, las referencias sobre Borelli son numerosas, desde la carta que Tommaso Malagola escribe desde Messina en 1650, describiendo a nuestro hombre como de unos "40 anni circa statura alta barbeta bianda, e le principia a incanutire persona asciutta bella presenza..."⁷⁵ El dos de noviembre del mismo año, Sebastiano Rolandi escribe desde Roma dando informes sobre Giovanni Alfonso, seguramente para llamarlo a ocupar la cátedra que Buenaventura Cavalieri (discípulo de Galileo) había dejado vacante en Bolonia, en esta

⁷⁰ DERENZINI, T.: *Alcune lettere di Borelli a A. Marchetti, etc.*, p. 224.

⁷¹ La referencia completa de estos trabajos la ofrecemos en el capítulo donde se expone la producción bibliográfica de Borelli.

⁷² BELLONI, L.: *Di Entstehungsgeschichte, etc.*, p. 282.

⁷³ CASTELLANI: *Un grande filosofo poco conosciuto, etc.*

⁷⁴ DEZEIMERIS: *op. cit.*

⁷⁵ ASSUNTERIA *di studio. Requisiti dei letter.*, vol. IV, n. 14. En el "Archivio di Stato di Bologna". Citado por BUSACCHI, V.; MURATORI, V.: *op. cit.*, p. 89.

carta se dice que, “fra i soggetti hoggi nominati nell’ Italia il sig. Borelli è stimato de migliori”.⁷⁶

En la primavera de 1656, abandonó Messina, cuya universidad sufría una aguda crisis financiera, para ocupar la cátedra de matemáticas del “Studio di Pisa”, y el 19 de marzo del mismo año dio la primera lección.⁷⁷ Éste será uno de los momentos clave en la vida del Borelli biólogo. Precisamente, el mismo año en que se publicó el *Observationum microscopiorum centuria* (La Haya, 1656) de Borel (1620-1689), se reúnen en Pisa tres de los pilares básicos en la investigación anatómica, de lo que será en breve, *Academia del Cimento*: Borelli, Malpighi y Auberius.

Podríamos preguntarnos por qué un apasionado de las matemáticas y la astronomía decide, en el momento más fructífero de su vida, dedicarse a la investigación biológica. Desde luego, no debemos olvidar la personalidad polifacética de nuestro autor, pero además, hay una clara intencionalidad al centrarse en estos temas. En 1666 se publicaba en Florencia la *Theoriae Mediceorum Planetarum ex causis physicis deductae*; en la dedicatoria a Ferdinando II de Médicis afirma Borelli que no quiere quedarse en el vestíbulo del Templo, sino penetrar en el sagrario, y el sagrario del maravilloso templo de la naturaleza necesita “nosse causas, ac rationes, quibus divina opificia efformata sunt ac exercentur”.⁷⁸ Es decir, estudiar la vida, o mejor, los fenómenos vitales a los que se puede aplicar un método objetivo para cuantificarlos en lo posible. Éste será el programa biológico de Borelli, perfectamente definido, al menos, desde su estancia en Pisa.

En 1648, se ponía en Florencia los fundamentos de la llamada *Academia del Cimento*, que en 1657 fue ordenada definitivamente por el príncipe y cardenal Leopoldo de Toscana. De esta Academia, que se reunía en el palacio del Gran Duque, formó parte él mismo que dirigía los experimentos físicos. Al decir de Castiglioni, “fue verdaderamente el mayor foco

⁷⁶ *Idem*, p. 20.

⁷⁷ DEL GAIZO: Contributo, etc., p. 10.

⁷⁸ *Idem*, p. 7.

de civilización que se encendió en aquel tiempo en Italia".⁷⁹ Fueron miembros de ella Viviani, Redi, los Buono y el propio Borelli. Megalotti, fue nombrado secretario y escribió las relaciones con gran precisión. En el seno de esta institución, realizó nuestro autor sus más importantes trabajos sobre algunos problemas biológicos, al margen, claro está, de los organismos oficiales de enseñanza aferrados, en la mayoría de los casos, al aristotelismo y galenismo tradicional.

Pero antes de todo esto, el propio Borelli había montado el mismo año de su llegada a Pisa, un laboratorio de biología en su casa ("una stazione sperimentale").⁸⁰ Era tan grande el interés despertado por los estudios llevados a cabo en la tal "stazione" que Aubery, fue llamado desde Padua como profesor de anatomía.⁸¹ La comitiva se trasladaba con frecuencia de Pisa a Florencia, donde vivían el arquiatra de Ferdinando II, Redi y su disector Tilmano, y más tarde, el danés Nicolás Stenon (1638-1686). Los peces rescatados de la presa de Livino, los animales domésticos y de los bosques de la corte, "eramo ricca messe di studii per qui dotti, tra'quali primeggiava il Borelli".⁸² No cabe duda, que el profesor de matemáticas actúa como núcleo de investigadores. El testimonio de Fracassati en su *Dissertatio epistolica de cerebro* (Bologna, 1665) así lo recuerda: "Borellum Pisis, qui rerum novarum repertor, sectiones anatomicas promovet, et perditte deperit, sum expertus".⁸³

El mismo año que Borelli llegó a Pisa, fue nombrado Malpighi para una cátedra de Medicina Teórica.⁸⁴ El espíritu de Galileo estaba vigente no sólo en el pensamiento y el método de sus discípulos más directos, sino en todos aquellos que buscaban la objetividad de los hechos frente a los viejos criterios de autoridad. Borelli no podía ser una excepción, tanto por

⁷⁹ CASTIGLIONI.: *Storia della medicina*, p. 517.

⁸⁰ DEL GAIZO, op. cit., p. 4.

⁸¹ FABRONI, A.: *Vitae Itolorum doctrina excellentium qui saeculis XVII et XVIII floruerunt*. Pisis, 1778. IV, p. 335; MALPIGHI.: *Opera posthuma*, p. 4; TARGIONI.: *Atti e Memorie inedite etc.*, Vol. I, pp. 254-259.

⁸² DEL GAIZO, op. cit., p. 12.

⁸³ Citado por DEL GAIZO, *idem*, p. 5.

⁸⁴ MALPIGHI, op. cit., p. 2.

su formación moderna como por su espíritu crítico ante las ciencias clásicas. Su personalidad deslumbró a Malpighi. Entre el profesor de matemáticas y el de medicina teórica pronto nació una gran amistad. Al referirse a tales relaciones dice Malpighi: “placuit ei summa cum humanitate me in libera Philosophia erudite... Doctissimum Borellum, velut oraculum consulere decrevi, ut infirmos meas adhuc gressus dirigeret, indicata planiori, tutorique via; quare geminos ad ipsum discursus, transmisi, enixe precando, ut solerti instituta indagare, liberum sensum mihi circa contenta, et methodum aperiret.”⁸⁵ Malpighi, se confiesa aquí, como lo hará múltiples veces, discípulo de Borelli. Sin embargo, como ha estudiado Adelman,⁸⁶ el arquiatra pontificio acudía al laboratorio de nuestro autor no sólo como espectador, sino como colaborador cualificado. Entre estos dos grandes protagonistas de la medicina moderna, no tardaron en aparecer serias desavenencias en la interpretación de ciertos fenómenos fisiológicos. A pesar de ello, la solicitud de uno para con el otro es algo que no sólo se evidencia en las alusiones que Malpighi hace del maestro en su autobiografía, sino en algunos manuscritos conservados en la biblioteca de la Universidad de Bolonia y que Adelman publicó en 1961.⁸⁷ Fundamentalmente fueron dos las polémicas mantenidas entre ambos profesores: sobre el significado de los ovarios,⁸⁸ y la estructura del pulmón.⁸⁹ A la última, dedica Borelli una proposición en su segundo libro del *De motu animalium*.⁹⁰ El hombre que fue capaz de introducir un método obje-

⁸⁵ *Ibidem*.

⁸⁶ ADELMAN.: La prima epistola di Marcelo Malpighi etc., p. 49.

⁸⁷ No resistimos la tentación de copiar el texto que transcribe ADELMAN del Ms. 8085, VI, verso 2, de la Biblioteca de la Universidad de Bolonia:

“...contrassi streta servitú, et amicitia, e doppo le lettioni publiche seco giornalmente trattendossi discorrevo di cose anatomiche, Egli adunque si compiaque instradarmi nello studio de la filosofia libera e democritea, e da esso riconosco ciò che d'avanzamento io hó fatto filosofando. All'incontro tagliando in animali vivi et osservando la loro parti in casa sua m'affaticavo sodisfare lo somma sua curiositá.”

⁸⁸ MALPIGHI, op. cit., pp. 70 y 75-76.

⁸⁹ *Idem*, p. 6.

⁹⁰ BORELLI: *De motu animalium*, pars II, prop. CVII.

tivo en biología, no llegó a comprender lo que Malpighi estaba realizando, que no era otra cosa que el desarrollo de su programa pero con el pragmatismo propio del que debía curar. Borelli fue injusto cuando le dijo que “una cosa simile face il Cartesio nella sua filosofia e meteora, il quale con quel suo bello, et artificioso modo di spiegarsi, e dichiararsi ha affascinato non pochi huomini de bene”.⁹¹

A pesar de estos incidentes, Borelli, no desaprovechó ocasión propicia para favorecer a su discípulo y colaborador, por muy hoscas que aparenten ser sus relaciones. Así lo vemos en 1663 defendiendo su teoría sobre la estructura del nervio óptico,⁹² y en 1665 presionando al Senado de Messina para que Malpighi fuera nombrado profesor de “Primarius de re médica”.⁹³ Las atenciones de nuestro hombre para con sus discípulos es una característica que no cuadra con la visión de un Borelli orgulloso y satisfecho de su saber. La preocupación que le daba su conciencia de maestro, en los casos de Bellini y Marchetti (1632-1714),⁹⁴ superan lo dicho sobre Malpighi.

Si incansable fue la labor de Giovanni Alfonso Borelli como investigador, no lo fue menos en su avidez de información sobre el progreso de las ciencias. En el período que va de 1657 a 1667, desde Toscana, sigue todo el movimiento científico mundial. Magliabechi, bibliotecario de la corte de los Médicis, se preocupará para que Borelli sea satisfecho y se informe de cuanto nuevo hay en Europa. Gracias a la publicación de la correspondencia entre Borelli y Magliabechi por Modesto del Gaizo, poseemos una lista bastante completa de los libros que más interesaron a nuestro autor en este período.⁹⁵ De medicina:

⁹¹ Ms. 2085, 1, 118, de la Biblioteca de la Universidad de Bolonia. Citado por ADELMANN: “La prima epistola di Marcelo Malpighi etc.”

⁹² MALPIGHI, op. cit., pp. 25-26.

⁹³ *Idem*, p. 24.

⁹⁴ Alessandro Marchetti, fue uno de los discípulos más queridos por Borelli, en todo momento le guió en el estudio de las matemáticas y fue Marchetti el que ocupó la cátedra de Mesina cuando Borelli marchó a Pisa.

⁹⁵ Las cartas de Borelli a Magliabechi son 28. Están reunidas en el *cod. cart. Magl.*, VII, 518 en Florencia. Siete fueron publicadas en 1886. En ellas es evidente el cariño que Borelli sentía por Bellini,

la obra de Hipócrates, Fortunio Liceti, el tratado de *Patologia* de Charleton, Vesalio, Santorio, Spigelio, Bartolino, Julio Jasoli, Harvey, Riolano, Pequeto, Higmoro, Sennert, Riviere y Fabrizzio d'Aquapendente. En cuanto a libros científicos en general: el *Tratado de la esfera* de Teodosio y Maurolico, la doctrina del triángulo de Snellio, obras de Ugenio y Galileo, libros filosóficos de Cardano, Descartes, Gassendi y del napolitano Tommaso Cornelio, libros de física de Aquilonio y la obra de Boyle.⁹⁶ A la vista de esta serie de autores, ya sería posible concluir ciertas tendencias en el pensamiento de Borelli, pero esperemos al análisis de su obra para encontrar en ella las huellas de tan amplia información.

La intensa actividad llevada a cabo por nuestro hombre en la investigación biológica, no debe separarnos de la realidad: Borelli fue antes que nada un matemático y como tal actuó en el campo de la experimentación animal. Precisamente, el trabajo más querido por él, sería el que más insatisfacciones iba a proporcionarle. El segundo año de su permanencia en Pisa, publicó una de sus obras capitales en la ciencia matemática, *Euclides restitutus, seu prisca geometriae elementa brevius et facilius contexta* (Pisae, 1658). Viviani, uno de los discípulos más allegados a Galileo, ya conocía la obra y había hecho algunas correcciones poco tiempo antes que Borelli recurriera a él como maestro y consejero en su publicación.⁹⁷ Pero lo que no pudo tolerar Viviani fue que el príncipe Leopoldo, a la luz de la alta calidad del trabajo de nuestro autor le hiciera el encargo de traducir el código de *Apollonio*.⁹⁸ En 1658, estuvo Borelli en Roma emprendiendo el trabajo de traducción. Su estancia duró poco más de tres meses y en ella encontró y estudió además, el libro de Arquímedes *Assumptorum*; copió

procurándole todo tipo de facilidades para que pudiera realizar sus investigaciones sobre la anatomía del riñón; la gran admiración que Borelli tenía por Gassendi, y el interés de volver a Florencia para conocer a Meibomio que estaba el 1662 por tierras italianas. Todas las cartas fueron escritas desde Pisa, del 17 de diciembre de 1660 al 19 de marzo de 1664. El mayor número corresponde a 1663.

⁹⁶ DEL GAIZO: Contributo etc., p. 20.

⁹⁷ *Idem*, p. 13.

⁹⁸ *Idem*, p. 11-12.

la carta de Torricelli sobre la experiencia con el “argento vivo”, punto de partida del barómetro y de la nueva neumática; y estudió con Eustachio Divini,⁹⁹ modificador del telescopio de Galileo y Lippersheim, el sistema de Saturno. Mientras tanto, Viviani había conseguido la concesión del Príncipe para imprimir una obrita suya sobre el quinto libro de *Apollonio*. Los historiadores han exagerado este incidente planteando una cuestión personal entre los dos matemáticos, cuando en realidad sólo se trató de un intento de Viviani por conseguir la primacía en el trabajo del código, lo que logró al final. El mismo año, escribía Borelli a quien consideraba maestro: “tiri pase avanti, egoda di questo beneficio del quali io dubito di non poter federe...”.¹⁰⁰ Desde luego, no se nos escapa el tono de tristeza y desilusión manifiesto en el texto. Viviani, más hábil y manobrero, editó su obra en 1659, mientras que Borelli no pudo publicar la suya hasta 1661, y lo hizo en Florencia con el título de *Apollonii Pergaei conicorum, libri V, VI, et VII etc.*¹⁰¹

Pero además de todo lo dicho, no debemos olvidar que la astronomía fue una de las ciencias en la que más destacó. Así, lo vemos observando el cometa de 1664 del cual ofrece una precisa teoría sobre su movimiento,¹⁰² indaga el sistema de Saturno propuesto por Cristiano Ugenio en Holanda, y precisa la órbita del satélite de Júpiter. Precisamente, es este estudio el que guía a Newton a reducir el sistema del mundo a una fórmula de mecánica racional.¹⁰³

⁹⁹ Eustaquio Divini fue en su tiempo un experto en lentes y anteojos de todas clases. En 1649 se le ocurrió colocar en un telescopio un enrejado de hilo finísimo, sustituyendo al ocular cóncavo usado por Lippersheim y Galileo, por una lente convexa, para que, con el enrejado se pudiera dibujar fácilmente la imagen de la luna.

¹⁰⁰ DEL GAIZO: *Contributo etc.*, p. 14. Ver también el trabajo del mismo autor: *Di alcuni legami tra E. Torricelli e G. A. Borelli.*

¹⁰¹ La referencia completa, en el capítulo dedicado al estudio de la producción bibliográfica de Borelli.

¹⁰² *Lettera del movimento della cometa etc.*

¹⁰³ NEWTONI, I.: *Opuscula*. Genevae, MDCCXIV. El texto en que se refiere a Borelli en el tomo II, p. 6 a 9 dice:

“...easdem (has distantias), ante inventionem micrometri, Galilaleus definivit esse... Cassimus... Borellus magis exacte...”

Tres años más tarde, el 1667, abandonó Pisa para volver a Messina, a la primera cátedra de matemáticas que había ocupado. Aquel mismo año publicó el último trabajo sobre mecánica que habría de realizar: una memoria sobre la fuerza de percusión.¹⁰⁴ Con Borelli, desaparecerá también de la *Accademia del Cimento* Malpighi y lentamente, se disgrega el grupo que compuso la más alta institución científica de la Italia del siglo xvii. Finalmente, en 1667, diez años más tarde de su fundación, fue disuelta por el propio príncipe Leopoldo.

Nuevamente en Sicilia, reanudó nuestro hombre sus actividades docentes, investigaciones astronómicas y experimentaciones fisiológicas. Pero ahora, compaginándolas con una nueva ciencia: la vulcanología.¹⁰⁵ En 1669, estudió las erupciones del Etna y envió una memoria a la *Royal Society*, la cual, es quizá "il piú antico lavoro scritto con senso di scienza intorno ad una eruzione".¹⁰⁶ Pero Borelli no fue, por lo visto, una persona grata a los dominadores españoles y de alguna forma se vio implicado nuestro autor con ciertas conspiraciones políticas contra los ocupantes. El 13 de abril de 1672 estallan una serie de tumultos, son saqueadas las residencias del Virrey y las casas de los senadores. Borelli tuvo que buscar refugio en Palmi, Calabria. Caruso afirma, que Giovanni Alfonso fue consejero en la revuelta, y de esto se hacen eco Fabroni y Marchetti.¹⁰⁷ Del Gaizo, ante el testimonio de una carta del 4 de julio del mismo año, escrita por Malpighi a G. B. Gornia, médico del Gran Duque, niega tales argumentos.¹⁰⁸ Fuera como fuese, lo cierto es que pasados cuatro años del tumulto, los franceses, a quienes habían ofrecido los revoltosos la isla, devolvieron Sicilia a los españoles. Borelli fue acusado de sedición y expulsado de todos los territorios italianos dominados

Estas palabras afianzaron a SECCHI, P.: *L'unità delle Forze Fisiche*, pp. 33-34; en la opinión de la influencia de Borelli en la obra de Newton. DEL GAIZO, en *Studii de G. A. Borelli sulla pressione atmosferica, etc.*, opina de la misma forma.

¹⁰⁴ *De vi percussionis liber*. Bologna, 1667.

¹⁰⁵ *Metereologia Aetnae, sive historia et metereologia incendii Aetnaei, anno 1669*. Pisa, 1669.

¹⁰⁶ SCACCHI, A.: *Le eruzione polvorese e filamentose dei vulcani, etc.*

¹⁰⁷ DEL GAIZO: *Contributo etc.*, p. 27.

¹⁰⁸ *Idem*, p. 28.

por la corona española. Como ya le ocurrió a su padre, tuvo que emigrar a Roma, donde comenzó la última etapa de su vida.¹⁰⁹

En la capital romana siguió incansablemente su actividad científica. Allí conoció a la reina Cristina de Suecia que patrocinaría la publicación de su obra capital. Tomás Bartolino, informa constantemente a Magliabechi de la nueva vida de nuestro autor que sigue en la cúspide del prestigio personal. Sabemos que frecuentaba el “crocchio letterario” que tenía lugar en una “bottega di libraio di Roma”,¹¹⁰ y que la mayoría de su tiempo lo empleaba en la preparación de su libro *De motu musculorum*.¹¹¹ A poco de comenzar su última estancia en Roma, Viviani, consciente de la altura científica de nuestro hombre, le escribió una carta sobre el nuevo *Diporto geometrico* que iba a publicar aquel año. Borelli está muy ocupado en aquellos momentos preparando su obra, quizá presintiendo la proximidad de la muerte: “mi dispiace per non poterla servire in leggere questa scrittura —contesta a Viviani— con quella attenzione che ricercano le compositioni squisite de V. S. perche io sono ridotto a termini che prochissimo passo applicare e piace Dio che mi riesca dar l’ultima mano alle mie fatighe”.¹¹² El “termini alle sue fatighe”, llegó el 31 de diciembre de 1679 en el *Colegio de S. Pantaleone*, donde tomó asilo después de ser robado por un criado y reducido a la pobreza.

En una Italia, cuya situación político-social no fue propicia a una promoción científica, en la que como afirmó Rezi, hubo científicos pero no una Italia científica; Borelli alcanzó la admiración y la estima más grande que en un ambiente como aquel fue posible lograr.¹¹³ Y en unos momentos en que ser galileano no presentaba ventaja social alguna, supo permanecer fiel a esos principios y a un método que cambiarían la faz de la tierra. Su biografía, ya lo hemos visto, es el relato de una vida enteramente dedicada a la ciencia.

¹⁰⁹ DEIZEMERIS, op. cit., p. 496.

¹¹⁰ TARGIONI-TOZZETI, G.: *Atti e Memorie inedite dell’Accademia del Cimento etc.*

¹¹¹ *Ibidem.*

¹¹² DEL GAIZO, op. cit.

¹¹³ CASTIGLIONI, op. cit., p. 492.

LA FISIOLÓGIA MODERNA

I. VISIÓN MODERNA DE LA NATURALEZA.

Es notable el interés de los hombres del Barroco, sobre todo de aquellos en quienes vemos una ejemplificación de la modernidad, por medir y cuantificar. El intento por precisar lapsos temporales, espaciales y energéticos, conduce a la fabricación de nuevos instrumentos y a una amplia serie de invenciones. En 1656 Huygens halla el modo de aplicar la isocronía del movimiento pendular a la construcción de los relojes; Galileo inventa la *bilancetta* para determinar pesos específicos; Roberval comienza con su balanza las pesadas de precisión, etc. Lo mismo en instrumentos ópticos para estudiar el macro y microcosmos. “La empresa de racionalizar lo infinito —dice Laín— mediante la visión, la medida y el cálculo va disponiendo así de instrumentos idóneos”.¹¹⁴

¿A qué obedece esta actividad? ¿Cuáles son los principios que promueven esta actitud? Bunge ha dicho que la historia de la ciencia es la historia de la cuantificación,¹¹⁵ y comienza la Ciencia Moderna cuando el hombre no sólo quiere, sino que tiene el método y una técnica idóneos para cuantificar. Pero el poder, va precedido de un “querer”, que no es más en sus comienzos que un “deseo” arrelado en una concepción del mundo y de la naturaleza, a la que llega el hombre en su contacto continuo con ella y en su afán de entender y explicar los materiales acumulados. Por ello, y con el fin de presentar el proceso con la mayor fidelidad posible y compren-

¹¹⁴ LAÍN ENTRALGO, P. y LÓPEZ PIÑERO, J. M.: *Panorama histórico de la ciencia moderna*. Madrid, 1962, p. 151.

¹¹⁵ BUNGE, M.: *Scientific Research*, p. 770.

der muchas de las actitudes de Borelli ante el problema filosófico y científico, partiremos del momento en que el hombre formula este deseo para llegar, con Galileo, no sólo a la clara exposición de un programa metodológico, sino también a su realización técnica.

A. LA CONCEPCIÓN MATEMÁTICA DEL UNIVERSO

Generalmente se afirma que la idea de la naturaleza que subyace en este período a los saberes positivos, es una concepción matemática del mundo creado. Proceso que tiene sus comienzos en una nueva interpretación de la filosofía de Aristóteles y culminará incorporando los nuevos métodos de estudio, en cosmografía y mecánica, al conocimiento de los fenómenos biológicos. Debemos distinguir aquí, dos momentos que creemos claramente diferenciados: una primera fase propia de los nominalistas del siglo XIV y Nicolás de Cusa (1401-1464), con un período final, de transición, representado por Leonardo Da Vinci (1452-1519). Y un segundo período en el que Galileo, Descartes y Bacon, desde ángulos distintos, no sólo exponen un deseo, sino unos hechos acordes a una teoría y un método para inferir, desde los datos, la doctrina explicativa de la realidad.

1. Los antecedentes.

Al rotular este apartado de la forma que lo hemos hecho, queremos indicar claramente nuestra discrepancia con tesis del tipo de la de Ernesto Troeltsch, que retrasa los límites de la Edad Media hasta la Ilustración, basándose en las características religiosas de la Reforma y Contrarreforma.¹¹⁶ Estas teorías son un claro exponente de lo que puede concluirse con una visión unipolar del proceso histórico. Pero incluso con una perspectiva religiosa, es un hecho que, aunque para Lutero la ciencia solamente era válida en tanto y cuanto servía a la reli-

¹¹⁶ GOETZ, W.: *Historia Universal*. Vol. V, p. 5.

gión, la Reforma hizo posible que en adelante la ciencia desarrollara una vida independiente y se emancipara de toda tutela eclesiástica. Precisamente, la posible ausencia de independencia en Italia, dará al período barroco unas características que intentaremos analizar. Veamos ahora, cuáles fueron los comienzos de la renovación científica.

Varios acontecimientos van preparando el camino al cambio de mentalidad que se expresa en los hombres del Renacimiento. Desde el voluntarismo de la "necessitas ex suppositione" de Duns Escoto, la crítica aristotélica hecha por el rabino catalán Hasday Crescas, y fundamentalmente la teoría del "impetus" de los nominalistas franceses. Otros elementos extraordinariamente importantes, lo constituye la obra del franciscano inglés Roger Bacon, desarrollada en las últimas décadas del siglo XIII.¹¹⁷ Algunos de sus puntos de vista, aislados del contexto de su obra, tienen un indudable sabor moderno. Tales como sus afirmaciones de que la matemática es indispensable al conocimiento científico, incluso teológico; o conceder a la experiencia el significado de fuente de conocimiento frente a la razón. Pero tan sugestivos antecedentes no van acompañados en ningún momento de investigación original.¹¹⁸

Un caso muy distinto lo constituye ya Nicolás de Cusa, proseguidor genial de los nominalistas enfrentados a los conceptos aristotélicos de espacio, tiempo y movimiento. El Cardenal de Cusa, proclama ya sin vacilación de ningún tipo, el carácter matemático del conocimiento humano: "la más genuina actividad de la *mens es la mensura*".¹¹⁹ En último caso, el saber supone comparar, lo que a su vez tiene su expresión más fiel en la medición.

No menos decisiva es la aportación de Leonardo Da Vinci directamente influido por el cusano. Leonardo no duda en afirmar que "ninguna investigación humana puede llamarse verdadera ciencia si no pasa por la demostración matemática, y si tú dices que las ciencias que principian y que acaban en

¹¹⁷ LAÍN ENTRALGO y LÓPEZ PIÑERO, op. cit., pp. 67 y 70-76.

¹¹⁸ *Idem*, pp. 75-76.

¹¹⁹ LAÍN ENTRALGO, P.: *Historia de la Medicina Moderna y Contemporánea*, p. 11.

la mente son verdad, esto no se concede, sino que se niega, por muchas razones, y la primera es que en tales discursos mentales no interviene la experiencia, sin la cual nada produce, de suyo, certeza".¹²⁰ En este texto son notables dos afirmaciones que no se limitan, como en el caso de Roger Bacon, a declaraciones puramente teóricas, sino que son llevadas a la práctica con gran fidelidad: la experiencia y la demostración matemática. Con Leonardo Da Vinci, "la mecánica es el *paradiso delle scienze matematiche*".¹²¹

El camino hacia Galileo está definitivamente abierto y la eficacia de estos principios comienza a mostrarse con los atisbos de Leonardo en el anunciado del principio de inercia y de acción y reacción. Pero precisamente, es en estos momentos, cuando los nuevos principios van tomando cuerpo en algo coherente y significativo para la ciencia, y al mismo tiempo, cuando se inicia el furioso contraataque. Giordano Bruno (1548-1600), Campanella (1568-1639) y Galileo, fueron testigos de excepción.

2. El momento constitutivo.

Dejando aparte el original sistema de Campanella, que no solamente en física, sino también en medicina, estaba basado en el mundo platónico modificado a su manera,¹²² tres fueron los hombres en quienes podemos representar el comienzo de la Ciencia Moderna: Descartes, Francisco Bacon y Galileo Galilei.

Descartes no sólo aspira a crear un *méthode* empírico y matemático, sino también metafísico. Así como Gassendi restauró la física de Epicuro admitiendo los átomos, Descartes afirma que la materia y el espacio son lo mismo, ya que las tres dimensiones forman la esencia del cuerpo.¹²³ Admite una dimensión de la materia hasta lo infinito, pero esta hipótesis no aclara suficientemente la necesidad del átomo. De aquí, nacerá la

¹²⁰ *Historia de la Medicina*. Madrid, ed. Codex, 1965. Vol. I, p. 126.

¹²¹ LAÍN ENTRALGO, op. cit., p. 11.

¹²² SPRENGEL, op. cit., p. 126.

¹²³ *Idem*, p. 5.

primera discrepancia con la escuela de Galileo, fundamentalmente con Boller. Queremos insistir en este hecho por la gran repercusión que tuvo en nuestro hombre, y a su vez, por las inadecuadas interpretaciones llevadas a cabo por algunos historiadores de la ciencia.

La filosofía de Descartes, fue acogida con favor en Italia. Tommaso Cornello de Consenza, profesor en Nápoles, fue uno de los primeros en defenderla.¹²⁴ Después de un tal Miguel Ángel Fardella que enseñó física en Roma y Padua, encontramos pocos verdaderos cartesianos en este país, puesto que el dominio de la filosofía peripatética en unos casos, y el método experimental de Galileo en otros, se opusieron a la utilización del nuevo sistema.¹²⁵ Sprengel afirma, que la escuela iatromecánica aparecida en este momento en Italia es, en su origen, deudora de la introducción de los principios cartesianos.¹²⁶ Aunque no intentamos poner en tela de juicio la afirmación de Sprengel, ya veremos más adelante cómo la iatromecánica italiana nace, en principio, más al calor de Galileo y sus discípulos que por las concepciones de Descartes en torno al movimiento biológico. La filosofía cartesiana, sólo fue un factor más, y desde luego, no el más importante.

Por su parte Francisco Bacon, el codificador del empirismo inductivo, al enunciar su método, establece dos principios de gran importancia para el desarrollo posterior de la filosofía de la ciencia: el valor del dato experimental, y la necesidad de manifestar los cambios de intensidad con una *tabula graduum*. Sin embargo, no fueron ni Descartes ni Bacon los hombres más decisivos en el pensamiento boreliano, y su comunidad respecto a los supuestos, sólo es válida a niveles muy generales.

El hombre más influyente y el auténtico precursor de la escuela iatromecánica, fue sin duda alguna Galileo. Su espíritu moderno no sólo se hizo notar en los estudios astronómicos, sino también en los biológicos. Galileo, siguiendo el camino marcado por el Cardenal de Cusa y Leonardo Da Vinci, afirma que el idioma en que está escrito el universo "es el de las matemáticas,

¹²⁴ *Idem*, p. 57.

¹²⁵ *Ibidem*.

¹²⁶ *Ibidem*.

y sus letras son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es humanamente imposible comprender una sola palabra".¹²⁷ Consecuencia lógica de este pensamiento, es la necesidad de relacionar las causas con el efecto por medio de las matemáticas. La actitud de Galileo ante el problema de los principios, dista mucho de la que mantuvieron sus antecesores. No se trata fundamentalmente de combatir a Aristóteles y a los aristotélicos como hacía Leonardo, sino de marginar sus doctrinas y comenzar una nueva construcción teórica de los hechos naturales. En definitiva, no era "criticar" lo que quería el pisano, sino "reformular los cerebros". En *Dialoghi di Galileo Galilei...* (1632), hay un párrafo que aclara suficientemente la actitud de Galileo sobre este tema:

es vano el pensamiento de quien creyera introducir nueva filosofía¹²⁸ con criticar a tal o cual autor; es preciso antes aprender a reformar los cerebros y hacerlos capaces de distinguir lo verdadero de lo falso.

Galileo tuvo que abandonar el *Studio* paduano por la imposibilidad que sentía, como científico, de continuar enseñando astronomía dentro de los márgenes académicos; ahora que la teoría copernicana dejaba de ser una hipótesis matemática para convertirse en una realidad comprobada, reforzando sus concepciones filosóficas y metodológicas.

Galileo llevó a sus últimas consecuencias la visión matemática del cosmos y fue tajante en su distinción entre principio religioso y científico. Posiblemente, sea ésta su más importante "reforma mental", verdaderamente peligrosa para una sociedad asentada en el principio de autoridad inmutable.

En 1633, las obras de Galileo referentes a temas astronómicos, fueron incluidas en el *Índice*. A pesar de ello, cuando el Gran Duque Ferdinando II fundó la *Accademia del Cimento*,

¹²⁷ GALILEO: *Il Saggiatore*, 1623, propos. VI. Estas palabras no dejan de ser totalmente consecuentes, a la vez que muy expresivas, con los principios generales que sustenta Galileo. La necesidad de relacionar la causa con el efecto, impone la utilización del lenguaje matemático. Y esto, al mismo tiempo, facilita la predicción.

¹²⁸ Filosofía debe entenderse en este contexto equivalente a ciencia, o más bien, a teoría científica.

el espíritu de Galileo portado por sus discípulos informa la nueva institución. Y aquí, capitaneó Borelli al grupo de los investigadores en temas biológicos.

II. LOS PRINCIPIOS FILOSÓFICOS EN LA OBRA DE BORELLI.

No debemos olvidar en ningún momento la auténtica condición de Borelli, insistimos una vez más que no fue la de médico o biólogo, sino la de matemático interesado en la investigación biológica. Su aportación al desarrollo de las matemáticas con el *Codice de Apollonio* y la revisión de Arquímedes, fue posiblemente lo que más le interesó de su obra científica. Por otra parte, su formación al lado del padre Castelli es de sí suficientemente significativa para que afirmemos, desde ahora, que los principios científicos que sustentaban la obra de Borelli no fueron otros que los propios de Galileo y su escuela.

En 1610 publica Galileo su *Nuncius Sidereus*; Bacon, en 1620, el *Novum Organum*; en 1623 aparece uno de los libros más influyentes respecto al tema que nos interesa, *Saggiatore* de Galileo; Harvey, rompe la primera lanza abiertamente contra el galenismo en el *De motu cordis* (1628); y Descartes desarrolla su nueva concepción del hombre en el *Traité de l'homme*, publicado en 1632. La confusión doctrinal es extraordinaria, según palabras del propio Descartes, y la crisis de autoridad su motor inicial.¹²⁹ Pero en Borelli, no es la duda en las autoridades lo que motiva su actitud; entre él y los científicos y filósofos antes indicados, hay casi una generación de por medio y el momento de la lucha agresiva ha tomado características nuevas, por más que los peligros se mantengan aún latentes. El deseo de Galileo de reformar los cerebros es ya un hecho, al menos entre sus discípulos y los seguidores de éstos. No se trata ya de polemizar con Galeno, como hizo Harvey, o rebatir la filosofía aristotélica con discursos apasionados, sino seguir el camino abierto por Galileo y expresar con hechos y fórmulas matemáticas lo que

¹²⁹ Descartes es el primero en apuntar este fenómeno social, muy localizado en ciertos grupos. Citado por JIMÉNEZ GIRONA, J.: La medicina de Baglivi. *Arch. Iber. Hist. Med. Antrop. Med.*, 6 (1954), p. 429.

hasta entonces se intentaba explicar con razones puramente filosóficas. El "Simplicio" de Galileo, para un hombre de la mentalidad de Borelli, está ya superado. El ser "modernos" es para nuestro autor algo natural y consecuente al momento científico en que vive.

Estudia filosofía para informar a los hechos que conoce y experimenta y para dotar a sus hipótesis de un sentido más profundo que el puramente empírico, es decir, para incorporarlos a un contexto teórico que a su vez se va rectificando con los datos.¹³⁰ Y es en esa coyuntura, donde además de la filosofía oficial, los científicos modernos hacen gala de neoplatonismo y atomismo, a la vez que relegan en gran parte la doctrina que sustentaba a todos los estamentos. Borelli conoce muy bien a Platón y lee detenidamente a Gassendi y Descartes, aunque no le convenza en sus especulaciones metafísicas, será un factor más que le confirme en la doctrina platónica. En este sentido, sospechamos que no se ha destacado suficientemente el papel desempeñado por Borelli, ya no como seguidor de los principios galileanos, sino como hombre que desarrolla un programa y posibilita, en parte, la obra de Newton.¹³¹ Entre éste y Galileo había una pequeña falla histórica, y uno de los científicos que actúa de puente es, sin duda, el insigne napolitano. En el capítulo III de *Theoria medicorum planetarum ex causis physicis deductae*, dará el paso decisivo en astronomía, al estimar, como hará más tarde Newton y Leibniz, que la reducción de la física celeste a la física terrestre, la mecanización de la astronomía, no es ningún daño desde el punto de vista religioso; por el contrario, nos revela la suprema perfección y sagacidad del Arquitecto divino.¹³² Esta alusión al principio divino, es en realidad más retórica que auténtica necesidad. Marginando las convicciones religiosas de Borelli, en absoluto

¹³⁰ DEL GAIZO: Contributo etc., p. 8.

¹³¹ Además de lo dicho anteriormente, ROUSE BALL en *An essay on Newton's Principia*, p. 159, cita una carta de Newton a Halley en la que dice que "Borelli did something in it and wrote modestly". KOYRE, en: *La mécanique céleste* de J. A. Borelli; analiza ampliamente los logros de Borelli en este sentido. Pp. 110 y 131-132.

¹³² KOYRE, op. cit., p. 131.

sospechosas de heterodoxia, la referencia al Arquitecto, o en el caso del movimiento biológico al principio espiritual de todo movimiento, no es más que una imposición social para que una obra estrictamente científica pudiera publicarse sin peligro.

Hasta ahora hemos visto los principios que infundían unas características determinadas a la obra mecánica y astronómica de nuestro autor. No cabe señalar ninguna diferencia en su pensamiento biológico. En la dedicatoria del *De motu animalium*, firmada en Roma, el último mes del año 1679, leemos:

Quod contingit, quia simplices Anatomici, et vulgares Philosophi non sunt valde solliciti, nec curant, ut idioma illud percipiant, quo suos conceptus Author Naturae scribere in hoc Codice sensibili solet. Tale, inquam idioma, et characteres, quibus Creator Rerum lonquitur in suis operibus, sunt Geometricae configurationes, et Demonstrationes: quod praeclare divinus Plato expressit: qui quarenti, quid ageret Deus respondit τωμειρειν τὸν θεόν, nempe exercere Geometriam Deum; quae praeclarissima sententia agregie a Viris doctis interpretata, videtur accommodari posse nostro instituto.¹³³

La claridad de este párrafo no deja lugar a interpretación equívoca. Borelli ha trasladado toda su interpretación mecánica, terrestre y celeste, al estudio del movimiento animal. Porque Dios no sólo ha escrito con rasgos mecánicos la marcha de los objetos inanimados, sino también el movimiento animal:

...quod Deus in constructione organorum Animalium geometriam exercet, et nos in eorum perceptione geometria indigemus, quae est unica, et adaptata scientia, ut legi possit...¹³⁴

Ciertamente que esta actitud tenía antecedentes en fisiología: basta con citar a Charleton y Stenon en el estudio del movimiento muscular. Pero el más interesante de los precedentes, por abordar un fenómeno más significativo que el del simple movimiento esquelético, fue Raffaello Magiotti de Montevarchi (1579-1658), uno de los precursores de la *Accademia del*

¹³³ BORELLI.: Cristina Reginae Augustae. En: *De motu animalium*, pars. I.

¹³⁴ *Ibidem*.

Cimento. Magiotti demostró, en una "Carta al Serenisimo Principe" Lorenzo de Médicis, titulada: "De la resistencia cierta del agua a la compresión, aclarada con varios juegos que plantean otros problemas curiosos", el descubrimiento de la *máquina de los peces*. Galileo, en sus *Discorsi e dimostrazione matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla meccanica e i movimento locali*, por boca de "Salvati", propone a su interlocutor "Sagredo" el problema de cómo una bola de cera puede suspenderse en el centro de una masa de agua, sin hundirse ni flotar en la superficie. Salvati responde que los peces podrían enseñarnos mucho sobre este tema, ya que tienen una *máquina* para desarrollar ciertas funciones, las cuales, por ende, se realizan mecánicamente. El tema es una constante en los hombres más representativos de aquellos momentos fundacionales de la iatromecánica, y Borelli lo recoge en el primer libro del *De motu animalium*, no sólo tal y como lo había planteado Galileo, sino con la nueva luz que dieron los experimentos de Torricelli en los peces.¹³⁵ Uno de los conceptos básicos en la escuela iatromecánica, el de máquina, aplicado al hombre, va perfilando sus características definitorias.¹³⁶ Todo consistirá a partir de estos momentos, en aplicarlo como modelo a los diferentes "motus" de la biología humana. Harvey, lo hizo ya con el "motu cordis" y Borelli lo generalizará a todo el biologismo. Pero en su caso sin admitir ninguna "vis" que no fuera reducible al estudio mecánico, sólo con dos presupuestos básicos: el que la *Mens* es *mensura*, como afirmó Nicolas de Cusa, y que Dios ha construido los órganos animales (y por lo tanto su funcionamiento) geoméricamente. El hablar del cuerpo humano como un reloj "o machina removente, architettato de innumerabili canali",¹³⁷ será desde luego, una deducción de estos principios que mentalizaron a los hombres que intentaron estudiar

¹³⁵ BORELLI, op. cit., pars. I, cap. XXIII, prop. CCIX-CCX.

¹³⁶ No debe entenderse este párrafo, como la afirmación por nuestra parte de que la iatromecánica debía concluir, necesariamente, en el mecanicismo. Como veremos más adelante, el mismo Borelli postulaba en último caso un vitalismo filosófico, sólo que estos problemas eran distintos a los de un científico experimental, y solía relegarlos.

¹³⁷ TARDIONI, op. cit., T. II, p. 239.

la fisiología y la patología con los conocimientos proporcionados por la moderna física. Pero éste no fue el caso de Borelli. El creer que el movimiento biológico fuera mecánico, no le obligó a una concepción mecanicista de la vida.

Ciertamente, que nuestro autor vislumbra ya la necesidad de montar un cuerpo de doctrina coherente con los hechos, para superar el plano de la pura experiencia y pasar a la interpretación. Es precisamente esto, lo que le induce a estudiar la obra de Platón y Gassendi, a la vez que le separa de Descartes.¹³⁸

III. LOS CONCEPTOS DE FUERZA Y MOVIMIENTO EN LA BIOLOGÍA MODERNA

Debido a la radical diferencia existente entre la fisiología tradicional y la de Borelli, no sólo en cuanto al método de acercamiento a la realidad, sino a la idea de la misma realidad, y dado que en el momento en que se constituye la fisiología moderna no han desaparecido los conceptos determinantes de la ciencia antigua, sino que es más, la nueva ciencia muchas veces se construye a pesar de y enfrente de aquélla; conviene distinguir sus características fundamentales, para comprender, con mayor amplitud, la significación histórica de la obra boreliana.

A. *Epistème y ciencia.*

Cuando a partir del siglo xiv se inició el auge de la *Nuova Scienza* y la ofensiva del pensamiento moderno contra el saber aristotélico, la metodología de esta ciencia se presentó, ante todo, como una crítica de la silogística de Aristóteles, como una derogación de la ciencia aristotélica para sustituirla por otra nueva.¹³⁹ Pero en realidad, la novedad no afectaría sino

¹³⁸ Como ya veremos en el capítulo del método, al analizar el significado de la teoría en la construcción del conocimiento científico, esto fue una herencia de Galileo.

¹³⁹ ZUBIRI, X.: *Naturaleza, Historia, Dios*. Madrid, 1963.

al contenido y al método, no al intento intelectual mismo.¹⁴⁰ Todo parece conducirnos a la idea de que, lo que el griego llamó *epistéme*, significa lo mismo que lo que nosotros llamamos ciencia, y de que la gran obra de la ciencia moderna ha consistido en demostrar la falsedad o pobreza de la presunta ciencia aristotélica en su contenido, para dar al hombre un nuevo método en orden a este mismo intento. Si pudiera decirse esto de la *Nuova Scienza* en los albores del Renacimiento, sería peligrosamente inexacto hacer tales afirmaciones de la ciencia moderna. Tal y como fue elaborada por Galileo y su escuela no sólo es distinto el método y el contenido, sino también la meta marcada. “Lo que el griego llama *epistéme* es esencialmente distinto de lo que nosotros entendemos por ciencia” —afirma rotundamente Zubiri⁴¹¹— aunque nuestro diccionario no posea otro vocablo para la traducción, y la idea de la realidad que en ambas se supone es radicalmente distinta. Mientras que la *epistéme* es un saber que sobrepasa el *eidos*, es decir, la fisonomía de las cosas, pero no limitado a lo que hoy llamaríamos percepción visual, sino algo que abarca todos los caracteres de las cosas; la ciencia, no es más que un conjunto de leyes e hipótesis que decide sacrificar el conocimiento último de la realidad.¹⁴² “Mientras la *epistéme* griega trata de *penetrar en las cosas para explicarlas*, la ciencia moderna trata, en buena parte, de *sustituirlas por otras más precisas*”.¹⁴³ Guiado por aquella idea, Aristóteles elaboró el pensamiento silogístico y junto a él, lo que suele llamarse inducción, *epagogé*. Desarrollando su intento de sustitución, el hombre moderno, ha elaborado una nueva metodología científica, ampliamente sustentada en un uso distinto de las hipótesis. Ahora bien, como ya veremos en el capítulo dedicado al método, las significaciones dadas a las hipótesis y en último caso, a la teoría científica, no fueron universales. Entre Galileo y su escuela, y los empiristas ingleses, hubo diferencias fundamentales.

¹⁴⁰ *Idem*, p. 64.

¹⁴¹ *Idem*, p. 65.

¹⁴² *Idem*, p. 35.

¹⁴³ *Idem*, p. 69.

B. *La kinesis y el movimiento.*

Galeno basó su concepto de movimiento directamente en la obra de Aristóteles.¹⁴⁴ Para él el movimiento es el paso natural de la potencia (poder ser) al acto (estar siendo) y en eso consiste el ser mismo de las cosas que se mueven. *Kinesis*, dice textualmente el filósofo griego en su *Physika*, es “la actualidad de lo posible en tanto que posible”.¹⁴⁵

Mientras que para la ciencia moderna movimiento significa *transcurso*, paso de A a B, *la epistème* “no busca el transcurso del movimiento, sino el *ens mobile*. No las mutaciones, no los estados opuestos, sino la condición de la cosa mudable su interna inestabilidad”.¹⁴⁶

El cambio comienza a evidenciarse con la influencia de los nominalistas en física. Para éstos, el conocimiento es, “construcción de la inteligencia que conoce”.¹⁴⁷ Los conceptos universales son meros *signos* o *símbolos* que corresponden lo más universalmente posible a la experiencia sensorial.¹⁴⁸ El concluir que el movimiento adecuado para el conocimiento es el local, y que los símbolos son fórmulas matemáticas que expresan una ley física, fue la hazaña histórica de Galileo.¹⁴⁹

Dos de las características fundamentales del movimiento local son, la especialidad y la temporalidad. No es casual, dice Lain, que la iatromecánica de Borelli se fundamentara en el estudio físico del sistema esquelético.¹⁵⁰ Ahora bien, lo primero que nos sorprende en la obra boreliana es la existencia de dos tipos de movimientos, el externo y el interno; al estudio de los cuales dedica dos libros distintos.¹⁵¹ ¿Establece Borelli una dife-

¹⁴⁴ GARCÍA BALLESTER, L.: *Galeno. La culminación de la ciencia médica Antigua*. Madrid, 1972.

¹⁴⁵ ARISTÓTELES: *Physika*, III, 20, 1.^a

¹⁴⁶ ZUBIRI, op. cit., p. 70.

¹⁴⁷ LAÍN: *La historia clínica*, p. 107.

¹⁴⁸ Esto no significa que nosotros afirmemos la participación de Galileo en las tesis instrumentalistas. El simbolismo radicaría en las fórmulas matemáticas, pero no en las leyes que aquéllas expresan.

¹⁴⁹ LAÍN: *La historia clínica*, p. 107.

¹⁵⁰ *Idem*, p. 149.

¹⁵¹ En la “*pars prima*” estudia el externo, y en la “*secunda*” el interno.

rencia cualitativa entre ambos movimientos? Apresurémonos a responder negativamente. La distinción entre uno y otro estriba en que, el movimiento interno, es la causa del externo. En último caso, del *motu internis*, en tanto en cuanto se lleva a cabo en el interior del cuerpo, depende el que por ser externo es más ostensible, pero sin ninguna diferencia cualitativa en cuanto a sus propiedades físicas. Sería un problema de percepción sensorial directa o indirecta. La modernidad de Borelli está, precisamente, en el método de estudio de lo que llama externo e interno, y la intencionalidad que le guía: cuantificarlo.

En el capítulo primero del primer libro, estudia conceptualmente lo que ha llamado movimiento externo. Se limita a clasificarlo según los animales se muevan, fundamentalmente, en la superficie de la tierra (“gressus”), en el agua (“dicitur natus”), o en el aire (“dicitur volatus”).¹⁵² En cuanto a lo que denomina movimiento interno, lo incluye en el mismo párrafo en el que habla del “motu locali”: “vel tandem sunt fluxus, et motiones liquorum per cavitates, et per vasa animalis, ut sanguinis, et aliorum humorum...”,¹⁵³ La diferencia entre externo e interno, no está pues en la cualidad, ya que la circulación de la sangre “et aliorum humorum” son definidos como movimientos locales, y así los analiza en el segundo libro. El anti-esencialismo de Borelli se manifiesta una vez más con las críticas de Aristóteles y la utilización de Galeno en un sentido partidista.¹⁵⁴ Para el filósofo griego, afirma nuestro autor, lo que mueve el órgano es el espíritu, pero Galeno vio que el espíritu actúa por medio de los músculos.

El movimiento, además de ser local, es mecánico, como la totalidad del movimiento físico del cual no se diferencia. Precisamente para interpretar el movimiento del cuerpo como si se tratase de movimientos periódicos siderales, utiliza dos de sus estudios sobre mecánica más importantes: *De vi percussio- nis* (1667) y *De motionibus naturalibus a gravitate pendentibus* (1670). Sin embargo, en una obra anterior citada por nosotros

¹⁵² BORELLI: *De motu animalium*, pars I, cap. I.

¹⁵³ *Ibidem*.

¹⁵⁴ *Idem*, prop. I.

repetidamente, *Theoriae Medicearum Planetarum* (1666), encontramos claramente expuesto su concepto de movimiento biológico:

Vidimus cuncta animalia perpetuam habere pulsationem in corde, hoc est, perennem quamdam systolem, ac diastolem, quae pasiter observatur in arteriis: simili modo partes omnes animalis quandam habent motionem :::: peristalticam, qua dilatantur et constinguntur, ita ut possibile videatur, planetas talem habere agitationem, qua mediante appropinquent, atque discedant a proprio vitali fonte, circa quem cinguntur in orbem, proindeque exercent pulsationem ipsi cordi quadammodo similem...¹⁵⁵

Para poder estudiar el movimiento del cuerpo humano, Borelli lo reduce a una máquina en movimiento (lo que no quiere decir que la consideración última sea ésta) que respira, fluyen los humores, etc. Precisamente, esa permanente dinámica, explica la necesidad de los dos pies para mantener el equilibrio.¹⁵⁶ Pero la fisiología, en estos momentos, está todavía muy en funciones del saber morfológico, y mucho más para un iatromecánico. Los estudios realizados por Fallopio (1537-1619) aumentaron el interés por la fibra muscular, distinguiendo un tejido "compositio" y un órgano "mixtio".¹⁵⁷ El movimiento sería voluntario en las partes que poseen fibras cárneas, involuntarias en las que no las poseen y mixta en vejiga, vesícula, intestino, etc. En la obra de Borelli, está hasta tal punto condicionado el movimiento por la estructura anatómica, que antes de pasar al estudio del movimiento miológico, agrupa en especies al músculo atendiendo a la morfología fibrilar, y explica su funcionamiento refiriéndose única y exclusivamente a su mecanismo físico. Sin embargo, nuestro autor, no se acoge a la estructura muscular como causa para explicar los movimientos de automatismo y voluntariedad, sino que más bien se refiere a propiedades fisiológicas (funcionales) de los músculos, distinguiendo dos tipos de contracción muscular: una forma de contracción, propia de la fibra y que perdura en el cadáver,

¹⁵⁵ BORELLI: *Theoricae mediceorum planetarum etc.*, p. 65.

¹⁵⁶ BORELLI: *De motu animalium*, pars I, cap. XVIII, prop. CXXXVII.

¹⁵⁷ JIMÉNEZ GIRONA, J.: *La medicina de Baglivi*, p. 483.

(“...nam in cadaveribus paula post mortem musculi truncati aequae se ipsos contrahunt, ...”);¹⁵⁸ otra en función de la voluntad.¹⁵⁹

Aquí, nos encontramos con un hecho característico de cualquier ciencia inmadura: imbricación de conceptos tradicionales en la medicina moderna; en este caso concreto, la utilización de las ideas psicológicas de Aristóteles en cuanto al carácter de los movimientos y a la función de los apetitos.¹⁶⁰ Sin embargo, la solución que da Borelli a este problema es puramente moderna. De su teoría químico mecánica sobre la contracción muscular, deduce que el músculo tiene unas válvulas adjuntas que sólo se abrirán temporalmente por el imperio de la voluntad para dejar pasar a la sangre, y que cada apetito, actuaría sobre el cerebro con un ritmo concreto y en una forma precisa que determinaría el orden de movimiento.¹⁶¹ Como vemos, ninguna disquisición sobre el espíritu del movimiento, sino una descripción inferida de datos anatómicos y fisiológicos directos e indirectos, con una concepción local del “motu animalium”.

C. *La idea de dynamis y el concepto de fuerza.*

El concepto aristotélico del movimiento lleva consigo el de causalidad física. Si moverse es “estar llegando a ser”, la fuerza de que algo llegue a ser, y por eso, la cosa que posee la fuerza de producir algo, se llama en el rigor de los términos, cosa-causa, *aitia*.¹⁶² Muy otra es la actitud mental de la física moderna: ésta no pretende estudiar el origen de las cosas, sino

¹⁵⁸ BORELLI, op. cit., pars I, cap. II, prop. VII.

¹⁵⁹ BORELLI, op. cit., pars I, caps. I y II, prop. VII. Creemos que éste es el lugar adecuado para apuntar un hecho que merece una mayor atención y un estudio más detenido. Me refiero concretamente a la distinción marcada por Borelli entre ciertos movimientos biológicos y los exclusivamente físicos. Por ejemplo, cuando la sangre sale de los vasos, dice Borelli, sufre un proceso de decantación y descomposición de sus elementos, mucho más si se la somete a continua agitación. Pero esto no ocurre, ni en las arterias, ni en las venas. BORELLI, op. cit., pars II, prop. XXXIV.

¹⁶⁰ BORELLI, op. cit., pars II, prop. VI.

¹⁶¹ Idem, propos. XXI, XXII, XXV.

¹⁶² ZUBIRI, op. cit., p. 78.

medir sus variaciones, ya que, la naturaleza, no es más que un sistema de *leyes*.¹⁶³

Es de esperar, según venimos diciendo, que el concepto de fuerza manejado por Borelli se atenga estrictamente a las notas características de la física moderna. Su idea de “vis”, es puramente externa, se trata de algo exterior a lo que se mueve y provoca su desplazamiento. Cualquier capítulo del *De motu* nos serviría para respaldar nuestra afirmación, sin embargo, es en el estudio del movimiento muscular donde estos conceptos adquieren una claridad indudable. Para calcular la fuerza de un músculo (potencia), no se necesitan otros datos que la resistencia, la inclinación del tendón respecto al eje, y de las fibras musculares:

Data resistantia, et inclinationibus tendinum, et fibrorum musculorum radiorum vires eorundem musculorum reperire.²⁴⁶

Pero el problema no es tan simple como lo hemos presentado. Borelli hizo importantes aportaciones al estudio de las fuerzas que actúan en los movimientos siderales, concretamente, la introducción de las fuerzas centrífugas en el cielo es una gran aportación que significará la infinitización del universo, paso fundamental en la elaboración matemática de los movimientos cósmicos.¹⁶⁵ Y además de esta aportación, está la distinción entre principio interno del movimiento (el peso) y el principio externo (la fuerza de tracción) hecho ya por Galileo.¹⁶⁶ Principio interno que, por otra parte, tiene unas dimensiones físicas muy concretas. Ahora bien. ¿Es tan distinto este concepto y el de principio interno, configurador del movimiento, de la escuela iatromecánica?¹⁶⁷ En el estudio de fenómenos físicos no cabe duda de que se trata de dos cosas totalmente diferentes, pero no podemos decir lo mismo del distingo apuntado anteriormente entre la fuerza “propia de la fibra muscular” y la “externa”

¹⁶³ *Idem*, p. 77.

¹⁶⁴ BORELLI, op. cit., pars I, prop. LXXXI.

¹⁶⁵ KOYRE, A.: *La mécanique céleste de J. A. Borelli*, p. 134.

¹⁶⁶ BORELLI, op. cit., pars I, cap. 21, prop. CLXXVII.

¹⁶⁷ LAÍN: *Historia de la Medicina Moderna y Contemporánea*, p. 202.

a ella. Desde luego, queda claro que el principio interno nada tiene que ver con el fenómeno de "fermentatio" producido en el interior del músculo, ya que, "in vivo", al resecar las arterias y dejar el músculo de una tortuga en seco, el músculo se contrae todavía durante dos o tres horas. Y sin embargo, cuando está turgente y lleno de sangre no se mueve.¹⁶⁸ Por otra parte, es un tipo de fuerza que perdura en el cadáver.

La terminología que utiliza Borelli para definir esta "vis", se presta un tanto a confusión, ya que dice que es "propria fibrarum ejus ab ipsa naturali structura fibrarum dependens".¹⁶⁹ Un análisis superficial induciría a entender "structura fibrarum" en sentido puramente morfológico, pero no cabe duda, que en el contexto, esta formulación tiene un valor que sobrepasa el significado estructural. Entre otras cosas, esta exposición induce a formular una serie de preguntas como ¿Cuándo pierde la fibra aquellas características y por qué?, que entraña un concepto de cambio substancial (en sentido orgánico). El hecho que ahora nos importa es, que una vez más, margina nuestro autor un problema que no puede abordar con el nuevo método y se limita al estudio de la "vi musculorum" perfectamente objetivable. Una actitud totalmente acorde con el nuevo criterio de estudiar los fenómenos. Mientras la ciencia considera en el fenómeno, en el aparecer, *aquel ante quien aparece* (dice Zubiri), el griego considera en el fenómeno la aparición de *aquel que aparece*. Lo que importa a un griego, más que los espectadores, son precisamente los personajes del espectáculo".¹⁷⁰ En este apartado, el contraste entre lo antiguo y lo moderno, adquiere todo su vigor histórico.

D. *La relativización de las causas en la obra de Borelli.*

Una consecuencia inmediata de la nueva idea de la naturaleza y del método empleado por los científicos modernos, fue la relativización de las causas de los fenómenos. El viejo concepto de cosa-causa que hemos apuntado en el apartado ante-

¹⁶⁸ BORELLI, op. cit., pars II, prop. XVIII.

¹⁶⁹ *Idem*, pars I, prop. VII.

¹⁷⁰ ZUBIRI, op. cit., p. 74.

rior, se transforma en algo externo al movimiento y cuantificable por el desplazamiento y las características del mismo. En realidad, causa y fuerza siguen unidas sólo que lo que interesa ahora al investigador, no es el origen del fenómeno, sino las leyes del mismo. De ahí que Giovanni Alfonso comience el estudio de las causas con estas palabras tan significativas:

postquam egimus de robore virtutis motivae, quam Natura adhibet ad contrahendos musculos, et ad superandas resistentias eis appensas, debent mo immediatae horum mirabilum effectum causae pro viribus expossi.¹⁷¹

Las causas no serían otra cosa que fuerzas productoras de movimiento con arreglo a las leyes mecánicas. El punto de partida para llegar a esta conclusión, es una de las afirmaciones repetidas sistemáticamente por Borelli en todos los estudios del movimiento animal, tanto interno como externo:

Sed inquiunt, naturam audere, et posse aliquid supra leges mechanicas. Egregie profecto, quasi leges mechanicæ non essent neccessariae; et proinde natura contra leges necessitatis a divina sapientia praescriptas, scilicet, impossibilia agere posset.¹⁷²

Según esto, estudiar las causas del movimiento, obligaría a buscar la relación entre fuerza y transcurso del objeto que se mueve.¹⁷³ La instalación dialéctica frente al saber antiguo, induce a nuestro autor a sacar conclusiones de la ciencia aristotélica que no cabrían en una situación en que lo científico y lo filosófico tuvieran valoraciones distintas.¹⁷⁴ El investigador maduro, toma una actitud frente al saber antiguo como si el concepto de causalidad de la *Nuova Scienza* pudiera igualarse a lo que el griego entendía por causa en su *epistème*. De ahí que afirme Borelli en el capítulo de "gressu bipedum" que Aristóteles y otros, hablaron y escribieron muchas veces sobre la marcha de los animales, pero en ningún caso "nec causas talis motus progressivi site exponerunt".¹⁷⁵ El peso de una

¹⁷¹ BORELLI, op. cit., pars II, cap. I.

¹⁷² BORELLI, op. cit., pars II, prop. XV.

¹⁷³ *Idem*, cap. III.

¹⁷⁴ BORELLI, pars I, prop. VIII.

¹⁷⁵ *Idem*, cap. XIX.



sociedad asentada en unos principios inmutables, obliga a nuestro autor a comparar dos intenciones distintas, y a combatir doctrinas que nada tienen que ver ni con el método, ni con el contenido, ni con la finalidad de la nueva ciencia. El rebatir las teorías galénicas de la contracción muscular, afirmando que el músculo tiene tres dimensiones, mientras que las facultades son como puntos indivisibles que no tienen magnitud (“nam moles musculi corporea, empe illa, quae trinam dimensionem habet, augeri et inflari non potest a facultate omnino in corporea quae ad instar puncti indivisibilis nullam magnitudinem haber”),¹⁷⁶ es algo que sólo puede explicarse en un contexto social como el de la Italia del xvii. El texto boreliano, esforzándose en combatir a Galeno con unos razonamientos y unos principios totalmente distintos a los sustentados por el médico de Pérgamo, es una prueba palpable de la dicotomía que tuvieron que sufrir los científicos modernos en aquella sociedad, convencidos como en este caso, de la evidencia de los hechos. Por más que intentaran “omitir” lo que ya consideraban superado (“omissis argumentis, quae contra facultate naturales incorporeas a Galeno inculcata aferri solent...”), no podían prescindir de ella cara a la misma sociedad.¹⁷⁷ Borelli rechaza toda incorporación, en su obra experimental, de elementos no reductibles a su nuevo método, hasta tal punto, que después de describir el mecanismo de la voluntad y aun aceptando la clasificación aristotélica, afirma que “ergo necesse est. ut aliqua substantia corporea per nervos ad musculos transmitatur”,¹⁷⁸ y esa substancia no sería más que el “spiritum animale”.¹⁷⁹

Lo que movía para Aristóteles era el espíritu;¹⁸⁰ Galeno relega a este espíritu a que actúe sobre el músculo¹⁸¹ y Borelli concreta dicho elemento en una “substantia fluida, subtilissima,

¹⁷⁶ BORELLI, pars II, prop. XVI.

¹⁷⁷ *Ibidem*.

¹⁷⁸ *Idem*, prop. XXII.

¹⁷⁹ *Idem*, prop. XXIV.

¹⁸⁰ BORELLI, op. cit., pars I, prop. VIII.

¹⁸¹ *Idem*, cap. I, prop. I.

purissima".¹⁸² Sea lo que fuere la voluntad, lo cierto es, que actúa como un factor externo de movimiento local.¹⁸³

IV. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL "DE MOTU ANIMALIUM".

Generalmente se viene afirmando que la fisiología moderna no fue, en sus comienzos, otra cosa que "anatomía animata". En este sentido siempre se toma como punto de referencia la *Fabrica* de Vesalio, es decir, la idea de que si el cuerpo en reposo es una construcción, una "fabrica", en movimiento no será otra cosa que una "máquina". Laín Entralgo, ha visto en los dibujos de Leonardo Da Vinci, particularmente en los osteomusculares, un antecedente explícito no sólo del programa de Vesalio sino también de la obra de Borelli, en el sentido de que los músculos son para Leonardo líneas de tracción mecánica y los huesos palancas sobre las que actúa la tracción muscular.¹⁸⁴ Ciertamente, sigue afirmando Laín,¹⁸⁵ el programa fisiológico de Da Vinci no se convirtió, sin embargo, en un conjunto de investigaciones concretas hasta Fabricio de Acuapendente (1537-1619) y los iatromecánicos. Sanctorio (1561-1636) fue el primero en reducir el experimento fisiológico a pura mensuración en su *Ars de statica medicina* (1614), pero el que de verdad marcó la pauta seguida por Borelli fue Fabricio de Acuapendente en su *De motu locali animalium secundum totum* (1618).

Ahora bien, entre Vesalio y de Acuapendente hay una gran diferencia en su primera forma de concebir la anatomía. Para el primero, el hombre sigue siendo la principal fuente del saber morfológico; por el contrario, Fabricio de Acuapendente, no sólo estudia la estructura humana, sino también la animal. Como ha demostrado López Piñero, el "iatrocentrismo morfológico" es una de las típicas limitaciones que la ciencia médica impu-

¹⁸² BORELLI, pars II, prop. XXIV.

¹⁸³ Este aspecto fue el que más llamó la atención de los historiadores, desde MANGET, op. cit., p. 368; pasando por SPRENGEL, op. cit., p. 132; hasta nuestros días.

¹⁸⁴ LAÍN ENTRALGO, P.: Harvey en la historia de la biología. En: *Harvey*, p. 28.

¹⁸⁵ *Idem*, p. 29.

so a la anatomía, impidiendo de esa forma, un desarrollo más general que sólo podrá lograrse a principios del XIX.¹⁸⁶ Nos parece muy interesante esta matización, pues nos sirve para comprender la marcha de dos grandes fisiólogos: Harvey y Borelli. Desde luego, Fabricio fue durante cuatro años maestro de Harvey, pero de hecho, el impacto producido en Borelli por la obra de maestro y discípulo, significa tanto como si éste hubiera estudiado y trabajado con ellos. Una cosa es muy significativa, Giovanni Alfonso, montó su fisiología a nivel general, como hemos dicho ya anteriormente, no sólo en los animales, sino también en las plantas. Pero al mismo tiempo, nuestro hombre fue físico y matemático que sabía comprender el rigor del método y la necesidad de los datos, de ahí que sea más moderno en su forma de elaborar que el propio Harvey. Con el *De motu animalium* culmina el programa de Fabricio de Acuapendente, ya que los iatromecánicos posteriores, incluso los discípulos directos de Borelli, Malpighi y Bellini, vuelven su interés, fundamentalmente, a la anatomía y fisiología humanas.

¹⁸⁶ LÓPEZ PIÑERO, J. M.: La morfología comparada anterior a Darwin y la interpretación iatrocéntrica de la historia de la anatomía, *Med. Esp.*, 69, 9-34 (1973), entiende como iatrocéntrismo, la actitud que considera al saber anatómico no como conocimiento científico autónomo, sino como algo que solamente interesa en tanto y cuanto sirve al conocimiento médico. Esta actitud, claramente detectable en Galeno, perdurará hasta la constitución de la anatomía comparada y la independencia de las ciencias morfológicas de la tutela que sobre ellas ejerció la medicina.

EL MÉTODO

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL NUEVO MÉTODO.

El tema que vamos a tratar reúne una especial complejidad, no sólo por la trascendencia del problema que en él se plantea, sino porque las implicaciones metodológicas serán la nota diferenciadora entre la ciencia antigua y la posterior a los primeros seguidores de Galileo.

Bochenski define el método como el “ir a lo largo del (buen) camino”, o en otro sentido, la forma de ordenar la actividad hacia un fin.¹⁸⁷ Si hemos comenzado planteando la cuestión del método desde su significación conceptual, que habitualmente se elude en estudios de este tipo por considerarlo innecesario, es porque precisamente, la misma formulación presenta problemas distintos según la idea que se tenga de la realidad que se estudia y la categoría otorgada a los resultados obtenidos.¹⁸⁸ No es casual, que el primer libro expresivo del pensamiento moderno se llame *Discours de la méthode*,¹⁸⁹ y el primer hombre que quiso ser consecuente con su modernidad fuera procesado y condenado, no por las características de su metodología, sino por la valoración dada a la teoría obtenida y ratificada con el nuevo método. Según esto, y así parece indicarlo Popper,¹⁹⁰ habría dos planos distintos en el quehacer científico:

¹⁸⁷ BOCHENSKI, I. M.: *Die zeitgnossischen Denkmethode*. Trad. castellana. Madrid, 1958, pp. 3-32.

¹⁸⁸ LAÍN, op. cit., pp. 9-177. El desarrollo concreto de esta idea lo podemos encontrar en la página 112 y siguientes.

¹⁸⁹ LAÍN ENTRALGO: *Historia de la Medicina Moderna y Contemporánea*, p. 128.

¹⁹⁰ POPPER, K.: *Conjectures and refutations. The Growth of scientific Knowledge*. Trad. castellana. Buenos Aires, 1967.

uno común a todos los científicos modernos, referente al camino que se sigue; el segundo, sería tan distinto como diferentes pueden ser las interpretaciones del fin al que se llega. El planteamiento del problema, tal y como lo desarrolla Karl Popper, es extraordinariamente fecundo y sugestivo para un análisis de la ciencia *in abstracto*, pero corre el peligro de olvidar que la ciencia no es algo aparte de la sociedad y por lo tanto, no es posible una teoría de la ciencia en un período determinado, sin tener en cuenta la historia total del mismo. Como tampoco es factible el estudio del contenido y significado de los hechos científicos, sin contar con los importantes hallazgos realizados por los filósofos de la ciencia.

Al analizar los textos de Borelli con la intención de descifrar su metodología, se plantea inmediatamente la imposibilidad de hacerlo con los exclusivos conceptos históricos de experimentado *risolutivo*,¹⁹¹ o de la valoración real que Galileo daba a la teoría científica. Giovanni Alfonso Borelli, no se adapta completamente a ninguno de los esquemas mencionados, y lo que intentaremos demostrar en este trabajo no sólo será este hecho, sino las razones sociales y científicas que puedan ayudarnos a comprender su concepción metodológica. Así pues, entendemos, que para una precisa interpretación del método boreliano, hemos de estudiar íntimamente relacionados todos los aspectos que anteriormente hemos aludido.

Queremos insistir con especial énfasis en este capítulo del método, porque si hay algo rigurosamente moderno en Borelli, es precisamente, el planteamiento metodológico en el estudio del movimiento animal.

Existe una gran diferencia entre nuestro autor y los biólogos anteriores, y la clave de tal distingo está en la forma y la intención con que nuestro hombre se aproxima al estudio de los fenómenos vitales. Para un antiguo, como ha estudiado

¹⁹¹ El concepto de experimento resolutivo, es decir, el que tiene como finalidad aclarar un problema planteado por la teoría, lo hemos tomado de D'IRSA, S.: Time-implied Function An historical Aperçu. *Kyklos*, 1, 52-59 (1928); A physiological synthesis. *Kyklos*, 2, 115-130 (1929). Scientific Thought and Enlightenment. *Kyklos*, 3, 136-146 (1930).

García Ballester en Galeno,¹⁹² el fisiólogo es un hombre que *interroga* las obras de la naturaleza; o en otro sentido, “el hombre que ha decidido no dejar en la duda en la oscuridad o en lo desconocido ninguna de las obras de la naturaleza”.¹⁹³ En último caso, esta actitud, conlleva un respeto hacia la naturaleza que puede conducir a la pasividad contemplativa o a la elucubración especulativa. Claro está que esta postura, más propia del galenismo, no se dio en Galeno. Su respeto a la naturaleza es consecuencia de toda una instalación ante la realidad biológica. Su método es esencialista y deductivo, es decir, parte de una serie de principios que no se ocupa en verificar porque constituyen de por sí un punto de partida absoluto. Para el médico de Pérgamo, la naturaleza es *physis logiké*, y por lo tanto, su método le ha de permitir el desvelar y conocer al mismo tiempo la trama misma de la naturaleza, su *logos*, que permanecía oculto.¹⁹⁴

Podríamos pensar que la “nuova scienza” también tenía sus principios apriorísticos y el neoplatonismo venía a sustituir al tradicionalismo aristotélico. Nada más inexacto. Principios básicos como el concepto de fuerza y movimiento, dejan de tener un significado cualitativo para ser interpretados desde los postulados cuantitativos y locales de la nueva física. Por otra parte, no es *logos* de los fenómenos lo que busca el científico moderno, sino un sistema de relaciones entre causa y efecto que nos explica la realidad tal y como es.¹⁹⁵ Si esto fue posible

¹⁹² GARCÍA BALLESTER, L.: *Galeno en la sociedad y en la ciencia de su tiempo*. Madrid, 1972.

¹⁹³ Idem, La referencia del texto galénico es, K. III, 446.

¹⁹⁴ Idem, K. IV, 359.

¹⁹⁵ Al menos Galileo, y por supuesto Borelli, opinaba que lo verificado con su método era una realidad y no una representación simbólica. Precisamente éste será su punto de fricción con los inquisidores. Ahora bien, la idea de realidad mantenida por Galilei, no tenía nada que ver con un planteamiento filosófico o religioso. En este sentido, la actitud de Galileo fue más madura que la de Newton. De ahí que pueda dirigirse en el *Dialogi*, a los teólogos, en los siguientes términos: “Advertid teólogos, que al querer convertir en materia de fe las proposiciones concernientes al movimiento y al reposo del sol y de la tierra, os exponéis al peligro quizá con el tiempo de condenar por herejía a los que afirman que la

por la sustentación de una filosofía neoplatónica y atomista, en el sentido en que Reichenbach califica el resurgimiento de estas doctrinas,¹⁹⁶ la nueva valoración de la técnica y la aplicación de recursos desconocidos al estudio de la naturaleza, fueron factores de trascendental importancia histórica.¹⁹⁷ En último término, la perfección instrumental dará tales dimensiones a la experiencia, que transformará el retórico *desideratum* de Roger Bacon en una realidad palpable más que en una actitud. Recordemos las palabras de Leonardo:

...mis cosas han de extraerse más de la experiencia que de las palabras ajenas.

En definitiva, los principios filosóficos no son postulados asépticos y en la mayoría de los casos su interpretación depende de la intencionalidad con que se les utiliza. Pasar de una visión geométrica del mundo a una concepción mecánica de su funcionamiento, es casi una consecuencia necesaria tal y como estaban plantadas las cosas en la ciencia de los siglos XVI y XVII. Del mismo modo, la confianza en la experimentación como medio

tierra está quieta y el sol se mueve de lugar..." Este concepto de realidad carece, por otra parte, de una idea estática del progreso científico.

¹⁹⁶ REICHENBACH, H.: *The Rise of Scientific Philosophy*. Trad. castellana. México, 1953. En ningún momento Platón, se declara defensor de la observación. Nadie podría rechazar la ciencia empírica con mayor energía como lo hace Platón en la *República* y en el *Fedón*: el astrónomo, debía "dejar en paz a los cielos" y llegar a la materia de sus conocimientos por "el don natural de la razón" (*Republica*, VLI). Lo que recoge el movimiento neoplatónico, no es la doctrina de Platón en su enunciado original, sino fundamentalmente su idea de la ordenación matemática del Universo, pp. 39-42.

¹⁹⁷ ROSSI, P.: *I filosofi e le macchine (1400-1700)*. Trad. castellana. Barcelona, 1966, p. 99, afirma que la exaltación del trabajo por Campanella en la *Città del sole*, aunque sea el más humilde, en contra de la distinción tradicional entre artes especulativas y mecánicas, es un ejemplo de la nueva valoración de la técnica. Por otra parte FORBES, R. J.: *Man the Maker. A history of Technology and Engineering*. Trad. castellana. México, 1958, p. 151; califica al siglo XVII como el de los proyectos, ya que, no pocos proyectos del siglo XVIII, fueron producto de la colaboración entre la nueva ciencia por una parte y la tecnología por otra en el período anterior.

de estudiar los fenómenos y en la matemática como idioma científico de expresión y forma de explicar la realidad.

La visión geométrica y el concepto mecánico conduce a su vez a un principio general: la naturaleza actúa tanto en lo grande como en lo pequeño, de la misma forma. Fue en la astronomía donde se demostró la eficacia del método matemático y se comprobó con mayor espectacularidad el funcionamiento mecánico del cosmos. Si esto ocurría en lo grande, lo más oportuno era aplicar dicho método a todos los fenómenos naturales. Stenon, en su *Elementorum Myologicae specimen, seu musculi descriptio geometrica* (1667), ya afirma que: “quod Coelo Astronomi, quod Terrae Geographi, et ut ex Microcosmos exemplum adducam quod oculis, sei opticae scriptores concessere”.¹⁹⁸ El método astronómico, basado en la observación de los fenómenos y la explicación de lo observado con el lenguaje de las matemáticas, será pues, el propio de los biólogos modernos de la escuela iatromecánica italiana, en la fisiología del barroco.¹⁹⁹ Ahora bien, en el caso concreto de Borelli, presenta unas peculiaridades imposibles de soslayar.

II. EL MÉTODO EN BORELLI.

La vinculación ideológica de la obra de Borelli a la metodología de Galileo, nos consta, no sólo por la incorporación del método inductivo y matemático, sino por sus propias declaraciones. En el nutrido epistolario con sus discípulos, son frecuentes las consignas sobre el tema. El 24 de febrero de 1659 escribía a Marchetti un enérgico alegato contra las doctrinas adversas a la obra de Galileo. Es más, en sus comentarios astro-

¹⁹⁸ Citado por DEL GAIZO: *Contributo etc.*, p. 7.

¹⁹⁹ GARCÍA BALLESTER, *op. cit.*, dice del uso de las matemáticas y la técnica en Galeno, que no tiene valor mensurativo, sino que se utilizan como recurso lógico para alcanzar una seguridad y una certeza en el conocimiento de la realidad misma. Por el contrario, para los científicos modernos, la cuantificación y la medición son dos hitos fundamentales en el estudio de los fenómenos, lo que es posible por la utilización del lenguaje matemático.

nómicos, reproduce, sin citarlo, la "giornata III" del *Dialogi*.²⁰⁰ El mismo año, unos meses más tarde, recomienda a Malpighi que repase los textos de la obra del maestro y en ellos encontrará respuesta metodológica a muchos de los problemas que se le habían planteado.²⁰¹ Borelli, en esto como en todo es también heredero de Galileo. Pero lo verdaderamente significativo en nuestro hombre, es que no se limitó a recibir un legado, sino que imprimió al mismo unas características propias en las que encontramos huellas tan dispares como las de Campanella y Bacon.

No olvidemos, por otra parte, que Borelli, como físico y astrónomo, domina la metodología galileana, y como biólogo, después del éxito de *La cagioni delle feбри maligne di Sicilia*²⁰² y tras sus posibles contactos en Nápoles con Tommaso Cornelio y Leonardo Di Capoa y Marco Aurelio Severino, durante su primera estancia en Messina,²⁰³ ha comprobado en parte su utilidad. El *De motu animalium* sería la culminación de esta nueva actitud, ya que el método, ahora, se aplica a movimientos tan diversos como la circulación, respiración, digestión y en general, al estudio de todo el biologismo animal.

Veamos cuáles son los diferentes pasos seguidos por Borelli, cuando aplica la nueva metodología al estudio de los fenómenos biológicos.

A) *La observación.*

Observar y experimentar son dos formas de recogida de datos. Pero para que tanto una como otra tengan verdadero significado moderno, es necesario que el dato ocupe un impor-

²⁰⁰ DERENZINI, T.: Alcune lettere di Borelli a A. Marchetti. *Physis*, 1, 224-243 (1959), p. 227.

²⁰¹ MALPIGHI, M.: *Opera posthuma*. Venetis. MDCXCVIII, p. 227.

²⁰² Este trabajo de Borelli, en opinión de BELLONI, L.: Die Entstehungsgeschichte der mikroskopischen Anatomie, p. 282; sería un claro prólogo de su obra iatromecánica. Sin embargo, el *De motu animalium*, tiene tras de sí una gran experiencia que en algún sentido modifica el "método matemático".

²⁰³ SETTLE, T. B.: Borelli, Giovanni Alfonso. *Dictionary Scientific Biography*, p. 309.

tante papel en el proceso de investigación, ya que saber observar no es algo exclusivo de la ciencia moderna. La importancia está en el significado que el investigador da a lo observado, precisamente esto es lo que distingue a las observaciones hechas por Borelli de las llevadas a cabo por un fisiólogo antiguo. Para éstos observar es *recrearse* en la teoría, para nuestro autor es algo fundamental en el estudio de los fenómenos naturales y en la comprobación doctrinal. Por otra parte, nuestro hombre practica todos los tipos de observación comunes a los científicos modernos: ²⁰⁴ la directa o de los hechos externos, y la indirecta, que no sólo se sirve de los datos sino también de la teoría. ²⁰⁵

La observación científica constituye para Borelli los cimientos de la investigación, pero no un fundamento inalterable. No existe una observación rigurosamente pura, libre de prejuicios y planes. Lo más característico es que la observación, está muy lejos de ser una percepción casual para transformarse en un modo refinado de aprehender la realidad perceptible y de poner a prueba las ideas que sobre la misma se tienen. Es pues, "una percepción intencionada e ilustrada: intencionada o deliberada porque se hace con un objeto determinado; ilustrada porque va guiada de algún modo por un cuerpo de conocimiento". ²⁰⁶

Borelli no sólo usa de los sentidos para observar, todo instrumento o artificio que posibilite desglosar las observaciones macroscópicas en otras más simples tienen para él un gran interés. El empleo de refinadas técnicas de disección, se acompaña de la cocción de masas musculares y estudios microscópicos, con la finalidad de analizar todos los detalles posibles. ²⁰⁷ Su rigor de matemático, se refleja en este capítulo del método y el instrumento adquiere una nueva dimensión, ya que con él, es posible arrancar a la naturaleza datos inapreciables a los

²⁰⁴ Nos hemos servido de la obra de BUNGE, M.: *Scientific Research*. Trad. castellana. Barcelona, 1969, para tipificar los tipos de observación y su significado en la metodología moderna.

²⁰⁵ *Idem*, p. 729.

²⁰⁶ Hemos querido recoger textualmente la definición de BUNGE, op. cit., p. 727, porque si bien pertenece a un teórico de la ciencia actual, la podemos aplicar totalmente a las observaciones hechas por Borelli.

²⁰⁷ BORELLI: *De motu animalium*, pars II, cap. V, prop. XXXIX.

sentidos.²⁰⁸ El “et nos observavimus”, se transforma en una frase fundamental en el proceso de investigación. Lo importante en la observación es la descripción exacta y correcta y como Borelli decía a Malpighi, estar siempre “attento con gran temerita d’animo a filosofare”.²⁰⁹

La observación indirecta es tan frecuente en la biología boreliana como la directa. En último caso todo consiste en inferir de unos hechos no perceptibles lo descrito en otros perfectamente captables por los sentidos. En estos casos no deben confundirse los errores en la lectura de los fenómenos con lo que en realidad fue para el autor un fenómeno de observación indirecta. Éste ha sido, sin duda, uno de los hechos peor interpretados por los historiadores de la biología, ya que al interesarles exclusivamente los datos contenidos en la obra sin considerarlos inmersos en un contexto de posibilidades metodológicas se llegaba a conclusiones inadecuadas. No es éste el caso señalado por Bunge, al hablar de los errores en la lectura de los datos observados por Leonardo da Vinci,²¹⁰ puesto que, lo que hizo Leonardo fue una mala aplicación analógica muy propia de los científicos de transición. En último término, para comprender por qué en la observación indirecta se puede llegar a tales conclusiones, habría que preguntarse por dos cosas: el carácter de la teoría y la precisión de las observaciones en función del material empleado. En este último sentido, el microscopio de Galileo, sólo permitía la consecución de hechos muy toscos. Veamos un ejemplo.

²⁰⁸ Precisamente la disconformidad con el método de Stevinus y Herrignonius, tiene una de sus razones en la pobreza de los datos manejados por aquéllos. Borelli es consciente de la necesidad de un mínimo de elementos para poder montar una hipótesis. *Op. cit.*, “Disgresio”, pars I, cap. XIII.

²⁰⁹ MALPIGHI, M.: *Op. cit.*, p. 21.

²¹⁰ BUNGE, *op. cit.*, p. 729. Hablando del peligro que corre el observador de introducir elementos ajenos a la realidad observada, se refiere al caso de Leonardo da Vinci, que pintaba además de un canal ureteral, el esquema de un conducto por donde pasaba el alma al embrión en la concepción.

La relación entre sistema nervioso y contracción muscular, es un hecho evidente para Borelli.²¹¹ Para explicar el fenómeno de contracción, después de haber estudiado los elementos miológicos, aborda nuestro autor la observación de los nervios, e infiere desde estos datos aquellos otros elementos que no registra directamente pero se deducen del contexto teórico.

El nervio es un conjunto de fibras rodeado por una membrana, su estructura es como un nido reforzado por vasos y lleno de sustancia esponjosa;²¹² por otra parte, los capilares son un elemento más de la estructura nerviosa aunque no sean de la misma naturaleza.²¹³ Hasta aquí, los datos de la observación, totalmente objetivos. Al interpretar estos hechos, se vale no sólo de lo que ve, sino de la teoría que precede y guía el acto de investigación. Así pues, si la misión de los vasos es nutricia, no tiene el porqué ser diferente en los nervios,²¹⁴ y si el movimiento biológico es mecánico, así habrá de ser la circulación del "succus nerveus".²¹⁵ La inferencia llevada a cabo por nuestro autor, le obliga a concluir, que los nervios se comunican con el cerebro, el cual, destila unas gotas que al caer sobre el tejido turgente del nervio, actúan produciendo una conmoción en el líquido contenido en él que se va transmitiendo hasta llegar al músculo.²¹⁶ Ahora bien, este proceso es totalmente coherente a una metodología moderna, ya que hasta estas mismas observaciones indirectas pueden estar sujetas a una cuantificación. Un ejemplo típico es el mecanismo que describe Borelli para explicar la intervención de la psique en el movimiento: la voluntad, que tiene como órgano de expresión el cerebro, transmite sus órdenes por los nervios al músculo.²¹⁷ En realidad, el inferir una hipótesis que hoy nos parece absurda, no es un fallo metodológico del autor, sino una consecuencia lógica de los elementos fundamentales que determinan

²¹¹ "Actio musculi est contractio", afirma categóricamente en la prop. IV de la pars I.

²¹² BORELLI, op. cit., pars II, cap. III, prop. XXIII, XXIV y XXV.

²¹³ *Ibidem.*

²¹⁴ *Ibidem.*

²¹⁵ *Ibidem.*

²¹⁶ *Idem*, prop. XXIII, XXIV y XXV.

²¹⁷ *Idem*, prop. XXII.

la observación indirecta, es decir, la precisión y detalle de la observación directa y la doctrina configuradora. Así pues, el deducir que en la circulación capilar la sangre, por su rápida velocidad y su impulso, rasca con vehemencia y puede arrastrar consigo innumerables partículas fijas, que mantengan en equilibrio biológico la mezcla sanguínea es, como en el caso de los nervios, consecuencia de aquellos dos factores determinantes.²¹⁸

Lo que nos interesa destacar en estos momentos, son las posibles consecuencias de dar a la teoría una beligerancia excesiva, lo que pudo conducir en ocasiones a resultados inadecuados. Buena prueba de ello fue la tosquedad de ciertas observaciones realizadas por Borelli y la polémica mantenida con Malpighi en torno a la constitución pulmonar.²¹⁹

Lo verdaderamente notable en nuestro autor, es la conciencia de eventualidad en las hipótesis montadas con el nuevo método, entre otras cosas, porque nunca se agota el número de observaciones. Actitud radicalmente opuesta al esencialismo deductivo y a un concepto estático del progreso científico.²²⁰

B) *La experimentación.*

La planificación del experimento depende no sólo de la cuestión planteada, sino también del contexto en el que está inmerso dicho problema, es decir, del trasfondo teórico disponible, de las técnicas con que se cuenta, de la clase de datos que se esperan y de la exactitud requerida. Por lo tanto, si aplicamos estos principios generales de metodología a la idea de experimento sustentada por Galeno y Borelli (eligiendo dos modelos significativos de la historia de la medicina), encontramos las mismas diferencias apuntadas al analizar el signi-

²¹⁸ *Idem*, prop. XXXV.

²¹⁹ Sin embargo, mientras Malpighi se preocupa como médico, de concluir hechos que pudieran ser aprovechados en la praxis, Borelli, intenta comprobar una teoría general de la ciencia.

²²⁰ BORELLI, op. cit., pars I, cap. XIV, "Scholium"; no tiene ninguna reserva en reconocer que los estudios de Stenon y Lorrerium sobre el músculo deltoides, son mucho más completos que los realizados por él. Entre otras cosas, porque aquéllos, acumulan mayor número de datos.

ficado del método. Para Galeno, experimentar es describir algo que estaba oculto, cuando realiza una experiencia no hace sino utilizar un ingenioso artificio que sirva para poner de manifiesto lo que la propia naturaleza encierra en su seno.²²¹

El médico de Pérgamo, busca con sus experimentos fisiológicos producir la epifanía del *logos* de la *physis* en el *logos* del experimentador.²²² La diferencia con el experimento moderno es total: su fundamento es “añadir a la observación el control de ciertos factores en base a supuestos teóricos y, cuando es preciso, supone medición”.²²³ No sólo el objeto, sino también el fin, son radicalmente distintos. Ahora bien, dadas las posibilidades metodológicas y técnicas de la ciencia del seiscientos, es evidente que el experimento no presentaba la complejidad posterior aun partiendo de idénticos supuestos metodológicos.

En el método galileano la teoría precede y guía a la experiencia (*experimentum*), que la configura y refuerza dándole aspectos propios en cada estudio nuevo. Pero es la teoría la que constituye la ciencia.²²⁴ Galileo afirmaba que podría predecir el comportamiento de unas bolas arrojadas desde lo alto del mástil de un navío en movimiento, y que precisamente, su característica de buen científico se manifestaba en este hecho. Borelli, hubiera podido presumir de buen astrónomo —afirma Koyré²²⁵— ya que sin observar la órbita de los planetas, podría *a priori* preveer la estructura general de su trayectoria. Es verdad que Borelli no llega a decir esto, pero lo hace.²²⁶ Como buen seguidor de Galileo invoca el principio de uniformidad de la naturaleza, que sigue el camino más simple y más fácil. En investigación biológica, nuestro autor, es perfectamente consecuente con esta actitud y para él, estudiar matemáticamente las estructuras anatómicas es un método filosófico racional, ya que el movimiento se realiza por medio de estas

²²¹ GARCÍA BALLESTER, op. cit.

²²² LAIN ENTRALGO, P.; LÓPEZ PIÑERO, J. M.: *Panorama histórico de la Ciencia Moderna*, p. 25.

²²³ BUNGE, op. cit., p. 819.

²²⁴ KOYRE, A.: La mécanique céleste de J. A. Borelli. *Rev. Hist. Scien.*, p. 105.

²²⁵ *Idem.*

²²⁶ *Idem*, p. 105.

estructuras y ellas se rigen por las normas mecánicas que la Divina Sabiduría ha dispuesto.²²⁷ Los que se limitan a la disección (“at hi boni viri sicut in sectionibus anatomicis peritissimi sunt”) si no aplican además los conocimientos matemáticos, no podrán nunca comprender el movimiento muscular.²²⁸

La mentalidad experimental de nuestro autor, es un hecho irrefutable, y gracias a ella consigue derribar uno de los más importantes dogmas de la medicina antigua: la teoría del calor innato. Mendelson, en su *Heat and life*,²²⁹ ha hecho notar que Galeno para explicar la naturaleza y funciones del calor innato, recurrió a la analogía.²³⁰ No cabría esperar otra cosa siendo así que lo interesante para el pergamino es la explicación de dicho calor, y no la averiguación de su existencia biológica.²³¹ En cambio, Borelli, partiendo de que sólo lo verificable matemáticamente puede afirmarse como científicamente cierto, procede a su comprobación experimental. No tuvo más que medir con un termómetro la temperatura del ventrículo izquierdo y ver que la relación entre respiración y calor innato, postulada por Galeno, carecía de fundamento.²³² Después de Harvey, este es el hito más importante en la polémica con la medicina galénica. Lo interesante en este hecho es la forma concreta con que nuestro hombre llega a rebatir la doctrina del calor innato, precisamente, este tipo de detalles es lo que nos hace pensar en el empirismo baconiano.²³³ No se parte de un planteamiento teórico dirigente, sino que sólo se desea comprobar y cuantificar en lo posible, con la experimentación más sencilla, un postuladosecularmente aceptado por todos. Pero por otra parte, el análisis detallado de las diferentes operaciones realizadas por Borelli en la experimentación, no responde siempre a un planteamiento empírico. Veamos un ejemplo en

²²⁷ BORELLI, op. cit., pars II, cap. I, prop. XV.

²²⁸ *Ibidem*.

²²⁹ MENDELSON, E.: *Heat and life*. Cambridge, 1964.

²³⁰ *Idem*, p. 65-66.

²³¹ GARCÍA BALLESTER, op. cit.

²³² MENDELSON, op. cit., p. 66.

²³³ BORELLI, op. cit., pars II, cap. VIII, prop. XCVI.

uno de sus capítulos más elaborados: el del movimiento muscular.

Borelli, desarrolla en sus dos libros la investigación del movimiento muscular. Precisamente por distinguir dos tipos de movimiento: el externo (“externis animalium motionibus”), y el interno (“internis animalium motionibus”). Como ya hemos visto, sería absurdo el pensar en una diferencia cualitativa entre ambos, siendo así que mientras el primero no es más que el aporte de datos directos, el segundo, corresponde a la hipótesis explicativa de los hechos inferidos.²³⁴ Así pues, nuestro análisis, abarca tanto los capítulos del primer libro como del segundo. Vamos a distinguir los siguientes elementos en el proceso operacional del experimento boreliano.

1. Elección del problema.

Elegir un problema para su aclaración experimental, no es más que decidirse a estudiar el fenómeno con arreglo a los cánones de una metodología. Era de esperar, y así fue, que el primer movimiento estudiado fuera el que reuniera mejores características de espacialidad y a la vez el sustentado en estructuras fácilmente analogables a modelos mecánicos: el movimiento muscular.

Borelli comienza observando y describiendo para una primera recogida de datos, y desde este peldaño inicial del proceso, pasará como en cualquier otra ciencia físico matemática (“sicuti in aliis scientiis physicomatemática fieri solet”),²³⁵ a la obtención de nuevos datos con la experimentación ingeniosa y violenta del hombre, para que la realidad se ostente según lo que en la naturaleza estaba hasta entonces oculto.²³⁶ A realizar esta labor, dedica nuestro autor varias proposicio-

²³⁴ No debe interpretarse drásticamente esta distinción, ya que tanto en la primera parte como en la segunda hay datos e hipótesis interpretativas. “Externis et internis”, tienen aquí un valor topográfico-sensorial y de observación directa e indirecta.

²³⁵ BORELLI, op. cit., pars I, cap. II.

²³⁶ LAIN ENTRALGO, P.: Ciencia helénica y ciencia moderna: La φυσικη en el pensamiento griego y en la cosmología postmedieval. *Actas del II Congr. esp. est. clás.*, p. 168.

nes, concluyendo que los tendones y los músculos tienen estructura fascicular, y que no hay diferencia entre el músculo propiamente dicho y la carne (“musculum a carne non differre”).²³⁷

Lain Entralgo, al estudiar la semejanza formal entre el pensamiento nosológico de Sydenham (1624-1689) y el pensamiento físico de Galileo, compara los conceptos de “especie morbosa” y la ordenación que hace el pisano de la multiforme variedad de movimientos en algunas “especies”, como si la naturaleza se sirviese de movimientos típicos y constantes.²³⁸ Las leyes formales de Galileo y el empirismo nosológico de Sydenham, tiene su equivalente en la clasificación en “species musculorum” por Borelli. Distingue pues, seis especies musculares: romboidales, decusadas, peniformes, radiadas, circulares y orbiculares.²³⁹ Al realizar la observación de aquello que se pretende estudiar, se comprueba, al mismo tiempo, sus características más sobresalientes, lo que permite orientarse en la segunda operación.

2. Identificación de las variables que se suponen relevantes.

En este apartado es donde adquieren mayor significado los principios generales que subyacen en el quehacer científico, ya que, según aquellos, la elección de las variables tendrá significaciones distintas. Galeno buscaría aquí la *physis* particular del movimiento muscular,²⁴⁰ en realidad, no serían variables en sentido moderno, ya que mientras aquéllas no son más que personalizaciones de la Naturaleza (*Physis*), estas son factores controlables del fenómeno que se estudia. Pero en definitiva, la sustitución de aquellas *physis* particulares,

²³⁷ BORELLI, op. cit., pars I, cap. II, propos. I y II. En realidad no creemos que tome este concepto de Stenon, pues aunque éste publicó sus conclusiones antes que Borelli, las investigaciones de nuestro autor sobre la naturaleza del músculo se desarrollaron independientemente.

²³⁸ LAIN ENTRALGO, P.: *La historia clínica*, p. 129.

²³⁹ BORELLI, op. cit., pars I, cap. II, prop. III.

²⁴⁰ GARCÍA BALLESTER, op. cit.

por variables dependientes en sentido físico, es uno de los logros más característicos de la ciencia moderna.

Borelli, al clasificar los músculos en la forma que ya hemos visto, pone especial énfasis en su estructura geométrica, como corresponde a su mentalidad iatromecánica. Por lo tanto, las variables del movimiento muscular se limitan: a la dirección de las fibras carnosas, y al ángulo que forman.²⁴¹

3. Proyecto o plan del experimento.

En este apartado, se introduce una singularidad sólo explicable por la presión ejercida, desde los estamentos oficiales, del pensamiento tradicional. Borelli es un científico moderno, pero no puede prescindir del medio social en que vive. La dialéctica entre el hombre que ha superado la inercia social, y la resistencia propia de los instalados en un sistema acrítico, se refleja aquí con una claridad asombrosa. Nuestro autor, que como científico puede prescindir de todo discurso escolástico, se ve obligado en esta fase de la experimentación, a estudiar y criticar las doctrinas de Galeno y Gassendi (1592-1655).²⁴² Esta sería la primera parte del proyecto experimental: demostrar cuantitativamente la imposibilidad de las doctrinas galénicas y galenísticas extraídas de un contexto esencialista.

Borelli, sabe elegir el campo de batalla, y en vez de criticar fundamentos doctrinales, intenta mermar, de momento, afirmaciones laterales como la de que los tendones también ejercen fuerza de tracción.²⁴³ A estas razones, si puede responder con argumentos experimentales sin provocar irascibilidad en los integrados en el sistema.

Llevada a cabo la primera parte del proyecto, hay que iniciar seriamente, es decir, con sentido moderno, la "*lemmata ad ostendam vim musculorum*",²⁴⁴ lo que no es más que aplicar un sistema de poleas que reproduzcan las características estructurales de las variables elegidas.

²⁴¹ BORELLI, op. cit., pars I, cap. II, prop. V.

²⁴² *Idem*, cap. III, prop. VIII. En realidad lo único que Borelli reprocha a Gassendi fue el no ser consecuente con las leyes mecánicas.

²⁴³ *Ibidem*.

²⁴⁴ BORELLI, op. cit., pars I, cap. VI, propos. XII, XIII y XIV.

4. Formación de grupos homogéneos.

Se trata de formar dos grupos homogéneos, de tal forma que las variables entre un grupo A y otro B, se correspondan. En definitiva no es más que la formación de modelos mecánicos que se suponen homólogos al fenómeno biológico que se intenta estudiar, en el que no hay posibilidad de experimentar directamente. En el caso que nos ocupa, Borelli construye un modelo físico que corresponde a la morfología anatómica del músculo (fig. 1), y cuyas variables sean las seleccionadas en el segundo apartado:²⁴⁵

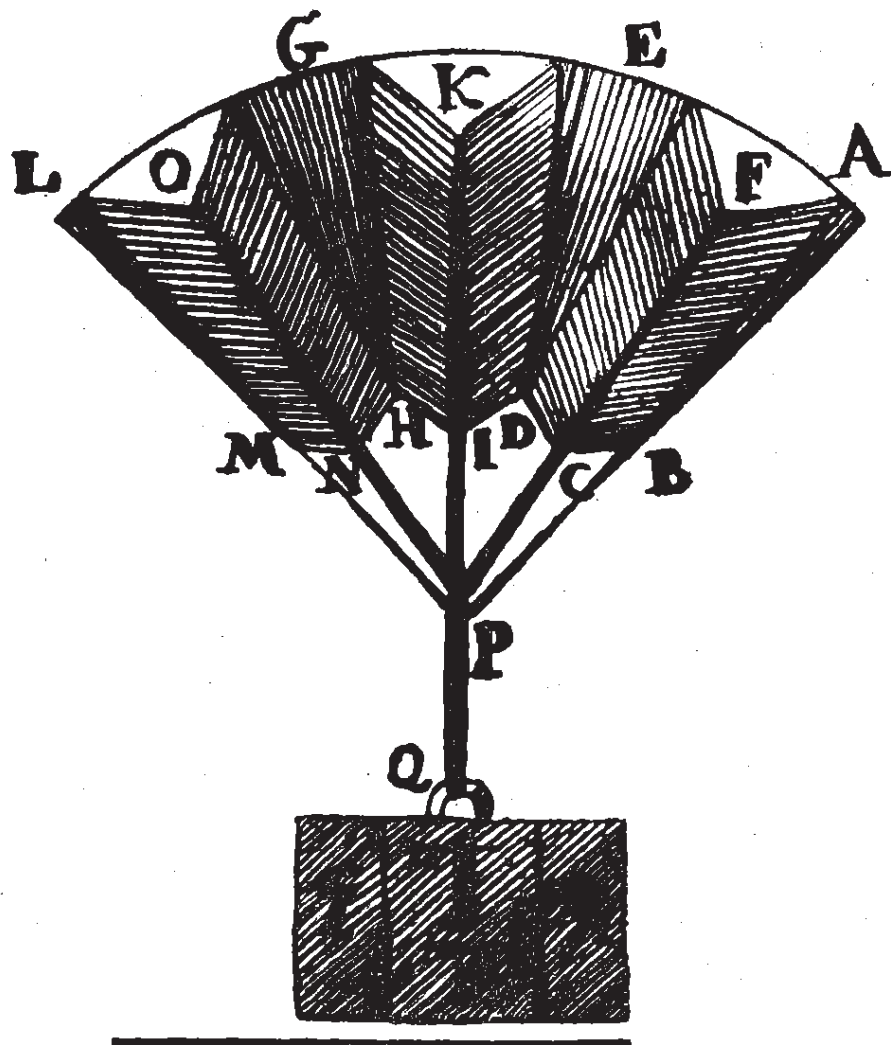


FIG. 1

²⁴⁵ BORELLI, op. cit., pars I, cap. XIV, propos LXXIX y LXXX.

5. Aplicación de estímulos al grupo B (modelo).

Si T es la resistencia, cuyo momento es igual a la contracción de las fibras AEGLNIB (fig. 1), dado el ángulo de las fibras BCF y DCF y todas las demás, que suelen ser iguales entre sí, no superando los ocho grados. Dado, asimismo, el ángulo que forman los tendones de las fibras peniformes y la dirección en que actúan las resistencias CPI y NPI, cuyo término medio no supera un máximo de cuarenta y cinco grados ni es inferior a un mínimo de veintiséis. Se trata, con estos datos, de averiguar la fuerza del músculo AELP.²⁴⁷

Lo primero que puede calcularse es la resistencia, pero como "potentis omnium fibrarum musculorum penniformium ACE, EIG, et GNL inter se aequalio, ad resistantiam T";²⁴⁸ puede calcularse la potencia del músculo con las variables anteriormente indicadas.

6. Observación y medición de los rendimientos de los grupos homogéneos.

Si la potencia de los músculos estuviera en función, únicamente, de las variables dirección de las fibras y ángulos formados, el problema quedaría resuelto, realizadas las operaciones indicadas en el apartado anterior.²⁴⁹ Pero al estudiar la potencia del glúteo y deltoides, se observa, que su potencia real es superior a la que desarrollan. Es decir, se introducen dos nuevas variables: la longitud del músculo y su grosor.²⁵⁰ En último caso, si el músculo está compuesto por fibras que actúan en el fascículo muscular de forma integrada, multiplicando así su potencia, y si lo que representa el modelo mecánico es el elemento (la fibra), la potencia total del músculo sería la suma de las potencias de sus fibras integrantes.²⁵¹ De

²⁴⁶ *Idem*, prop. LXXXI.

²⁴⁷ *Ibidem*.

²⁴⁸ *Ibidem*.

²⁴⁹ BORELLI, op. cit., pars I, cap. XIII, prop. LIX.

²⁵⁰ BORELLI, op. cit., pars I, cap. XV, propos. LXXXIII, LXXXIV, XC; cap. VII, prop. CXX, CXXI, CXXII y CXXVII.

esta forma calcula las fuerzas del glúteo, flexores de los dedos del carpo y del músculo temporal.²⁵²

7. Juicio sobre la significación de las diferencias de comportamiento entre los grupos homogéneos.

Ya hemos dicho, que uno de los hechos que Borelli afirma desde las primeras páginas de su obra es que la contracción es la acción propia del músculo. Precisamente, aquí radica la diferencia fundamental entre modelo mecánico y la realidad biológica, es decir, entre el grupo A y B. Hasta ahora sólo se han estudiado los factores musculares reductibles a la mecánica, y para ello se ha utilizado un modelo. Pero el análisis de lo que nuestro autor denomina movimiento interno, sobrepasa las características del modelo, y obliga a construir un modelado también con datos extraídos de la realidad, pero en el que la teoría cumple una función todavía más decisoria.

Se trata de demostrar que “musculi vitali motu non contrahuntur per exiccationem, aut alterationem similem ei, quae in pilis, et capillis torrefactis contingit”.²⁵³ En primer lugar observa, que tanto el pelo como la piel, las fibras nerviosas, tendinosas y todas las membranas, se arrugan y acortan por acción del calor. Ahora bien, esta operación haría evaporar las partes líquidas del músculo, lo que no ocurre en la realidad, ya que al cocer un músculo, previamente cortado en diminutos pedazos, queda siempre húmedo.²⁵⁴ A pesar de ello, dice Borelli, todavía algunos se aferraban a esta hipótesis afirmando que era en el interior del nervio donde se realizaba la cocción y el “succo” era expulsado caliente al músculo.²⁵⁵ Nuestro autor, ante los hechos observados, razona su disensión afirmando que el músculo no puede adaptarse en cada una de sus contracciones a tales operaciones. Muchos datos le ratifican de tal opinión.

²⁵¹ *Idem*, cap. XV, prop. LXXXIV.

²⁵² *Idem*, propos. LXXXV, LXXXVI, LXXXVIII.

²⁵³ BORELLI, op. cit., pars II, cap. I, prop. VIII.

²⁵⁴ *Ibidem*.

²⁵⁵ *Ibidem*.

La experiencia demuestra, que con un mínimo de calor se contraen mucho más los tendones y las membranas que los músculos; por otra parte, en su movimiento fisiológico, las fibras carnosas se hinchan, alargan y contraen más, que cualquier tendón o membrana.²⁵⁶

Segundo, mientras el músculo se mueve velozmente no es posible observar desprendimiento de calor similar al que produce la cocción, más bien, en peces y reptiles, lo que se observa es disminución de calor.²⁵⁷

Tercero, después de la cocción el músculo no recupera su primitivo color y laxitud. Además, en la contracción normal, es evidente que el músculo no experimenta tales cambios. Luego el movimiento no se puede deber a estos fenómenos, mucho más cuando se observa que el corazón disecado de los reptiles se mueve durante algún tiempo después de ser aislado.²⁵⁸ Así pues, el fenómeno no puede atribuirse ni al ardor de la combustión, ni a la ebullición, ni a la torrefacción, y tampoco a alteraciones o cambios en la sustancia muscular. Pero es evidente la existencia de una fuerza promotora del movimiento y del dolor en los músculos, ya que en el mencionado corazón de reptil, poco después de haberse parado, cuando parece extinto, si se le punza o irrita con un líquido ácido, revive y comienza de nuevo las contracciones.²⁵⁹

Al final de esta serie de experiencias, presume Borelli, que el músculo puede contraerse por arrugamiento de las fibras que lo componen (“an musculi per corrugationem fibrarum contrahi possint”)²⁶⁰ lo que le induce a estudiar los fenómenos de contracción de las fibras musculares como si se tratase de cuerdas. Es decir, le permite aplicar modelados teóricos, basados en la mecánica, a fenómenos reales y estructuras anatómicas, como son la contracción y las fibras musculares.

²⁵⁶ *Ibidem.*

²⁵⁷ *Ibidem.*

²⁵⁸ *Ibidem.*

²⁵⁹ *Ibidem.*

²⁶⁰ *Ibidem.*

Ahora bien, de la simple observación de un fenómeno como el movimiento de las lombrices, parece deducirse que el músculo se contrae por arrugamiento.²⁶¹ Precisamente es en este punto donde se manifiesta el método galileano en toda su plenitud.²⁶² Un científico antiguo, observaría el fenómeno y optaría por dos soluciones: incorporarlo al edificio escolástico-deductivo; o dar un valor de evidencia a lo que para nuestro autor es pura apariencia. En este momento la ciencia ya dispone de una serie de generalizaciones que le permiten afirmar ante un hecho, si manifiestan la realidad física y mecánica que lo origina. Así pues, Borelli, ante el movimiento de las lombrices opina categóricamente que en ningún caso puede deberse a un fenómeno de arrugamiento, precisamente, porque un hecho similar está en clara contradicción con la doctrina mecánica (“verum, quia doctrina mechanica, et ratio ipsa fati declarant absurditatem praedicta corrugationis in fibris musculorum...”).²⁶³ Es aquí donde adquiere toda su fuerza el experimento, único camino posible para aclarar el problema. Por otra parte, experimentar con fibras musculares es algo técnicamente imposible. Aquí viene la invocación del principio de uniformidad y la aplicación del modelado.²⁶⁴ Nuestro autor concluye, que haría falta una potencia total capaz de mover 400 libras, por lo tanto, queda desechada la posibilidad ya que la fuerza que puede ejercer una lombriz no alcanza tal cifra.²⁶⁵ De esta forma, lo que podría considerarse como causa del movimiento (el arrugamiento de las fibras), no es más que el efecto de la contracción muscular. Además hay dos hechos evidentes para Borelli, puestos claramente de manifiesto en el masetero y en el corazón: que el músculo no

²⁶¹ *Idem*, prop. XII.

²⁶² Insistimos en la apostilla de galileano, por lo que tiene éste de específico en cuanto al valor dado a la teoría.

²⁶³ BORELLI, op. cit., pars II, cap. I, prop. XII.

²⁶⁴ En este caso, estudia Borelli un modelo mecánico compuesto por una cuerda y dos poleas, que le permitirán deducir la fuerza necesaria para una contracción, si fuera cierto que ésta se ejerciera por un fenómeno de arrugamiento. BORELLI, pars II, cap. I, prop. XIII y “Disgresio”.

²⁶⁵ *Ibidem*.

se contrae por condensación longitudinal de sus fibras y aproximación de sus extremos, y que en el movimiento muscular el endurecimiento y el aumento de masa, es una de las características más notorias.²⁶⁶

Siguiendo las leyes mecánicas, estos hechos solamente pueden explicarse por un fenómeno de inflación similar al de una esponja. El músculo, al hincharse, sería comparable al cilindro CB (fig. 2) y en estado laxo al HE. El volumen sería el mismo en los dos puesto que las alturas y los radios están en la proporción adecuada para que así ocurra.²⁶⁷

Tales experimentos y modelados, vienen a confirmar, que el músculo se contrae por inflación de sus fibras y no por arrugamiento.²⁶⁸ Para concluir esto, ha observado los resultados de someter a la masa muscular, y otras estructuras aparentemente análogas y homólogas, a ciertos factores controlables y ha señalado sus diferencias; ha generalizado sus conclusiones a toda la escala zoológica poseedora de estructura muscular; y ha inferido sobre el fenómeno natural los resultados de un modelo.

Borelli, supo combinar la línea de Fabricio de Acuapendente con el rigor metodológico marcado por Galileo. Su interés por los datos anatómicos para explicar la fisiología, no acaban en la estructura humana sino que van más allá. Es decir, existe un claro intento de crear una *fisiología general* que necesariamente estaba sustentada por una *estequiología general*. El ser consecuente con el método y con los supuestos de la ciencia moderna, le condujo a ese camino.

C. *Lugar de la teoría en la elaboración del conocimiento científico.*

Generalmente se viene afirmando, que lo importante para Galileo no era el dato aislado, sino que, como afirma Koyré,

²⁶⁶ BORELLI, op. cit., pars II, cap. I, prop. XIV.

²⁶⁵ *Ibidem*.

²⁶⁶ BORELLI, op. cit., pars II, cap. I, prop. XIV.

²⁶⁷ *Ibidem*.

²⁶⁸ BORELLI, op. cit., pars II, cap. I, prop. XV.

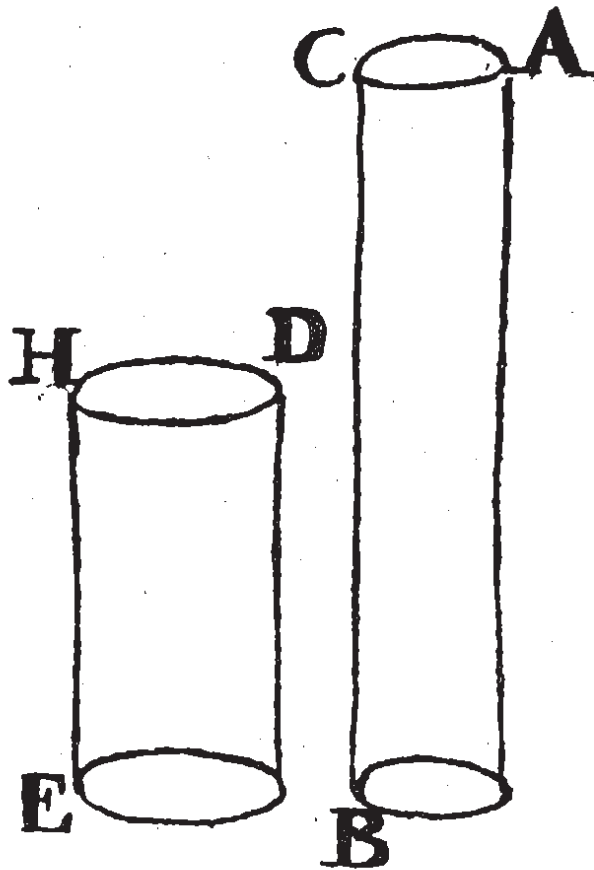


FIG. 2

era la teoría la que guiaba al experimentador.²⁶⁹ En último caso, que la intención de Galilei era resolver los problemas teóricos planteados *a priori* (de ahí lo de experimento *risolutivo*). Popper, ha estudiado con gran agudeza este tema y aclarado el papel que las críticas de los instrumentalistas, desde Bellarmino (1542-1621) y Berkeley (1685-1753) hasta nuestros días, han podido jugar en una infravaloración de la metodología galileana.²⁷⁰ Pero lo interesante en todo esto, para una interpretación adecuada, es su planteamiento en unas coordenadas históricas muy concretas. El pseudoinstrumentalismo del Cardinal Bellarmino (que fue uno de los inquisidores en el juicio de Giordano Bruno), era una cuestión de “prudencia” a la que Galileo no se quiso someter. Por otra parte, el peligro tampoco

²⁶⁹ KOYRE, op. cit., p. 105.

²⁷⁰ KOPPER, op. cit., pp. 116-141.

radicaba en la idea de que “creator rerum loquitur in suis operibus, sunt Geometricae configurationes”,²⁷¹ ya que, en último caso, sigue ocupando el Creador el papel definitivo. Ni siquiera el postular, como hace Borelli en su “prooemium” del *De motu animalium*, la necesidad de utilizar métodos matemáticos como “meliori Methodo Scientiam”.²⁷² Lo verdaderamente alarmante para los estratos sociales detectadores del poder, fue que los científicos opinaran que los resultados obtenidos y la teoría construida con ellos, era una descripción real del mundo.²⁷³

Esta nueva visión de la ciencia, fue precedida de todo un proceso de crítica filosófica al aristotelismo que algunos fijan, desde el ángulo que nos interesa, en el siglo VI, con las doctrinas antiperipatéticas de Giovanni Filipono, en el cual se había orientado la obra de Benedetti (1460-1525) y su escuela, de la que Galileo tomará conceptos y expresiones que más tarde habrán de ceder su puesto a otros metódicamente más puros. Sin embargo, lo que distingue a Galileo de sus predecesores es la clara conciencia de esta oposición a la filosofía tradicional y la superación del punto de vista estrictamente matemático. Si Benedetti se preocupa únicamente de establecer la verdad matemática de sus fórmulas, Galilei, por el contrario, trata de verificarlas con una serie de ejemplos y experimentos que sirven no sólo como comprobación de aquella, sino también como aspectos parciales de una intuición científica de la realidad que paulatinamente se amplía. Mientras que, por otra parte, la matemática trasciende los límites de la ciencia particular para resolverse en la universalidad de un método racional en el que se desarrolla dicha intuición científica.

Los discípulos de Galileo intentaron ir más allá, no se conformaron con desmontar la ciencia antigua y construir otra de carácter opuesto, sino que se esforzaron en remover hasta los principios anteriores con su nueva visión del mundo. Lo

²⁷¹ BORELLI, op. cit., dedicatoria a “Christinae Reginae Augustae”.

²⁷² BORELLI, op. cit., “Prooemium”.

²⁷³ POPPER, op. cit., p. 117.

verdaderamente significativo para unos y otros, no fue el planteamiento filosófico, sino las consecuencias reales del neoplatonismo. De ahí que, la defensa de doctrinas filosóficas en aquellos momentos, no debe considerarse como una cuestión retórica y contradictoria con el método, sino todo lo contrario. En 1670, Marchetti, escribe al Príncipe Leopoldo una carta para aclarar las calumnias y difamaciones que difundían los aristotélicos contra los partidarios de los nuevos principios, en dicho documento, encontramos fielmente expresado el deseo de los innovadores: “non vi esser dubbio che per gli scolari riesca di maggior utilita l'essere spassionatamente addottrinati nell'una, e nell'altra Filosofia per poter poi dar guidizio di quae d'esser sia la migliori”.²⁷⁴ Esta libertad reclamada por Marchetti, fue disminuyendo progresivamente, como presentía Borelli hasta que en 1691 fue totalmente abolida por el decreto de Cosimo III: “che da niuno de Professori della sua Univer-sita di Pisa si legga e s'insegni pubblicamente ne privatamente in scritto o in voce la filosofia Democratica, ovvero degli atomi, ma solo l'Aristotelica...”.²⁷⁵

Nuestro autor fue consciente desde el principio, de las múltiples dificultades que conllevaba esta lucha. En 1659, amonestaba a Marchetti, porque sin “necessita V. S. habbia nominato Copernico, e la sua sentenza; pero l'esorto per l'av-enire ad andar piu cautelato”.²⁷⁶ En otra carta, anima a su discípulo a “la vera filosofia si vada spargendo ben si, ma con modi piacevoli e soavi”.²⁷⁷ La actitud de Borelli ante este problema, tiene dos matices fundamentales: en cuanto científico moderno, prescinde totalmente de cualquier vestigio aristotélico,²⁷⁸ sólo utiliza la autoridad del filósofo griego en tanto en cuanto es aprovechable para la introducción y

²⁷⁴ DERENZINI, T.: Alcune lettere di Borelli a A. Marchetti. *Physis*, 1, 224-243 1959.

²⁷⁵ FABRONI, A.: *Historia Academiae Pisanae*, p. 410.

²⁷⁶ DERENZINI, op. cit., p. 227.

²⁷⁷ *Ibidem*.

²⁷⁸ Esto no quiere decir que Borelli no mantuviera ningún postulado aristotélico. En algunos temas, como en la psicología, el esquema vigente es peripatético.

defensa de los nuevos principios. Cuando se refiere en privado a Alejandro Marsili (1601-1670), maestro de Marchetti en Pisa, lo trata de “peripatetico marcio e muffo”,²⁷⁹ calificativos que denotan el menosprecio que sentía por dicha escuela. Pero Borelli, es al mismo tiempo hombre de su época con un realismo extraordinario para percibirse de los numerosos problemas que encontraría la nueva doctrina en su introducción, en consecuencia, su actitud es mucho más política que la de Galileo.

Algunas personalidades de la época supieron darse cuenta de las múltiples implicaciones, graves en muchos sentidos, que estos supuestos llevaban en su seno. El Cardenal Palavicino, por ejemplo, presintió el peligro que significaba para la filosofía tradicional el nuevo método, ya que, según él, podría conducir a creer que aquellas cosas no reducibles a tal método carecían de realidad. En este sentido, le es más grata la obra de Borelli que la de Galileo, ya que aquel conjugaba “la diligencia de los experimentos astronómicos y el vigor de los discursos aristotélicos”.²⁸⁰ Precisamente, la misma crítica hizo el obispo Berkeley a la teoría de la gravitación de Newton.²⁸¹

El comentario del Cardenal Palavicino, indica una cierta aceptación de los trabajos de Borelli, pero ¿quiere esto decir que nuestro autor había alterado en algún sentido los conceptos galileanos?, en absoluto. Ya hemos comentado, que en algunas ocasiones Giovanni Alfonso da una gran importancia al dato empírico, incluso cuenta sólo con él para montar hipótesis de pequeño valor explicativo, pero lo que verdaderamente interesa a nuestro hombre es llegar a una teoría general ampliamente comprensiva. Ahora bien, los hechos no dejan de ser relevantes para la composición doctrinal, precisamente es un carácter *sui generis* de la ciencia moderna, pero no son sufi-

²⁷⁹ DERENZINI, op. cit.

²⁸⁰ CROCE, B.: *Storia della Etá Barroca in Italia*. Bari, 1946, p. 68.

²⁸¹ POPPER, op. cit., refiriéndose a Berkeley afirma que estaba convencido de que se produciría una declinación de la fe religiosa y de la autoridad en caso de ser correcta la interpretación de la nueva ciencia de los *librepensadores*; pues éstos veían en su éxito una prueba del poder *del intelecto humano, sin ayuda de la revelación divina, para descubrir los secretos del mundo*, la realidad oculta detrás de sus apariencias. p. 118.

ciente, sólo constituyen por sí mismos una base adecuada para ésta. Lo que requiere además es un modelo apropiado, la descripción del cual, unida a la descripción de los hechos a que la teoría trata de aplicarse, da la base de su validez científica. De ahí, que la elaboración de modelos homólogos a unos hechos, que a su vez permitan la generalización lógica por inferencia de la teoría que fundamentan, al mismo tiempo, sea algo característico del método galileano desde la segunda etapa de su obra, definitivamente moderna.²⁸² Esto, unido a la necesidad imperiosa que sentía Borelli por aplicar el método del maestro a todos los fenómenos naturales, hace afirmar a Koyré,²⁸³ que la importancia de Borelli en la historia del pensamiento científico es el haber construido una mecánica celeste (teoría), y biológica, añadimos nosotros, Esto supone, claramente, el paso inmediato en el proceso iniciado por Galileo.

La teoría pues, no sólo explica, sino que prevé los fenómenos, y el resultado de aplicar a los mismos datos lógico obtenidos por el desarrollo de los modelos teóricos, no supone en absoluto una vuelta al esencialismo. Borelli tuvo la necesidad de introducir una fuerza centrífuga en sus explicaciones astronómicas, lo que eso significa metodológicamente era la posibilidad de fragmentación de los elementos que intervienen en el fenómeno.²⁸⁴ Por otra parte, generalizar el modelo obtenido en la órbita de Júpiter, en cuanto significaba un modo más exacto de analizar un problema, al estudio del movimiento quinético, no podía repugnar a un científico que propugnaba un principio de uniformidad de la naturaleza, en el sentido ya comentado.²⁸⁵ El desarrollo de este camino iniciado por nuestro autor, llevará al método infinitesimal de Leibniz y Bernoulli.²⁸⁶

²⁸² Generalmente, los historiadores de la ciencia dividen la obra de Galileo en dos períodos: en el primero, los conceptos están impregnados todavía de matices tradicionales; en el segundo, ya no se encuentran aquellos elementos.

²⁸³ KOYRE, op. cit., p. 108.

²⁸⁴ *Idem*, p. 134.

²⁸⁵ BORELLI, op. cit., pars II, cap. II, propos. I y II.

²⁸⁶ BERNOULLI, J.: De motu musculorum, et effervescentia, et fermentatione. En: *De motu animalium*, pp. 453-494. Neapoli, 1734. En el "Prae-

La beligerancia que da Borelli a la teoría es total. Ciertamente que él está convencido de que son los hechos los que deciden, pero los hechos reales no los aparentes, y el “repugna sensatis experimentis”,²⁸⁷ es una frase extraordinariamente significativa en este sentido. Pero interesa mucho aclarar el significado de “sensatis”. A nuestro entender, y así se deduce del contexto, no quiere decir más que el hecho observado y el experimental no pueden estar en contradicción con la teoría general, de ahí que, ante el movimiento de las lombrices opine que no puede deberse a un fenómeno de arrugamiento, ya que un hecho similar estaría en contradicción con la doctrina mecánica. En el supuesto de que después de una experimentación adecuada continuaran los hechos contradiciendo la teoría, ¿habría que modificarla? Este precisamente, es el núcleo del problema. Quizás Borelli, tuvo ya conciencia del problema al intentar estudiar mecánicamente el movimiento de los seres vivos, y comprobar que solamente con la física, no era factible montar una teoría biológica. Posiblemente, esto responda su intento de incorporar datos de la química a las explicaciones iatromecánicas.

loquium”, Bernoulli comenta la importancia del método infinitesimal para el estudio del movimiento muscular.

²⁸⁷ BORELLI, op. cit., pars II, cap. I, prop. II.

EL MODELO FÍSICO MATEMÁTICO

El mero enunciado de este capítulo, conlleva la postulación de dos hipótesis. Es la primera que Borelli utilizó modelos en su investigación fisiológica; y la segunda, que los fundamentos (las directrices teóricas) de sus modelos, están arraigados en una concepción física del movimiento biológico. Las dos afirmaciones creemos que han sido parcialmente fundamentadas en capítulos anteriores, analizaremos ahora, los distintos tipos de modelos utilizados por nuestro autor. Con esta finalidad, habremos de dar respuesta a tres preguntas que nos sirven de clave para descifrar el problema en todas sus implicaciones. En primer lugar, debemos concretar que entendemos por modelo y cual ha sido su significación histórica en la investigación científica. Después, estudiaremos las características concretas de los modelos utilizados por Borelli, para aclarar, finalmente, la significación que adquiere la utilización de modelos en su obra científica.

I. SIGNIFICACIÓN HISTÓRICA DEL MODELO EN LA EXPERIMENTACIÓN CIENTÍFICA.

Recientemente,²⁸⁸ se ha definido al modelo como “un conjunto de signos isomorfos a una teoría, lo que quiere decir que cualquiera sea la realidad existente entre dos elementos del sistema o teoría, debe existir una relación correspondiente entre los dos elementos respectivos del modelo”.²⁸⁹ Por poco que profundicemos en esta definición, son evidentes dos cosas:

²⁸⁸ ASTI VERA, A.: *Metodología de la investigación*. Buenos Aires, 1968.

²⁸⁹ *Idem*, p. 153.

la íntima relación entre modelo y teoría y el significado del modelo como culminación de la consistencia de una doctrina científica. La confusión entre modelo y teoría, proviene de considerar a esta última como un modelo de la realidad, pero no olvidemos que en la “nuova sciencia”, la realidad no sólo es lógica, sino que puede ser contrastable, aunque los grandes modelos se comprueban casi siempre indirectamente. Este sería el punto de vista de Wittgentein en su *Tractatus Logico-philosophicus* y también de Rusell Whitehead en *Principia Mathematica*.²⁹⁰ En otro sentido, la mayor prueba de consistencia de una doctrina, vendría dada por la existencia de sus modelos: la geometría plana de Reimann —por ejemplo— estableció su solidez al encontrar un modelo, la geometría euclidiana, que comprendiera biunivocamente sus postulados.

Esta sería en definitiva, el punto a que nos conduciría un estudio epistemológico del concepto de modelo. Pero en el terreno histórico que nos ocupa, el problema de la confección de modelos aparece muchas veces, en la ciencia, cuando las limitaciones técnicas o morales, impiden la experimentación con los objetos adecuados. El científico tiende a trabajar en todo momento en circunstancias reales, pero cuando esto no es posible, no tiene más opción que crear un modelo que imite las características del sistema real. En estos casos, se practican en el modelo, los caminos necesarios para estimar las relaciones correspondientes con la ayuda de alguna teoría. Bunge,²⁹¹ distingue claramente los conceptos de *modelo* y *modelado*: aquél sería la representación homóloga del medio real en que un experimentador hace sus pruebas; en cambio, modelado no sería más que un desideratum, “una proyección de modelos conceptuales, y simulación al sometimiento de modelos a cambios imaginarios”.²⁹² Si el experimento es el método adecuado para el estudio de modelos reales, el experimento mental —es decir, el par modelo-simulación— será el cambio adecuado para analizar el fenómeno que se ha modelado. Consiguientemente, el experimento mental puede sustituir a

²⁹⁰ *Ibidem*.

²⁹¹ BUNGE, op. cit., p. 835.

²⁹² *Ibidem*.

la realidad, cuando no se desea contrastar la teoría, sino aplicarla.²⁹³

Nuevamente el problema de la doctrina es el eje de la cuestión, y es que, en definitiva, el que realiza experimentos no se sitúa en un vacío teórico, ya que, por el mero hecho de experimentar, se intenta resolver problemas originados por un cuerpo de doctrina. El que aplica el método experimental tiene alguna idea que contrastar y algunas otras para proyectar la contrastación.²⁹⁴

Así pues, parece evidente, que no puede haber modelos ni una doctrina sobre ellos, hasta que no exista una interacción entre teorías y experimento. En efecto, este fue el principal escollo de toda la ciencia antigua, superar las doctrinas científicas de los siglos V y IV a. de C.²⁹⁵ En la Edad Media lo máximo que se podía conseguir era la mera observación y experimentación causal orientadas a conseguir datos, no experiencias relevantes, para alguna doctrina preestablecida dogmáticamente, y es en este terreno donde se movieron Alberto el Magno, Petrus Peregrinus y Roger Bacon. Será con el nacimiento de la ciencia moderna, cuando la interacción entre teoría y experimento posibilitó a la ciencia una marcha firme y fértil en la historia.

Es en esta coyuntura y con este deseo, cuando Giovanni Alfonso Borelli realiza sus trabajos de investigación en el campo biológico.

II. EL MODELO EN LA OBRA DE BORELLI.

Si sometemos la obra de Borelli a una disección de sus elementos, e intentamos discernir cuáles fueron sus intenciones al darle la estructura concreta que se observa en el análisis del *De motu animalium*, no cabe duda, que en el ánimo de nuestro autor, y partiendo de unos supuestos teóricos ya estudiados, existe un deseo modelador indiscutible. No podía

²⁹³ *Ibidem.*

²⁹⁴ *Idem*, p. 855.

²⁹⁵ *Idem*, p. 854.

ser de otra forma si, en el método experimental de Galileo y su escuela, "c'est la théorie qui constitue la science".²⁹⁶ Pero en la obra de Borelli hay dos tipos de modelos perfectamente diferenciables: lo que hemos llamado modelos propiamente dichos, y lo que Bunge ha definido como modelados. A su estudio dedicaremos el presente apartado.

Para un hombre como Borelli, es evidente que el programa de su maestro de "medir lo medible e intentar hacer medible lo que aún no lo sea",²⁹⁷ será la meta fundamental de su obra científica. Pero medir, al mismo tiempo, significa limitar, y limitar no es más que extraer de los hechos observados aquellos elementos que con nuestro método puedan ser cuantificados. En definitiva, cuantificar los factores que intervienen en el fenómeno biológico, en el siglo xvii y con mentalidad moderna, sólo podía llevarse a cabo aplicando los conocimientos físicos y matemáticos del momento. ¿Cómo realizar esta tarea? Sigamos paso a paso el estudio que dedica Borelli en su libro a la circulación de la sangre, e intentemos descubrir el proceso mental del autor al construir ese capítulo. Pero advertimos, que el haber seleccionado tal capítulo no obedece a ninguna actitud caprichosa por nuestra parte, sino que hemos visto en él los elementos que nos interesan destacar en este apartado. Lógicamente, en el *motu sanguinis*, primero de los movimientos biológicos estudiado mecánicamente y que presenta unos problemas vitales distintos al *motu musculorum* en complejidad y consecuencias, debe encontrarse más desarrollada la aplicación del método y los supuestos teóricos.

Lo primero que hará Borelli antes de estudiar el movimiento circulatorio, será observarlo en su conjunto y desglosarlo en los elementos que intervienen en el proceso, es decir: sangre, vasos y corazón. Si aplicamos aquí todo lo dicho en el capítulo del método, veremos que sigue el mismo camino que en el estudio del movimiento muscular, con la diferencia, que lo fundamental en el movimiento de la sangre fue descrito magistralmente por Harvey, y aquí, por lo tanto, no ha lugar a

²⁹⁶ KOYRE, op. cit., p. 105.

²⁹⁷ Citado por BUNGE, op. cit., p. 770.

plantearse la veracidad de ciertos hechos fundamentales para la medicina galénica como ocurre en la explicación del fenómeno de contracción muscular. Borelli, da una vez más testimonio de modernidad olvidando las críticas a la doctrina de la circulación de la sangre. En principio sólo se trata de cuantificar el *motus sanguinis*, y para ello, hay que distinguir en primer lugar todos los movimientos posibles en la sangre de los animales vivientes. Según Borelli, los movimientos en cuestión serían tres:

1.º El que depende de su composición, o movimiento de fermentación (“qui propriie fermentativus motus vocatur”). 2.º Movimiento local, que lubrica y potencia la fuerza de la máquina (“... motus localis oscillationis particularum ejus, quae vi machinae rarefiunt, et condensatur...”). 3.º El movimiento circulatorio que “ac flumina ex fontibus et aquarum rivulis, et torrentibus in decursus receptis...”.²⁹⁸ De estos tres movimientos. ¿Cuál reunirá las características precisas para aplicarle la mensuración? Es evidente que únicamente el tercero, por más que esta afirmación no suponga, para nuestro autor, la eliminación de los otros dos. Precisamente, este criterio selectivo, asimilado de forma indiscriminada por su escuela, será determinante en la evolución de la escuela iatromecánica en Italia; y no es casual, que este fenómeno sea paralelo a la influencia del cartesianismo en la península, posterior a la escuela galileana y a la obra de Borelli.

A. *El modelo físico-mecánico en la circulación vascular sanguínea.*

Seleccionado ya el movimiento a estudiar, comienza Borelli a observarlo e inmediatamente después a describirlo.²⁹⁹ En último caso, los datos extraídos de la realidad le conducirán a la interpretación del fenómeno, tomando como coordenadas la teoría preestablecida.

²⁹⁸ BORELLI, op. cit., pars II, cap. IV, prop. XXX.

²⁹⁹ *Idem*, prop. XXX y XXXI.

En la proposición XXXII del segundo libro, lleva a cabo la descripción, pero el rótulo de la misma ya presupone una interpretación desde la que estudiará el fenómeno y a la que, al mismo tiempo, fundamentarán los datos de la observación: “Ratio mechanica continuati cursus sanguinis per venas esporitur”.³⁰⁰

Es un hecho indiscutible, afirma Borelli, demostrado por Harvey (“... exactissime ab Harvejo, numper mortalibus tanta evidentia demonstratum...”) ³⁰¹ que la sangre vuelve al corazón por las venas, pero el impulso del corazón, que podría explicar en principio la causa de la circulación sanguínea, se pierde a medida que el líquido se aleja de su centro motor, y en los capilares venosos (“capilares venas”) es casi nula.³⁰² Descartada la “vi attractionis” postulada por Galeno y en cierta manera por el propio Harvey,³⁰³ y limitándose a los datos anatómicos y a los conocimientos proporcionados por el estudio físico del fenómeno, la única causa que puede obligar a tomar la sangre (“cogimur asserere”) de los capilares arteriales, no puede ser otra que la misma que origina el fenómeno mecánico del sifón.³⁰⁴ Las fibras circulares de las venas con su movimiento peristáltico, y el peso del aire inspirado que actúa de fuerza compresiva, serían los factores fundamentales que intervendrían en el fenómeno.³⁰⁵

¿Cómo estudiar objetivamente la forma en que todos aquellos factores intervienen en el movimiento circulatorio, trabajando en circunstancias lo más reales posibles? En estos casos, sólo hay un método: la modelación. A ella recurrirá Borelli en su intento de estudiar el movimiento de la sangre.

³⁰⁰ *Idem*, prop. XXXII.

³⁰¹ *Idem*, prop. XXX.

³⁰² *Idem*, prop. XXXII.

³⁰³ *Ibidem*. Este hecho nos ratifica en nuestra hipótesis de considerar a Harvey como un hombre de transición, más que como a un fisiólogo puramente moderno. Opinamos que Harvey es en la fisiología lo que Vesalio en la anatomía. TEMKIM, O.: Vesalius on an immanent biological motor force. *Bull. Hist. Med.*, 39, 277-280 (1965), señala el papel de transición en muchas cuestiones.

³⁰⁴ BORELLI, op. cit., pars II, cap. IV, prop. XXXII.

³⁰⁵ *Ibidem*.



FIG. 3

Supongamos un canal venoso HIKL (fig. 3) con dos válvulas membranosas adosadas a la pared y formando las cavidades AOMNP y BONQR, acabando en punta con las convexidades MN y QN, mirando hacia donde acaba el capilar, es decir a HL, por donde afluye la sangre. La cavidad PO y RO, miran pues, a la parte que se abre hacia el corazón.³⁰⁶ Imaginémonos la porción HMQL repleta de sangre, y que la contracción de sus fibras y de los músculos y vísceras que rodean y comprimen las paredes S y T hacia V, dividen al cilindro en dos infundíbulos: HVL y MVQ, de menos capacidad que el cilindro. La sangre que contenía el espacio VHS y VLT es expelida por el orificio HL, y la del espacio VSM y VQT es arrojada

³⁰⁶ *Idem*, prop. XXXIII.

con violencia fuera del orificio MQ hacia IK. es decir, pasa por ON para ir más allá de AB. Esta sangre, por su propio peso, rellena los sáculos valvulares (“saculos valvularum”),³⁰⁷ con lo que se dilatan las masas blandas que forman los sáculos hasta tocarse, cerrando así la ranura NO.

Como la vena no se contrae al mismo tiempo en toda su extensión, sino que primero lo hace una parte y después otra, la sangre contenida en ABCD será trasladada por la contracción de AD y BC. Puesto que en ese momento no se estrecha ST, la ranura NO permanecerá cerrada y la sangre que contiene EAG y FBG no puede retroceder, puesto que se lo impide la válvula AOB. Por lo tanto, ejercerá una presión hacia CD, con lo cual la sangre que estaba ocupando el espacio EDG y CEG será expelida por DC a doble velocidad.³⁰⁸

En principio, ante este modelo, ya puede explicar Borelli el porqué la sangre en las venas lleva un recorrido en sentido opuesto al de la gravedad.³⁰⁹ Pero falta un dato por aclarar, y es la extraordinaria velocidad de la sangre no explicada por el supuesto anterior. Estudiado el continente, será necesario buscar en el contenido los factores que actúan en la circulación de la sangre para conseguir la velocidad necesaria. El proceso metodológico del autor es el siguiente: todo está en aclarar los factores que intervienen en la circulación de los líquidos por un conducto, ya que no cabe ninguna duda que el comportamiento de la sangre en los vasos es equivalente. El fundamento de Borelli para estos estudios, es el libro de su maestro B. Castelli, *De aqua fluxus* y el suyo *De vi percussionis*.³¹⁰ Analicemos ahora, cada uno de los pasos seguidos por Borelli para aclarar el problema.

- a. Según Castelli, la velocidad de un líquido está en proporción directa con la masa de líquido que fluye por el canal.³¹¹

³⁰⁷ *Ibidem.*

³⁰⁸ *Ibidem.*

³⁰⁹ *Ibidem.*

³¹⁰ *Idem*, prop. XXXV.

³¹¹ *Ibidem.*

- b. El impulso de un émbolo sobre una masa líquida, depende de la masa (m) y de la velocidad que se transmite a la masa (v): (*De vi percussionis*, prop. XXVIII).³¹²
- c. Si en el interior de una fístula no elástica inyectamos más agua, sale por su orificio igual cantidad de agua que la introducida: (*De motu animalium*, prop. LXII).³¹³
- d. Si una fístula es elástica y está llena de agua, pero no turgente. Cuando le añadimos más líquido, se dilata y aumenta su capacidad y el agua que sale por su orificio no es la misma cantidad que hemos inyectado: (*De motu animalium*, prop. LXIII).³¹⁴
- e. Un émbolo AC, lleno de agua, inyecta líquido a una fístula GF con una zona de expansión KH. Así pues, cuando está lleno el espacio KH por el agua AC, si continuamos administrando agua a la fístula, a partir de VC no se la puede dilatar más y se transforma en un conducto inelástico. Por *c* se deduce, que el agua AX (que ocupa la fístula) será impulsada por la que va penetrando y expulsada por FM en la misma cantidad que ingresa el nuevo líquido (fig. 4).³¹⁵

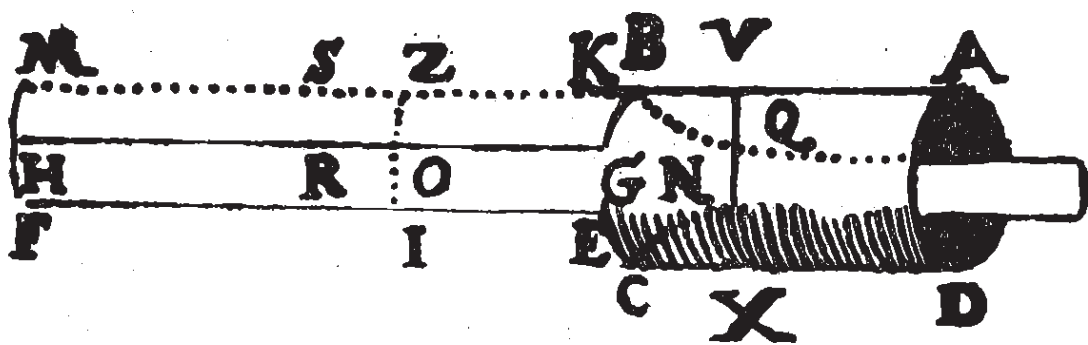


FIG. 4

³¹² *Ibidem*.³¹³ *Idem*, cap. V, prop. LXII.³¹⁴ *Idem*, prop. LXIII.³¹⁵ *Idem*, prop. LXIV.

- f. En un pedazo de intestino perforado, sólo salen algunas gotas de agua por el orificio hasta que se encuentra todo el tubo lleno e hinchado. En ese momento, se produce la salida del líquido formando un pequeño chorro ("fonticuli"), con el fin de evitar la excesiva distensión que se produce en el caso *e*: (*De motu animalum*, prop. LXV).³¹⁶

Las observaciones hechas por nuestro autor, le demuestran que las arterias se comportan como una fístula elástica y están siempre llenas, en el vivo, pero sin llegar a los extremos del ejemplo *e*.³¹⁷ El problema consiste, en determinar en qué cuantía están repletas. Punzando las arterias de cualquier parte del cuerpo, se reproduce el fenómeno de *fonticuli*, lo que indica por *f* que las arterias están siempre llenas de sangre pero nunca llegan a funcionar como una fístula inelástica. Con ello, puede concluirse, que la velocidad de la sangre, además del impulso propio de los vasos, se debe a la gran cantidad de masa que siempre hay en las arterias (según se deduce de *a*), y para evitar los casos del apartado *e*, esta sangre, debe fluir como se demuestra por *f*. Por otra parte, según *b*, cada contracción cardíaca administra al sistema vascular una masa con una velocidad determinada, lo que a su vez actúa como fuerza de empuje.

Hemos visto pues, de qué forma resuelve Borelli los problemas del modelo y modelado. En cuanto al estudio de la velocidad en la sangre circulante, su modelo es fáctico y real, incluso al aplicar los datos obtenidos por la experimentación física al caso concreto de la sangre, puede decirse que lleva a cabo un modelo que sólo se diferencia del real en que las variables no pueden ser manejadas por la propia voluntad del experimentador, que se limita a extraer los datos posibles a un modelo que la teoría supone homogéneo.

Mucho más evidente como ejemplo de modelado, es la explicación de las válvulas venosas. En este caso, la reproducción de un modelo anatómico da por supuesto que reúne las

³¹⁶ *Idem*, prop. LXV.

³¹⁷ *Idem*, prop. LXVIII.

mismas cualidades mecánicas que “in vivo”, con lo que se da atribución de modelado a lo que en realidad es un modelo. Las implicaciones que conllevan todos estos hechos, las analizaremos más detenidamente, después de haber completado el sistema circulatorio con el estudio de la fisiología cardíaca.

B. *El modelo físico-mecánico en la fisiología del corazón.*

Hasta ahora hemos estudiado dos de los elementos que según Borelli intervienen en la circulación de la sangre. El tercero presenta una problemática mayor dada la complejidad de su fisiologismo: se trata, claro está, del corazón. Demostrado que además de la masa y la velocidad, otra variable del fenómeno circulatorio es el “ictus” cardíaco, falta conocer la potencia de éste para poder explicar científicamente (mecánicamente equivale a científico en nuestro autor) el por qué el “motu sanguinis” reúne las características observables. Es decir, relacionar los datos para su interpretación. Como siempre, los pasos seguidos por Borelli para el estudio del fenómeno son: la observación y la descripción, y la aplicación de un modelo físico a un modelo biológico. En este caso y con el fin de respetar el proceso metodológico seguido por nuestro autor, dividiremos el presente subcapítulo en dos apartados: estudio de la fisiología cardíaca, y cuantificación del “ictus”.

1. Estudio de la fisiología cardíaca.

Como dicta la doctrina del nuevo método y al igual que en el caso anterior, lo primero al estudiar un fenómeno, sea el que fuere, ha de ser la observación detenida y la descripción del mismo. A esta finalidad, dedica Borelli dos proposiciones, la XXXVII, titulada “cordis structuram exponere”;³¹⁸ y la XXXVIII, sobre la “actionem musculi cordis enarrare”.³¹⁹

El corazón, “oculi inspectione constat”,³²⁰ no es parénquima, sino músculo con unas características propias: más duro, coloreado, no es laxo ni blando, no tiene columnas prismáticas

³¹⁸ *Idem*, prop. XXXVII.

³¹⁹ *Idem*, prop. XXXVIII.

³²⁰ *Idem*, prop. XXXVII.

separadas por membranas y fibras tendinosas. Sus fibras no son rectas o paralelas, sino curvas y espirales.³²¹ La rectificación hecha por Harvey a Vesalio sobre la estructura del corazón, es plenamente ratificada por Borelli con una base totalmente objetiva. En 1657, describe en presencia de Malpighi la contextura del corazón, y posteriormente, Louverio y Bellini, comprobaron este mismo hecho. Por otra parte, se describen también las ramificaciones del vago en el músculo cardíaco y aorta, y la existencia de las válvulas en las arterias coronarias, fueron estudiadas e interpretadas por Bartolino.³²² Hasta aquí, los datos de la estequiología.

Lo más notorio en el movimiento cardíaco, como en otros músculos al contraerse, es que toda la masa se infla, se endurece, se extiende, se endurece con el máximo ímpetu como corresponde a su estructura.³²³ En resumen, en las pulsaciones, el músculo cardíaco aumenta y se hincha, lo que comprobaron Bellini y Louverio metiendo el dedo en un corazón vivo y experimentando que en las contracciones el dedo era comprimido por la masa muscular.³²⁴

Así pues, se conoce la estructura y el funcionamiento. Falta explicar las razones de dicho funcionamiento a la luz de los hechos morfológicos. Recurriendo de nuevo a la mecánica, Borelli desarrolla el siguiente modelo físico.

- a'. En una serie continua aritmética A, B, C, D y E; la más pequeña de las cuales es A: el término menor más próximo a A, tiene mayor proporción que E con respecto a D (fig. 5).³²⁵
- b'. Si en el círculo AB (fig. 6) señaláramos dos zonas concéntricas ABC y DCF, cuya amplitud AD y DE

³²¹ *Ibidem.*

³²² *Ibidem.*

³²³ Hemos respetado al máximo la terminología utilizada por Borelli en este capítulo por su valor expresivo: "... tota ejus carnosae substantiae inflatur, dirigitur, tenditur, et induratur maximo impetu..." *Idem*, cap. V, prop. XXXVIII.

³²⁴ BORELLI, op. cit., pars II, cap. V, prop. XXXVIII.

³²⁵ *Idem*, prop. XXXIX.

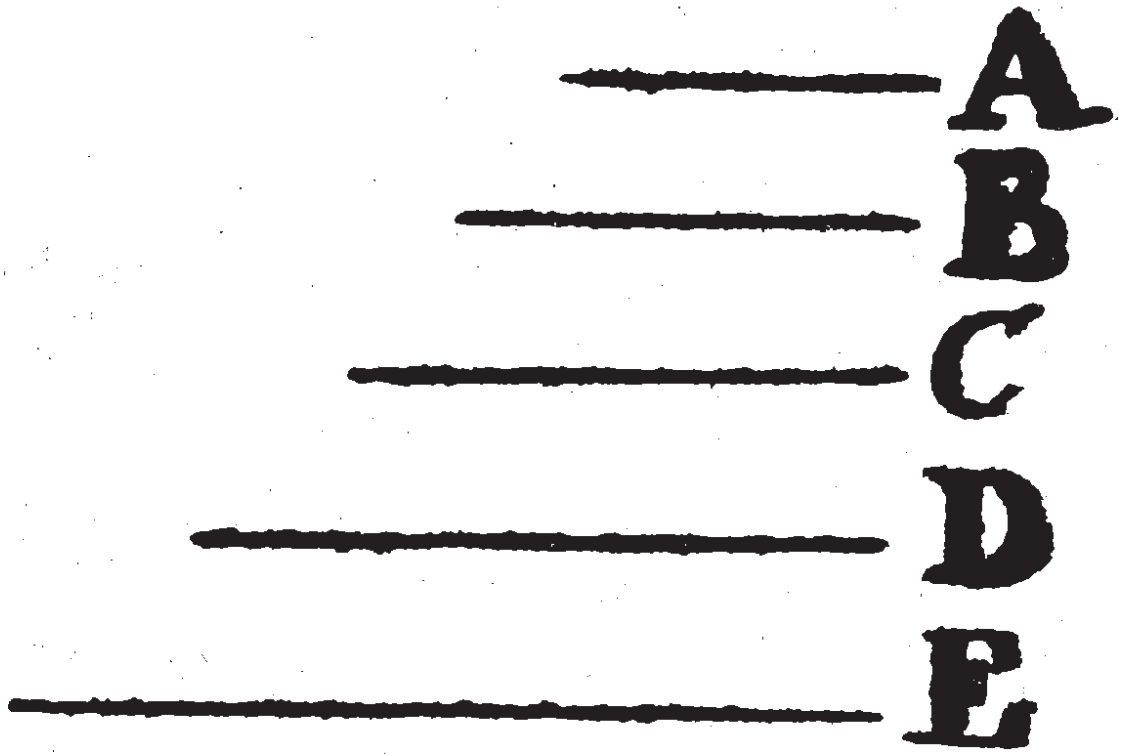


FIG. 5

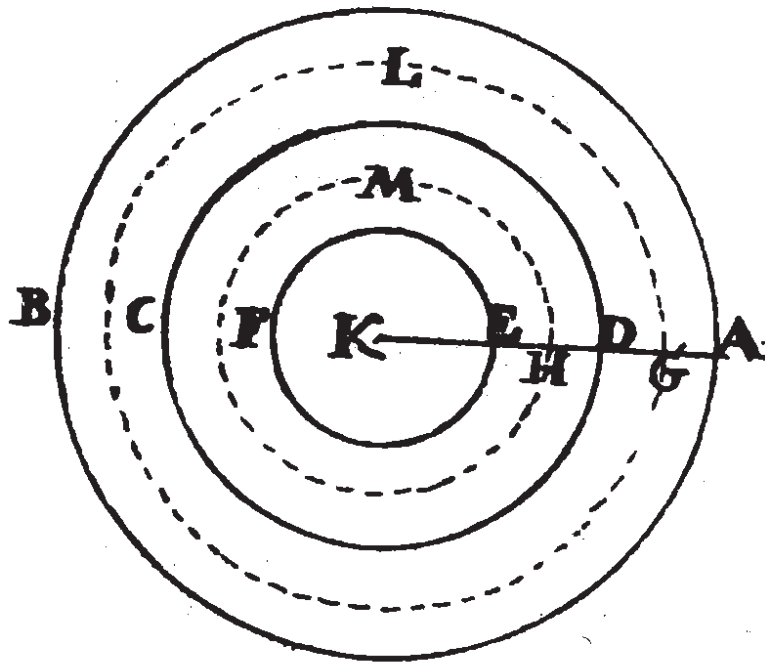


FIG. 6

sean iguales, y en ellas describimos dos series cuyo centro sea K, aritméticamente proporcionales, cuya media aritmética sea GL y HM (que dividen al espacio AD y DE en dos partes iguales). Se deduce lo siguiente: la periferia de toda la serie ABC en comparación a toda la serie DCF, tiene la misma proporción que la periferia GL en comparación con la HM (prop. II, Lib. III, *Elem. Eucl.*).³²⁶

- c'. Dos espirales continuas AMD y DOE, tienen la misma proporción que los círculos periféricos GL y HM. Es decir, se comportan como si fueran las medias aritméticas a los círculos externos a dichas espirales (*Spiral. defin. y Archim.*) (fig. 7).³²⁷
- d'. Si hubiera varias espirales en el mismo plano, unas a continuación de otras, KNE, EOD y DMA, siendo la menor KNE. Aplicando *a'* y *c'*: cuando más próximo se está de la menor, decrece en mayor proporción que cuando se está más alejado. Luego DOE con respecto a ENK, tiene mayor proporción que AMD con respecto a DOE (fig. 7).³²⁸
- e'. Si un ovillo compuesto por hilos AB, CD y EF, igualmente gruesos, consistentes y concéntricos (fig. 8); o una espiral alrededor de una vejiga hinchada, a fin de que haya una cavidad intermedia HK. Si humedecemos los hilos LM y NO, estando HK rellena, las espirales del ovillo NO y PQ aplicando *a'* y *c'*, necesariamente se arrugarán, permaneciendo tensa LM (fig. 9).³²⁹

Todos los teoremas propuestos hasta ahora, sirven para concluir dos postulados: que las espirales internas al ovillo deben arrugarse desigualmente, siendo mayores los pliegues cuando

³²⁶ *Idem*, prop. XL.

³²⁷ *Idem*, prop. XLI.

³²⁸ *Idem*, prop. XLII.

³²⁹ *Idem*, prop. XLIII.

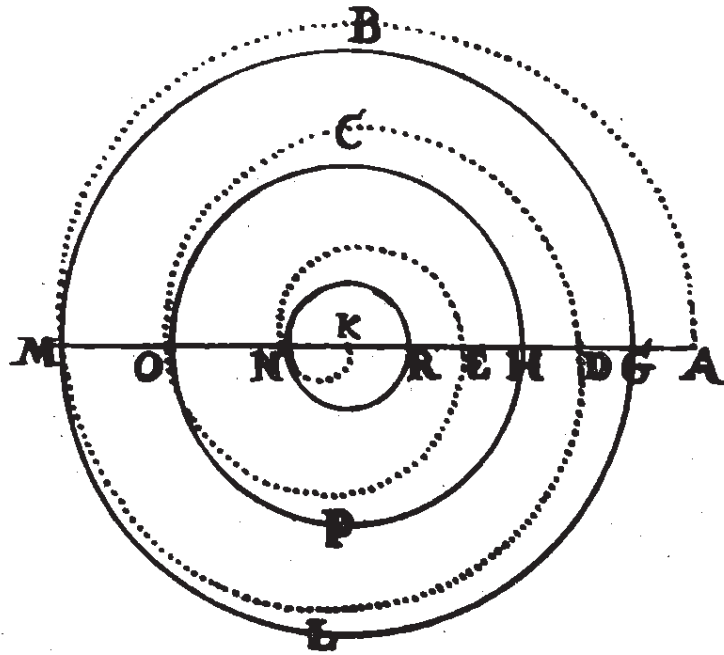


FIG. 7

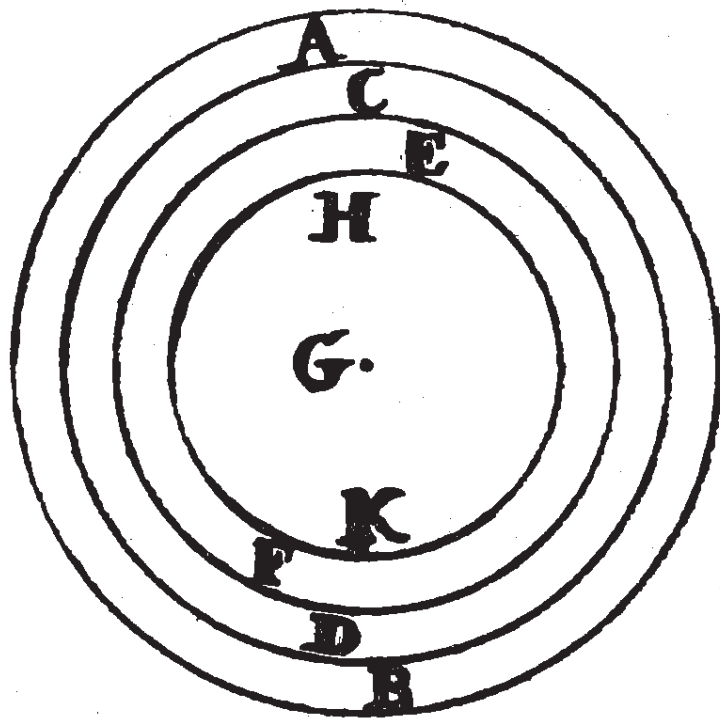


FIG. 8

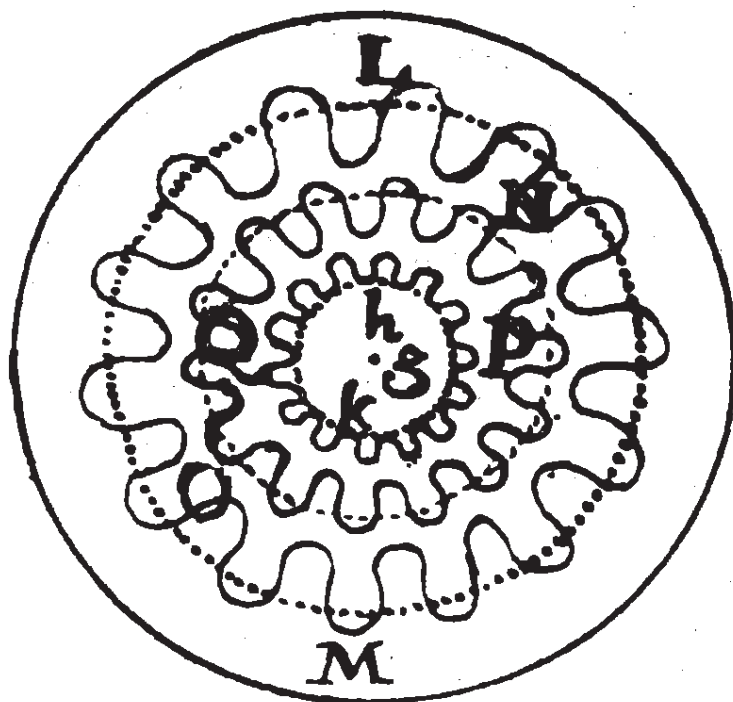


FIG. 9

más próximas estén del centro del ovillo;³³⁰ y que la parte externa del ovillo, cuando se humedece, no altera su longitud.³³¹

Pero en definitiva, estos modelos destinados a explicar el funcionamiento de la fibra cardíaca, están muy lejos aún de la estructura anatómica del órgano. Habrá pues que introducir ciertas modificaciones que ciñan el modelo a los hechos reales, y el corazón no es un ovillo uniforme, sino que está perforado por cuatro orificios. Si estuviera el ovillo ABR (fig. 10) agujereado en forma de anillo, y el semidiámetro del ovillo AETR fijo (fig. 11). Si por hinchamiento de los hilos se rellenan sus cavidades, las hileras internas M, O, Q, deben arrugarse desigualmente, siendo mayor los pliegues cuando más próximas estén del centro, y la figura externa permanecerá inalterada.³³²

³³⁰ *Idem*, prop. XLV.

³³¹ *Idem*, prop. XLVI.

³³² *Idem*, prop. XLVII.

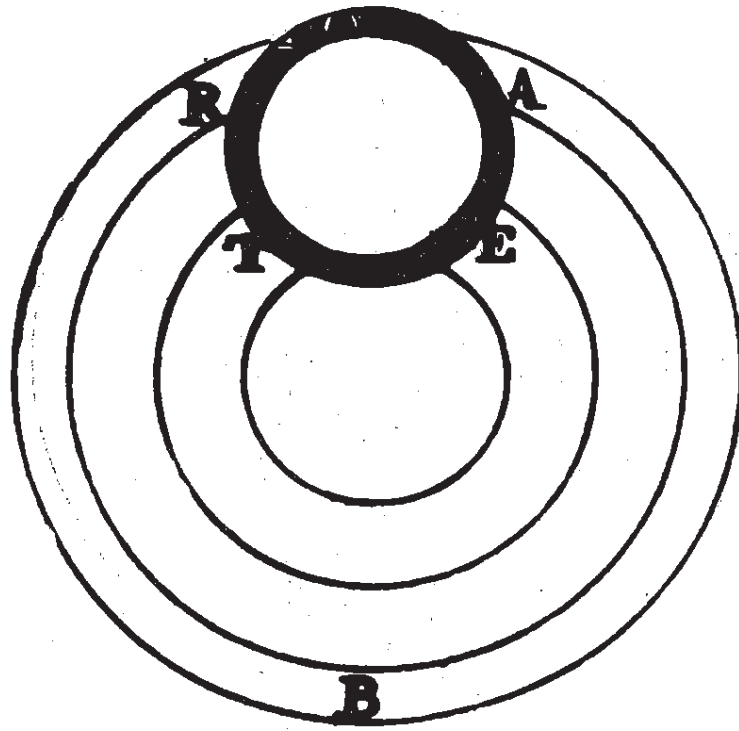


FIG. 10

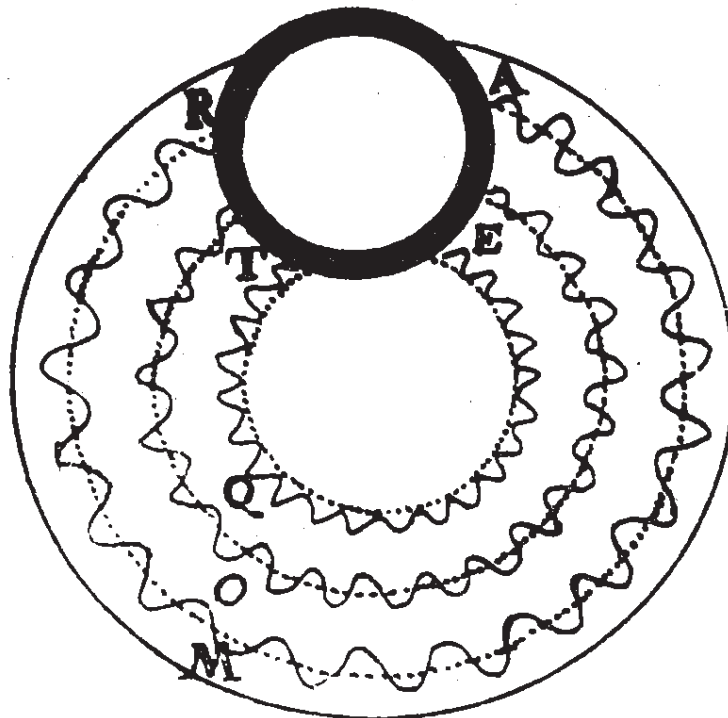


FIG. 11

Ya se ha conseguido pues un modelo físico, lo más cercano posible, en su estructura, al corazón. Se trata ahora de explicar el fenómeno de contracción cardíaca transformando el modelo en un modelado. El hecho es, que cuando se infiltra líquido en las porosidades de las fibras, el músculo del corazón se hincha necesariamente, y la cavidad cardíaca debe llenarse de sustancia carnosa, y como se deduce de las figuras 15 y 17, la forma externa no varía.³³³ Teniendo en cuenta que para Borelli no hay diferencias esenciales entre la forma de actuar las fibras musculares y las cuerdas del modelo físico (“... atque omnes praedictae fibrae inflatur ob internam rarefactionem, non secus, ac fila funis...”),³³⁴ será por la aplicación de los datos obtenidos del modelo al fenómeno de la contracción cardíaca (proceso de modelación o desarrollo del modelo), como intentará resolver la comprensión del movimiento sistólico y diastólico.

Como hemos dicho anteriormente, la acción del músculo es para Borelli únicamente la contracción, generalización extensible a todo el sistema muscular. Por otra parte, el corazón no está anudado, en el lugar donde se doblan sus fibras, a ninguna estructura que actúe como punto de apoyo.³³⁵ Sin embargo, es evidente la potencia de su fuerza contractiva.

Si consideramos al corazón como un ovillo compuesto por fibras espirales, en las contracciones, la fuerza que ejerce no puede ser de los extremos al centro, porque podrían relajarse las espirales por arrugamiento longitudinal de las mismas.³³⁶ Luego si una cuerda laxa no puede elevar un peso, del mismo modo, a la fibra laxa no le sería posible llevar a cabo el golpe cardíaco (“... oppositi cordis violenter trahi...”).³³⁷ Si suponemos que las espiras fibrosas del corazón no lo rodean tortuosamente hasta los senos, sino que se extienden directamente hacia el interior de los ventrículos y que forman fascículos cilíndricos de fibras unidas entre sí, y que la contracción de

³³³ *Idem*, prop. XLVIII.

³³⁴ *Ibidem*.

³³⁵ *Idem*, prop. XLIV.

³³⁶ *Ibidem*.

³³⁷ *Ibidem*.

una fibra puede contraer a todo el cilindro aproximando las paredes del corazón. Sería aceptar un postulado que repugna a la teoría,³³⁸ ya que habría que admitir que todas las fibras se estrangulan entre sí y se arrugarían, lo que imposibilitaría la contracción tensa.³³⁹ Por otra parte, en el ventrículo derecho no se ven tales cilindros.³⁴⁰ De ello se concluye, que los ventrículos del corazón no pueden estrangularse por la fuerza de contracción de sus fibras. En definitiva, la cavidad del corazón se comprime no porque se acorten los ventrículos, sino porque las paredes laterales se aproximan.³⁴¹

La base AB, no tiene fibras al estar atravesada por los grandes vasos, y el vértice C es demasiado fino para que sólo su aumento explique el relleno de la cavidad FC. Por otra parte, en la pulsación, se ve que la figura externa del corazón no disminuye. Esta estructura macroscópica, tiene su paralelo en la constitución estequiológica (fig. 12-13).³⁴²

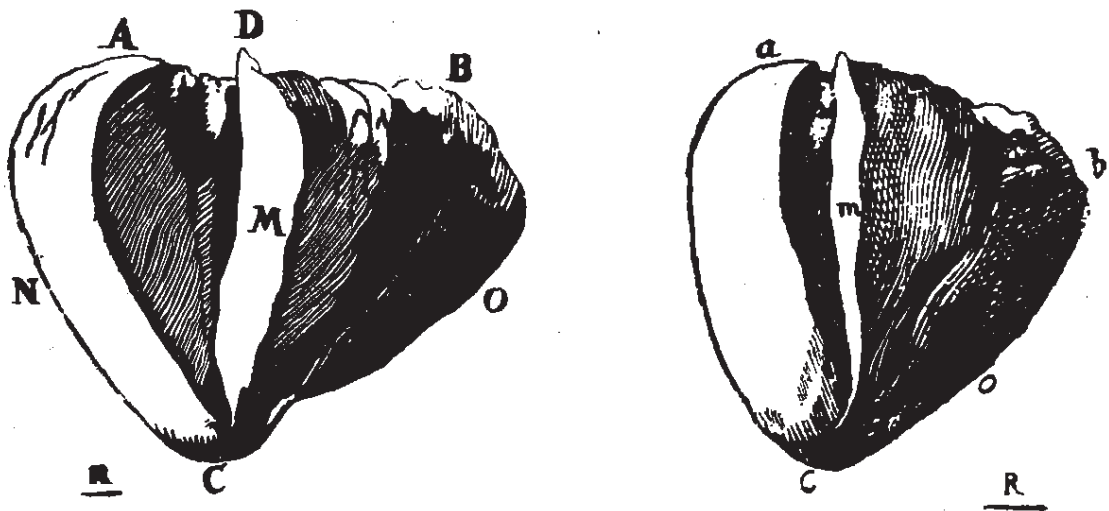


FIG. 12

³³⁸ *Ibidem*. El “quot repugnat hypothesis”, tiene aquí un doble significado que evidencia los puntos de certeza de los que parte Borelli: la observación y la experimentación por una parte, y la teoría mecánica por la otra.

³³⁹ BORELLI, op. cit., cap. V, prop. XLIX.

³⁴⁰ *Ibidem*.

³⁴¹ *Idem*, prop. L.

³⁴² *Idem*, prop. LI.

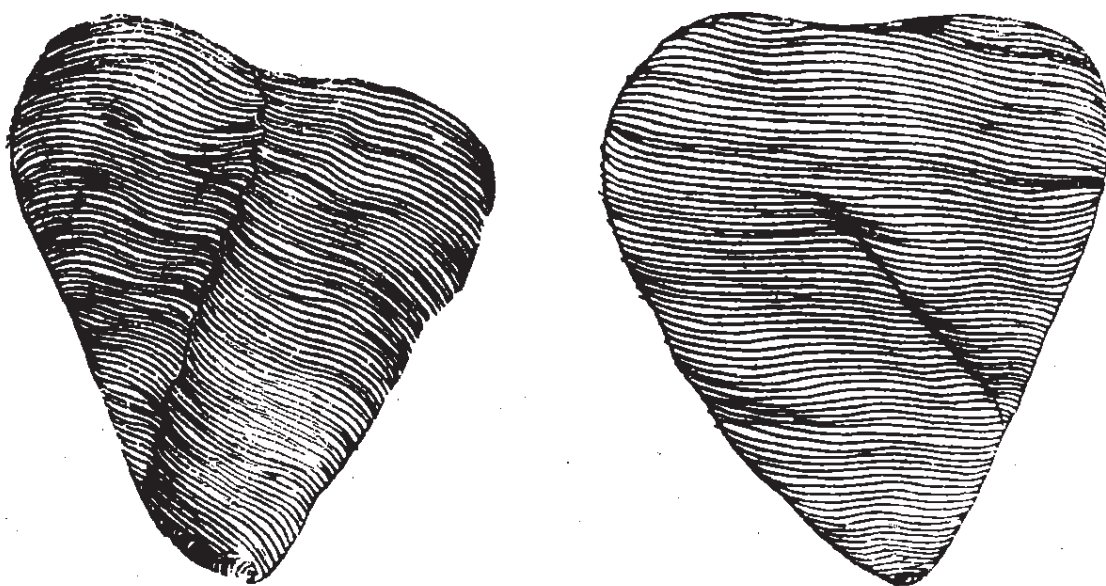


FIG. 13

Las fibras del corazón son espirales y no van de la base al vértice, porque las paredes del vértice son más delgadas.³⁴³ Las fibras del vértice se reflejan hacia dentro antes de llegar a la punta. Luego no es posible la tracción de la base al vértice.³⁴⁴ Innumerables fibras oblicuas y transversales rodean lateralmente al corazón y componen muchos estratos alternativamente superpuestos.³⁴⁵ Cuando se inflan unas fibras que están en un estrato, ya sean laterales o tangentes a las que yacen en su superficie, se empujan mutuamente y por ello se expelen recíprocamente al mismo tiempo, desplazándose fuera de lugar, seguramente hacia la base y vértice.³⁴⁶ Las fibras externas, oblicuas y transversales, que rodean al corazón, al cruzarse con aquellas intersecantes impiden que se alarguen y formen protuberancias, así pues, es necesario que al hincharse las fibras lo hagan hacia el interior de la cavidad aproximando las paredes.³⁴⁷ De esta forma, la acción propia del

³⁴³ *Ibidem.*

³⁴⁴ *Ibidem.*

³⁴⁵ *Ibidem.*

³⁴⁶ *Ibidem.*

³⁴⁷ *Ibidem.*

músculo cardíaco es la contracción de sus paredes y la compresión y expresión de la sangre contenida, pero no por contorsión de sus fibras espirales (fig. 14), sino por la hinchazón y tensión de ellas.

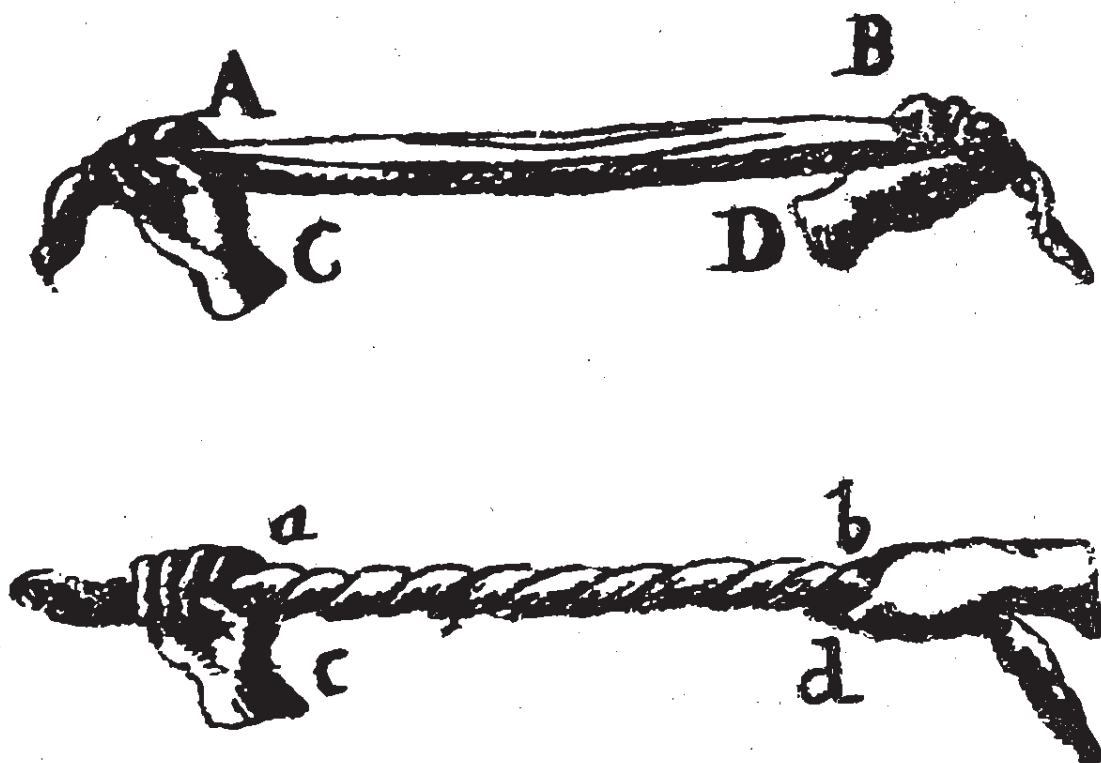


FIG. 14

El camino seguido por Borelli es muy claro. Primero ha observado el fenómeno y lo ha descrito lo más exactamente posible, después ha ideado un modelo físico que ha sido complicado progresivamente no sólo hasta hacerlo lo más similar posible a la forma del corazón humano, sino que le sirva en el intento de explicar el movimiento del corazón en general; es decir, dar una interpretación fisiológica del *motu cordis* sin ningún determinativo más, estudiando los factores que intervienen en el fenómeno y aclarando a la vez las razones físicas y mecánicas. Lo más importante en todo el proceso, estaría en demostrar que el corazón obedece a los mismos factores que el modelo físico (proceso de modelación), aplicando entonces los datos obtenidos de éste.

De esta forma se explica el funcionamiento cardíaco, pero en definitiva, esto no es más que un paso. Falta algo esencial en una mentalidad moderna: la cuantificación. En este caso concreto la cuantificación del "ictus" cardíaco, para lo cual recurre nuestro autor al estudio del émbolo como modelo mecánico de la actividad cardíaca. Como las variables en el funcionamiento del émbolo son la potencia y la resistencia, se trata de hallar la potencia de un émbolo y aplicar este método al movimiento sistólico.

a". En dos balanzas FB y BH tangentes en B, el centro de las cuales es C y D, y sus radios CB y BD iguales, y FC mayor que DH. El peso V está suspendido en el punto de contacto B y equilibrando los contrapesos R y T. Dado el peso V y R y las proporciones de los radios CB-CF y BD-DH, se podría hallar el peso T. Y dados los pesos R y T se puede hallar el peso V (fig. 15).³⁴⁹

b". En un cilindro BCD que contenga agua, con una fístula aneja. La potencia del émbolo AD que comprime el agua, contra la resistencia, tiene la misma propor-

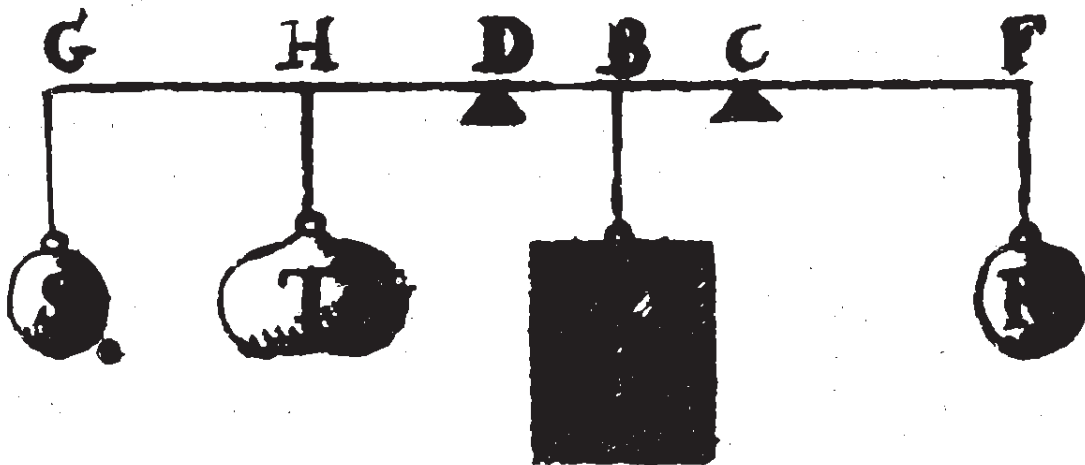


FIG. 15

³⁴⁸ *Idem*, prop. LII.

³⁴⁹ *Idem*, prop. LVII.

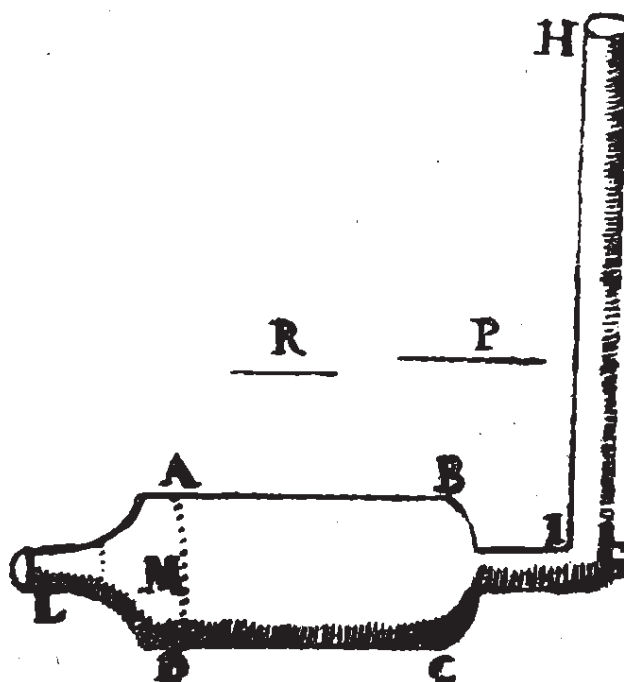


FIG. 16

ción que la amplitud del odre respecto la amplitud de la fístula (fig. 16).³⁵⁰ Es decir, que si GH fuera nueve veces AB, y la fuerza que ejerciera el agua IH igual a una libra, la potencia del émbolo sería de nueve libras.³⁵¹

- c". Si dentro de una fístula que contiene agua se inyecta con el émbolo nueva cantidad de líquido, la fuerza de empuje del mismo contra la resistencia del dique de agua preexistente y de la impulsada de nuevo dentro de la fístula, guardan la misma proporción que la existente entre la amplitud del orificio del tubo respecto la amplitud del orificio de la fístula (aplicación de a " al émbolo)³⁵² (fig. 17).

³⁵⁰ *Idem*, prop. LVIII.

³⁵¹ *Idem*, "Scholium".

³⁵² *Idem*, prop. LIX.

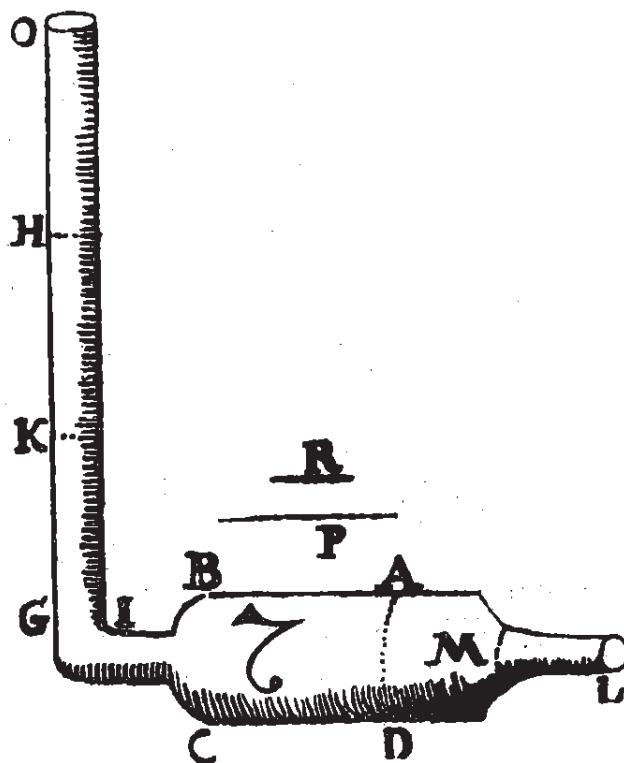


FIG. 17

d''. En un tubo AC que contiene el émbolo LM que empuja el agua a la fístula elástica EH. La potencia, es la razón doble de la resistencia (fig. 18).

$$R \cdot FE \cdot GE = P \cdot AB \cdot AD$$

$$AB = AD$$

$$\frac{P}{R} = \frac{FE \cdot GE}{AB^2}$$

$$FE = 100$$

$$EG = 2$$

$$AB = 10$$

Luego como se trataba de demostrar

$$P = 2R^{353}$$

³⁵³ *Idem*, prop. LX.

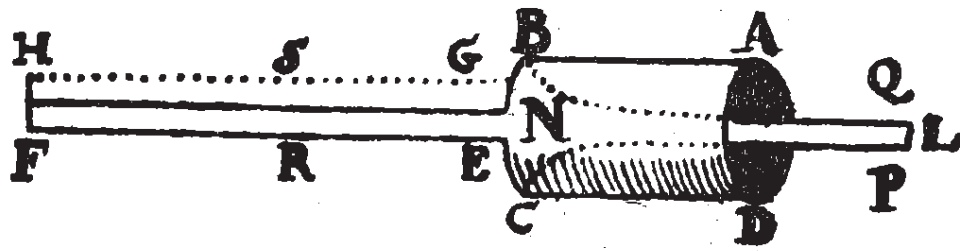


FIG. 18

e". Si en una fístula EH que estuviera llena de agua, pero no turgente, a la que se le inyecta nueva cantidad de agua. La resistencia total, dependerá de la propia del agua existente y de la resistencia de la fístula al dilatarse; lo que se evidencia por el rectángulo formado ZOGK, al administrar la nueva agua (fig. 19).

Luego aplicando b'' y c'' ³⁵⁴

$$\frac{P}{R} = \frac{ZOGK}{AB^2}$$

$$\begin{aligned} ZOGK &= 10 \\ AB &= 5 \end{aligned}$$

$$\frac{P}{R} = \frac{2}{5}$$

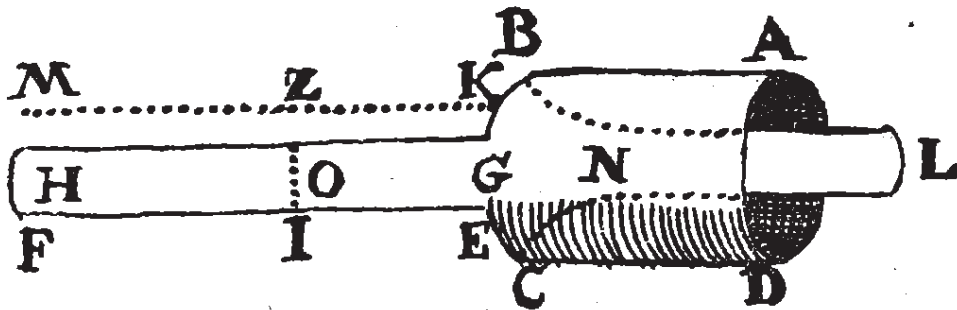


FIG. 19

³⁵⁴ *Idem*, prop. LXI.

Hemos visto por *f* que los vasos se comportan como fístulas llenas de líquido, a los que la bomba cardíaca va inyectando nueva cantidad de sangre en cada contracción. Por lo tanto, será el modelo *e*", el más adecuado para calcular la resistencia. Por otra parte, los datos extraídos de la experimentación animal, demuestran:

- a*"". Que la sangre que contienen las arterias es 1/4 de la sangre total, y el corazón suele enviar en cada embolada, 1/10 de la sangre arterial. Es decir: si *Y* es la resistencia de la sangre en el ventrículo y *Z* la resistencia de la sangre en las arterias ³⁵⁵

$$\frac{Y}{Z} = \frac{1}{40}$$

- b*"". La razón entre la potencia total del corazón y la resistencia de la sangre ventricular es de 2/3. Si *X* es la potencia total del corazón ³⁵⁶

$$\frac{X}{Y} = \frac{2}{3}$$

- c*"". Si se considera al corazón, como a todo el sistema muscular, compuesto por múltiples "machinulas" que obran en conjunto, y comparamos su fuerza (que está relacionada directamente con el grosor y la longitud) con la del temporal y masetero, la potencia del corazón debe ser superior a 3.000 libras. ³⁵⁷

- d*"". La fuerza absoluta del corazón, en comparación a la resistencia de la sangre al ser expulsada a las arterias, está en proporción de 1 a 60.

³⁵⁵ *Idem*, prop. LXXI.

³⁵⁶ *Idem*, prop. LXX.

³⁵⁷ *Idem*, prop. LXVII.

$$\text{Por } a''': \frac{Y}{Z} = \frac{1}{40}$$

$$\text{Por } b''': \frac{X}{Y} = \frac{2}{3}$$

$$3X = \frac{2Z}{40}$$

$$Z = 60X^{358}$$

Como sabemos por c''' que la fuerza X del corazón, es como mínimo de 3.000 libras

$$3.000 \cdot 60 = Z = 180.000 \text{ libras}$$

Es decir, que la fuerza necesaria para vencer la resistencia de la sangre y de las paredes de los vasos, a de ser de 180.000 libras.³⁵⁹

Con este largo periplo de modelos geométricos y matemáticos, consigue Borelli su objetivo: explicar y cuantificar un movimiento biológico.

C. *Significado del modelo en la obra de Borelli.*

Hemos afirmado al comienzo de este capítulo que la intención de Borelli podría definirse de modeladora. Ahora ya estamos en condiciones de ratificar nuestra postura. Si recopilamos el proceso seguido, vemos como una constante en el estudio del fenómeno biológico dos cosas: la elaboración de un modelo físico y la aplicación de éste a determinadas manifestaciones fisiológicas. Ahora bien, el problema que se

³⁵⁸ *Idem*, prop. LXXII.

³⁵⁹ *Idem*, prop. LXXIII.

presenta al ejemplificar en un modelo los elementos que se consideran determinantes del fenómeno, procedimiento necesario a este nivel de investigación. ¿Con qué criterio se seleccionan? No cabe duda, que la gran importancia de la teoría, radica en esta fase de la metodología científica.

El mismo camino, sigue Borelli en el estudio del sistema muscular: primero realiza el desarrollo matemático y físico con arreglo a unos modelos, y después, aplica los resultados al movimiento muscular “quod recta ratio suadet, id ipsum evidenti experimenta comprobatur”.

Es evidente, que la proyección de modelos conceptuales, tiene un valor de *evidencia indirecta* en el proceso de investigación. Pero para la ciencia moderna, la evidencia indirecta sería mucho más importante que la directa por una razón fundamental: la directa no sirve más que para apoyar o destruir generalizaciones empíricas de nivel bajo, y éstas son típicas del conocimiento ordinario más que de la ciencia progresiva.³⁶⁰

Un punto clave en el problema que estamos tratando, es el momento en que Borelli se plantea la necesidad de los modelados. Ya hemos citado, que en la dedicatoria a Ferdinando II de Médicis en *Theoriae Mediceorum Planetarum ex causis physicis deductae* (1666), Borelli revela su deseo de penetrar en el sagrario del maravilloso Templo de la naturaleza, en definitiva, de explicar de forma moderna el “motu animalium”. En el mismo libro, dice nuestro autor, que las diferencias entre el movimiento físico y biológico no inutilizan el método científico que posee, ya que “quod cum sol sit veluti cor seu fons vitalis motricis virtutis planetarum...”.³⁶¹ Pero no siempre se puede estudiar los movimientos biológicos de forma directa, concretamente, el corazón, al tener una disposición diferente a la musculatura de la locomoción, no se le puede aplicar el sencillo modelo de una cuerda con un peso en su extremo. Por ello, en la proposición LXIV de libro segundo, cuando se plantea el problema del método para reducir a estudio la

³⁶⁰ BUNGE, op. cit., p. 733.

³⁶¹ Citado por DEL GAIZO: Contributo a lo studio delle opere di G. Borelli, etc., p. 7.

“vis motiva musculi cordis”, afirma: “quando in hoc negotio ab effectu pervenire non possumus ad cognitionem caussae, cogimus causam ipsam ab aliquo alio signo conjicere, ut inde magnitudinem affectus venemur. Tale autem signum erit similitudo, et analogia, quam musculus cordis habet cum caeteris musculis ejusdem animalis”.³⁶²

Conviene que nos detengamos brevemente en este párrafo, clara exposición de la necesidad del modelado. En primer lugar es notorio el deseo de presentar y obtener modelos reales, sólo cuando no se puedan conocer las causas será necesario recurrir a otros signos, que por similitud y analogía con otras estructuras nos permita deducir sus magnitudes. El que estos signos tengan que “pensarse”, nos mete de lleno en el experimento mental que, en palabras de Bunge, “es admirablemente adecuado para poner a prueba sistemas concretos a base de ideas que hayan superado ya la contrastación por experimentos reales”.³⁶³ Experimento mental y evidencia indirecta, es lo que hace Borelli en el estudio del aparato circulatorio. Pero lo que interesa subrayar es, que el recurso a tales artificios no son actuaciones inconscientes a que conduce la praxis de una teoría, sino una posibilidad plenamente lúcida en la mente de nuestro autor y con una intención muy concreta: la búsqueda de una doctrina general que sirva para interpretar todos los fenómenos naturales y que a la vez esté arraigada en un estudio inductivo de la realidad. El problema radicó en que la metodología concreta en los casos en que se planteó la evidencia indirecta, al igual que el proceso de recogida de datos, no estuvo aún suficientemente desarrollada para abordar con mayor precisión estos estudios, no sólo desde el ángulo puramente teórico, sino mucho más en su vertiente técnica.

Existe un contraste entre la obra cosmológica de Borelli y sus investigaciones en biología. Koyré³⁶⁴ hace notar, que el napolitano es una muestra evidente de cómo una exigencia excesiva de pureza intelectual puede conducir al fracaso, y la

³⁶² BORELLI, op. cit., pars II, cap. V, prop. LXVI.

³⁶³ BUNGE, op. cit., p. 835.

³⁶⁴ KOYRE: *La mécanique céleste de J. A. Borelli*, etc., p. 102.

renuncia prudente de la teoría a la pasividad. No podemos juzgar este aspecto de la obra astronómica de Borelli, pero lo que no cabe ninguna duda es que esta faceta no se reproduce en biología. Precisamente cabría afirmar lo contrario: lo que importa al autor no es la exhaustiva descripción de los hechos, sino la formulación de una teoría explicativa del movimiento biológico. Cita Adelman,³⁶⁵ una carta que dirigió Malpighi a Borelli el 18 de enero de 1660, en la que comunicaba al maestro su preocupación por la estructura del pulmón. Malpighi se debatía ante la duda de si el parénquima pulmonar podía ser definido en su constitución histológica como "spugna" o "aggregato di vescichette", lo que en definitiva determinaría su comportamiento fisiológico. El 28 del mismo mes le contesta Borelli: "io credo poi che vi sia molto da filosofare intorno a la natura della spugna e del filtro, e come suchi l'acqua, faccenda che non credo sij stat aintensa sin 'ora".³⁶⁶ Lo que interesa a nuestro autor, no es la detallada constitución pulmonar, sino los hechos que hablan en favor de una generalización interpretativa de la fisiología del aparato respiratorio junto a todo el fisiologismo animal.

Harré,³⁶⁷ al abordar el problema de las descripciones y el entendimiento en la ciencia actual, postula una actitud típica históricamente de la escuela galileana y en parte relegada por el instrumentalismo y el positivismo posterior. En este sentido, afirma que la concepción de Mach de que la ciencia era primitivamente una condensación y codificación de un conocimiento disperso y asistemático de hechos, es una visión del proceso científico demasiado estrecha, porque hay una necesidad de entender tanto como de describir. En último caso, clasificar y codificar sirven en tanto ayudan a la comprensión de los fenómenos. El problema que late debajo de las discrepancias entre Borelli y Malpighi, no es más que una desigual intención en sus obras: Malpighi, como médico, siente

³⁶⁵ ADELMAN: La prima epistola di Marcello Malpighi sui polmoni, etc., p. 62.

³⁶⁶ *Bibl. Univ.*, Ms. 2085, I, 123. Citado por ADELMAN.

³⁶⁷ HARRE, R.: *An Introduction to the Logic of the Sciences*. Trad. Castellana. Barcelona, 1967.

un interés casi exclusivo por el funcionamiento del pulmón y la estructura que lo explica; para nuestro autor, más bien científico puro que aplicado, preocupado en generalizar, el fisiologismo respiratorio sólo es un eslabón más que debe justificar la postulación mecánica del movimiento biológico. El hecho de que Malpighi en su práctica clínica no actúe en todo momento como médico iatromecánico, no invalida nuestro juicio, ya que, lo que necesitó Malpighi, y esto reafirma nuestra opinión, es un puente entre la doctrina y la praxis.

Si nos fijamos bien, cuando Borelli desarrolla un modelo, lo que es lo mismo que construir un modelado, no hace más que añadir a la imagen básica un modelo adicional o suplementario, que aunque coherente con la imagen original transforma a ésta en algo mucho más poderoso como instrumento de explicación y predicción.³⁶⁸ Entre la descripción y la comprensión, el profesor de matemáticas elige la última. Claro está que para entender bien, es decir, para generalizar sin especular como los antiguos, es imprescindible disponer de un mínimo arsenal de datos. Malpighi, en 1661, demostrará que no puede existir contacto inmediato entre el aire inspirado y la sangre circulante, pero este hecho no cambió en absoluto el fundamento teórico y por lo tanto, para Borelli, no dejó de ser "filosofare". Aunque esta actitud nos dé la impresión de torpeza, no debemos abandonar las coordenadas históricas, y en este momento de la ciencia moderna la defensa de una nueva filosofía de la ciencia fue tan vital para el desarrollo posterior como pueden haber sido los hallazgos de Malpighi. "El desarrollo de la filosofía de la ciencia refleja muy bien el desarrollo de la ciencia misma",³⁶⁹ sólo que la ciencia, irá transformando esta filosofía en teoría científica, modificándola y contradiciéndola muchas veces.

³⁶⁸ *Idem*, p. 140.

³⁶⁹ *Idem*, pp. 47-48.

LA OBRA POR DENTRO

Vamos a abordar en este capítulo la exposición de alguno de los contenidos del *De motu animalium*. Nuestra intención será ahora, principalmente, el ver reflejado en el estudio de temas concretos el modelo metodológico que hemos analizado. No tanto estudiar los contenidos, como demostrar la general utilización por Borelli, del método que hemos descrito, en la investigación de los fenómenos normales y patológicos. Haremos especial hincapié en los segundos por haber sido menos tratados en los capítulos precedentes.

I. LA FISIOLÓGÍA MUSCULAR Y LA NUTRICIÓN.

La elección de estos aspectos tan distintos de la fisiología boreliana, no es accidental, obedece a una intención que responde fundamentalmente a dos hechos: descartar temas analizados por otros, y estudiar dos partes que por tener un vínculo de unión, el sistema nervioso, nos permitirá exponer al mismo tiempo, las ideas neurofisiológicas de Borelli. Aunque Daremberg sintetizó en 1870 los aspectos que vamos a estudiar, creemos que la necesidad de un nuevo enfoque y la aportación de nuevos elementos, justifica la reelaboración de estos capítulos de la fisiología boreliana.

A. *La fisiología muscular.*

Dejando aparte las descripciones macroscópicas de los músculos y el estudio mecánico de su funcionamiento y el de sus fibras, lo que en general engloba Borelli bajo el común

denominador de “*motus externis*”, vamos a analizar su hipótesis sobre la contracción muscular.³⁷⁰

El músculo se contrae porque se hincha (“*inflatur*”) en razón a una estructura porosa o esponjosa de sus fibras, lo que algunos calificaron de vesículas. Es un proceso similar a la erección del pene.³⁷¹ La causa de este fenómeno es el hecho de que se produzca en el músculo, en un abrir y cerrar de ojos, una fermentación o ebullición (“*quae possit validissima inflationem ictu oculi efficere*”). A su vez, esta fermentación, se desarrolla por el contacto del jugo nervioso, sustancia totalmente corporal y análoga al espíritu del vino, que desde el encéfalo se reparte a todo el cuerpo como la sangre.³⁷²

El cerebro obedece a dos tipos de órdenes: las vitales y las voluntarias. Esta división, está en relación con la aceptación de dos tipos de movimientos generales en el hombre: los necesarios para la vida, común a los animales; y los propios de un ser con voluntad. La paternidad aristotélica de esta clasificación no deja lugar a duda, y en este mismo contextos podemos incluir el concepto de “*instintum*”.³⁷³ Así

³⁷⁰ Borelli estudia el sistema quinético integrado en su función. Las descripciones macroscópicas del músculo están destinadas a comprender su fisiología externa, “*motus externis*”. De ahí que, desde los capítulos I y IV queda claro que la función del músculo es el poner en funcionamiento las articulaciones; y profundizando en estos aspectos, en el capítulo XVIII, analice el problema del equilibrio y la postura erecta en función del tono muscular. Pero todo esto, va encaminado a explicar el movimiento íntimo, interno, del músculo. Así se comprende, que esta segunda fase del estudio, más compleja, se desarrolle fundamentalmente en la *pars II*, cap. III, propos. XXII, XXVII y XXIX; aunque en la *pars I*, caps. XVI y XVII, aborde ya el problema.

³⁷¹ BORELLI, op. cit., *pars II*, prop. XXI.

³⁷² BORELLI, op. cit., *pars II*, cap. III, prop. XXII: “*Quod vero talis operatio sit possibilis, patet innumeris experimentis, quae passim in chemicis elaborationibus observantur, sic spiritus vitrioli effusus super oleum Tartari: sic omnes spiritus acidi salibus fixis commisti subite fermentativo motu ebullium*”. Ver también prop. XXVII.

³⁷³ BORELLI, op. cit., *pars I*, cap. XXIII, propos. CCXVIII. El concepto de instinto equivale a lo dado a cada animal por la naturaleza y que no necesita de aprendizaje: “...eo quod semper aliqua corporis humani *pars* super aquam extat: et hoc contingit spontaneo naturae *instinctum*...”

pues, durante el sueño, los requerimientos vitales serían los únicos que, por medio del cerebro, harían funcionar al espíritu nervioso, y los voluntarios, junto a los anteriores, durante la vigilia. Por otra parte, el *sucus*, podría actuar o por la fuerza de choque imprimida por el cerebro, o por cierta acritud que al parecer posee.

Este jugo, no actúa ciegamente, no sólo está sujeto a unas leyes como la de la caída de los graves que le hace descender (“quod vero tales motus internis, non naturalis, et caeca necessitate fiant ut gravium descensus”), sino que bajo el imperio de los hábitos y de la experiencia adquirida por la repetición de los mismos actos, vacilan, pero acaban dirigiéndose a su destino.³⁷⁴

A pesar de todo, el jugo por sí mismo no es suficiente para producir el hinchamiento del músculo. Para que esto ocurra, es necesario el concurso de la sangre, ya que su acción se debilita mientras fluye por la incorporación de otros jugos, la linfa por ejemplo.³⁷⁵ Ahora bien, sucede todo lo contrario cuando se mezclan la sangre y el *sucus nerveus*. Al contacto de estos dos fluidos, tiene lugar una fermentación que producirá un aumento del músculo, y cuando la displosión llegue a su más alto grado de intensidad, el músculo se moverá.

No hay mejor medio ni más simple para producir el movimiento, es así como la naturaleza economiza esfuerzos en su forma de actuar, siendo fiel, al mismo tiempo, a las leyes mecánicas que rigen el universo y a las que necesariamente no se puede contradecir (“... et alio modo diverso ab eo, quem supra exposuimus, cum naturae operationes sint faciles, simples, et juxta leges mechanicas, quae sunt leges necessitatis”).³⁷⁶

B. *La nutrición.*

Borelli distingue dos partes en el quilo gastrointestinal: uno, el más puro, que será absorbido por los quilíferos, cuyos orificios están configurados para tal finalidad (“... quae habent

³⁷⁴ BORELLI, op. cit., pars II, cap. III, prop. XXV.

³⁷⁵ *Idem*, prop. XXVI.

³⁷⁶ *Idem*, prop. XXVIII.



orificia, eo modo configurata...”);³⁷⁷ el otro componente del quilo, pasa por las venas mesentéricas que poseen orificios adecuados, de forma que pueda recoger a la vez el quilo grosero mezclado con la bilis y la sangre arterial, para llevarlo todo al hígado.³⁷⁸

La sangre es la verdadera y principal materia de la que se nutren todas las partes del cuerpo. La albúmina que contiene, responde exactamente por sus cualidades a la albúmina del huevo (“... et nutritiva substantia respondent albumini ovi”).³⁷⁹ Una vez más, para su fisiología, recurre Borelli a comparar funciones con otros animales.

La función de la sangre en este capítulo es doble: por una parte rehacer los elementos perdidos y por otra, actuar de vehículo de alimentación. Algunos objetaban que el agotamiento por el hambre no disminuía sensiblemente la masa de sangre, y que una hemorragia, a menos que sea muy abundante, no podía causar una debilidad proporcional a la pérdida de sangre.³⁸⁰ Otros autores, dice Borelli, pensaban que en los individuos muertos por hambre, la sangre queda reducida a un “vapidus fluor”, perdiendo su parte alimenticia. Todas estas razones parecen conducir a una conclusión: que no sólo la sangre toma parte en la nutrición, sino que además, es necesaria la colaboración del jugo espirituoso de los nervios.³⁸¹ Como la pequeña cantidad de jugo nervioso no es suficiente para reparar las continuas pérdidas, piensa nuestro autor que su función estaría en proporcionar forma, facultad vital y animal a las partes reconstruidas por la sangre (“... quod succus nervus formam, et facultatem vitalem, et animasticam inducta partibus a sanguine reparatis”).³⁸² Si después de una gran hemorragia el animal no está muy debilitado, indica que le queda

³⁷⁷ *Idem*, cap. XVI, prop. CXCIX.

³⁷⁸ *Ibidem*.

³⁷⁹ BORELLI, op. cit., pars II, cap. XVI, prop. CC.

³⁸⁰ *Ibidem*.

³⁸¹ *Ibidem*.

³⁸² *Ibidem*.

jugo nervioso; si por el contrario, muere de inanición,³⁸³ es que el jugo ha desaparecido completamente.

Tiene gran interés la hipótesis de Borelli sobre la forma de actuar el jugo nervioso en la reconstrucción de las partes deterioradas, ya que la idea de una fuerza vital actuante por medio de sustancias perfectamente corpóreas nos la vamos a encontrar en varios capítulos. Unas veces será la sangre con su “motio tremula” como causa y origen del movimiento vital,³⁸⁴ otras veces como la propiedad configurativa del semen.³⁸⁵ El análisis de estos aspectos en la obra del fundador de las doctrinas iatromecánicas, nos indica, que el entender el movimiento biológico desde un punto de vista mecánico, no obliga a una concepción mecanicista de la vida; sólo que Borelli, evade todo aquello que fuera irreductible a su método de investigación.

La explicación concreta de la forma en que se lleva a cabo la nutrición, es de una simplicidad mecánica extraordinaria. Como el continente no está compuesto solamente de líquidos, sino también de parte sólidas que se disuelven y se evaporan, quedan necesariamente cavidades que permiten la incrustación de la sangre como si se tratara de una cuña. Pero siguiendo su razonamiento mecánico y en función de los datos observados en la sangre, no todas las partículas tienen el mismo tamaño y por lo tanto cada una se introduce en donde le corresponde según las dimensiones de los orificios. Es decir, lo mismo que si se tratase de una criba (“... et hoc quidem necessitate configurationes cribosae contingit”).³⁸⁶ El aire inspirado por la boca y absorbido por la piel, así como el impulso del corazón y las contracciones arteriales, ayudan a la

³⁸³ Hemos traducido “fame” por inanición y no por hambre, porque el significado en el contexto es más bien el de un estado de agotamiento por la falta de alimentación, y no el de una sensación de necesidad de alimento.

³⁸⁴ ROTHSCHUH, K. E.: *Geschichtliches zur Lehre von der Automatie, Unterhaltung und Regelung der Herztätigkeit* cit. *Gesnerus*, 27, 1-19 (1970), p. 13.

³⁸⁵ CASTELLANI, C.: *Appunti per uno studio della generazione secondo il pensiero di due italiani*, etc.

³⁸⁶ BORELLI, op. cit., pars II, cap. XVI, prop. CCI.

incrustación (“adjuvant incuneationem”) de las partículas nutritivas, al mismo tiempo que por su elasticidad e ímpetu, aumentan y conservan el movimiento vital.³⁸⁷ El momento más favorable a la nutrición, es pues el sueño, ya que entonces el jugo nervioso desarrolla sin distracción su actividad y sus propiedades.

Como hemos podido apreciar, la fisiología de Borelli, además de partir de supuestos mecánicos, concibe a los seres vivientes como en continuo movimiento, que será el objeto de estudio por parte de los fisiólogos. Pero al mismo tiempo que intenta reducir todo el movimiento biológico a local, reconoce en algunas ocasiones problemas propios de los seres vivientes.

II. FISIOLÓGÍA DEL DOLOR Y DE LA FIEBRE.

Vamos a resumir en este apartado las principales ideas mantenidas por Borelli sobre la fisiología del dolor y de la fiebre. Hemos procurado ceñirnos al máximo a los textos borelianos, incluso muchas veces, nos limitamos a dar una traducción. Sólo introducimos algún comentario con el fin de facilitar la comprensión de las doctrinas.

A. *El dolor.*

Si no se puede admitir, dice Borelli,³⁸⁸ la continua división y disolución de la textura de las fibras nerviosas, para explicar las sensaciones y los movimientos dolorosos; para poder dar una interpretación adecuada, sólo queda la alternativa de recurrir a los fenómenos de convulsión, irritación (“vellicatio”) y corrosión (“corrosio”) de las mismas.³⁸⁹ Las fibras nerviosas son, en efecto, muy sensibles y el jugo espirituoso que contiene su médula esponjosa, fácilmente irritable cuando se agita con un movimiento irregular. El “succus”, puede comunicar

³⁸⁷ *Ibidem.*

³⁸⁸ BORELLI, op. cit., pars II, cap. XVII, prop. CCVII.

³⁸⁹ *Idem*, propos. CCV, CCVI.

al cerebro las sacudidas ocasionadas por la turbulencia del movimiento, y todo esto, conduce a un estado convulsivo, desagradable y tormentoso, que recibe el nombre de dolor.³⁹⁰

Un ligero contacto, la irritación de una paja, la picadura de una mosca, etc., causan en algunos casos sensaciones tan desagradables que por desembarazarse de ellas, las personas se dan de bofetadas, se golpean la cabeza contra los muros y se arañan hasta la efusión de sangre (“...quae passio tam molesta est, ut ad eam tellendam aliqui colaphos sibi impingant, caput parietibus incutiant, et unguibus cutem lacerent usque ad sanguinis sffusionem”).³⁹¹ Así pues, estas causas no son suficientes para explicar situaciones tan límites, a no ser que se acepte que la molestia dolorosa consiste solamente en una irritación y en un prúrigo de los nervios que se traduce en movimientos arrítmicos del *succus*, por lo que los espíritus animales, contrariamente a su estado normal, son agitados de forma irregular en el cerebro. De ahí viene la acción calmante de los narcóticos contra las “vellicationem” dolorosas. Así se explica también que el dolor de muelas, sea en algunas ocasiones apaciguado por palabras que murmuran los charlatanes, puesto que la creencia de los enfermos es que pueden obtener el alivio dando a los espíritus animales una dirección contraria que interrumpa y anule la irritación.³⁹²

³⁹⁰ *Idem*, prop. CCVII.

³⁹¹ *Ibidem*. Hemos querido copiar íntegramente la frase por la teatralidad con que se expresa Borelli para justificar su interpretación de la causa.

³⁹² He aquí dos temas extraordinariamente sugestivos. El primero, el desprecio de Borelli a lo no científico, tachando de “ineptissimi verbis” a esta manera de entender las cosas. Por otra parte, la aceptación del papel psicoterapéutico de la palabra, aunque pasando por encima de este aspecto. No podía ser de otra forma. LAÍN ENTRALGO, P.: *La curación por la palabra en la Antigüedad clásica*, Madrid, 1958; ha dejado bien manifiesto que en el “Corpus Hippocraticum” no se recogen las doctrinas platónicas de los “ensalmos, ni las aristotélicas de la “catarsis”. Por otra parte, GACIA BALLESTER, L.: *Alma y enfermedad en la obra de Galeno*, Valencia, 1972; ha puesto en evidencia que cuando Galeno habla de psicoterapia, lo hace como filósofo influido por doctrinas estoicas, no teniendo en cuenta para nada el alma como susceptible de enfermedad y por lo tanto, de tratamiento médico.

La manera con que se trata la conmoción convulsiva que en Italia se llama *Granchio* (¿Calambre?), viene todavía en apoyo de esta teoría, ya que si se agita violentamente la pierna enferma sostenida por el talón, las sensaciones incómodas desaparecen instantáneamente. Es preciso pues, un nuevo movimiento que entorpezca el movimiento doloroso de la irritación.³⁹³

Hasta aquí, la hipótesis general de la fisiopatología del dolor. Pero había que explicar cómo una lesión en los órganos podía dar paso a tal patogenia. De tres maneras distintas explica Borelli el proceso:

1.º Cuando la obstrucción de las vías impide al jugo espírítico llegar a los músculos e inflarse para el movimiento.

2.º Cuando las fibras de los músculos o de los tendones se dislaceran y no pueden moverse sin dolor.

3.º Cuando los movimientos son interrumpidos por sustancias de deshecho que se introducen entre las fibras, lo mismo que el polvo o la herrumbre altera el movimiento de un péndulo.³⁹⁴

Así pues, el reposo actuaría de dos maneras en los estados de laxitud:

1.º Haciendo desaparecer la lesión y la irritación de las fibras musculares.³⁹⁵

2.º Reparando poco a poco las partículas lesionadas y perdidas, por sustitución de otras nuevas; y aglutinándose las partes desunidas por la llegada del jugo nutritivo. Todas estas operaciones, serían debidas a un sentido reconstructor extraordinariamente suave (“*quae omnia suavi quodam sensum refectio contingunt*”),³⁹⁶ es decir, unas leyes de la reconstrucción.

Como han demostrado LÓPEZ PIÑERO, J. M. y MORALES MESEGUER, J.: *Neurosis y psicoterapia*. Madrid, 1970; este planteamiento de separación entre alma y cuerpo, dominará en medicina hasta que una nueva concepción psicosomática inicie un planteamiento distinto de la terapéutica moral.

³⁹³ BORELLI, op. cit., pars II, cap. XVII, prop. CCVII.

³⁹⁴ *Idem*, cap. XVIII, prop. CCIX.

³⁹⁵ *Ibidem*.

³⁹⁶ *Ibidem*.

B. *La fiebre.*³⁹⁷

Se ha dado el nombre de fiebre, dice Borelli, a un cierto estado de incandescencia del movimiento del corazón y las arterias.³⁹⁸ Incandescencia que no proviene de la cólera o de un movimiento vehemente del cuerpo, sino que es espontáneo y permanente, acompañándose de otros síntomas como: astenia, debilidad, dolor, etc. Todavía se ha definido más brevemente, como un fuego candente en el corazón.

Atendiendo a sus características, pueden subdivirse las fiebres en: intermitentes, continuas, periódicas e irregulares (“*aliae enim intermitentes, aliae contuae sunt, aliae periodicae, aliae irregulares*”).³⁹⁹ Pero tanto unas como otras, pueden comenzar con sintomatología muy distinta, ya sea con temblor, frío o con dolor. Unas son muy ardientes, otras están exentas de calor, y algunas son muy perniciosas.

En cuanto a las causas de la incandescencia febril, creen algunos, dice Borelli, que la verdadera causa eficiente estaría en el calor innato del corazón,⁴⁰⁰ y la causa material residiría en la sangre que al sufrir cualquier tipo de alteración, ya sea cualitativa o cuantitativa, actuaría como la leña alimentando el fuego. Así pues, como lo más frecuente es que las fiebres tengan períodos fijos de duración y remisión y reaparecen en tiempos determinados, con tanta precisión como si se tratase de un reloj, es necesario que esto se produzca en la sangre o que sea ella el medio de comunicación de alguna cosa que, en cada período febril, con una medida regular y con una proporción y un tiempo igual, pueda volver a encenderse la

³⁹⁷ El capítulo dedicado a este tema es el XXI de la pars II: “*De motu Excandescientiae Febris*”.

³⁹⁸ No hemos querido alterar el texto boreliano que dice: “*nomen febris ab hominibus impositum fuisse, constat, passioni cuidam excandescientiae motus cordis, et arterium*”. Pars II, cap. XXI, prop. CCXX. Ahora bien, está muy claro que a lo que se refiere nuestro autor es a la circulación de la sangre.

³⁹⁹ *Ibidem*.

⁴⁰⁰ Acerca del calor innato, remitimos a lo dicho en el capítulo dedicado al método.

fiebre. Esto es, a su aviso, un humor excrementicial⁴⁰¹ y corrompido se esconde en una mina, y al aumentar poco a poco, en un momento determinado, afecta a la sangre y la pone en efervescencia. Esta mina o fogón, según la opinión vulgar, se encontraría en las venas mesentéricas o en otra parte, y los cuatro humores tradicionales serían la materia.⁴⁰² Esta opinión ha sido justamente relegada después del descubrimiento de la circulación, ya que la sangre no se detiene ni en los vasos mesentéricos ni en otros, ni en ninguna parte en el cuerpo del animal. No se puede encontrar un remanso de sangre sin un tumor considerable o algún abceso o un antro que pueda mantener en reserva los humores. Por lo tanto, toda esta fábula se desvanece completamente (“et proinde tota haec fabula evanescit”).⁴⁰³

Borelli rechaza, así mismo, la teoría de Descartes, según la cual todas las fiebres son causadas por la fermentación y la intermitencia, explicando sus variaciones por la mayor o menor lentitud con que los humores corrompidos entran en fermentación.⁴⁰⁴ También rechaza las versiones de aquellos que dan como origen de la fiebre un exceso de sangre o una agitación junto a una irritación del corazón,⁴⁰⁵ o de los que opinan que un aumento de azufre aportado a la sangre por el quilo, provoca el incendio.⁴⁰⁶

Por su parte, después de rebatir las hipótesis anteriores construye la propia, en la que propone que “spiritus, seu succi nervi solito redditi acriores, nervos, et cor irritantes, sunt

⁴⁰¹ Hemos traducido “humor aliquis excrementitius” por humor excrementicial, ya que no hemos encontrado una equivalencia más precisa.

⁴⁰² DAREMBERG, en su *Histoire des sciences médicales*, p. 757, traduce “materia verò sunt quatuor humores vulgares” por “les quatre humeurs traditionnelles en sont la matière”. Ciertamente que el vocablo “vulgares”, se entiende en el sentido que Daremberg lo hace. Ahora bien, el párrafo siguiente del texto boreliano aboga por una interpretación displicente de la teoría humoral.

⁴⁰³ BORELLI, op. cit., pars II, cap. XXI, prop. CCXX.

⁴⁰⁴ *Idem*, prop. CCXXI.

⁴⁰⁵ *Idem*, prop. CCXXII.

⁴⁰⁶ *Idem*, propos. CXXIII, CXXIV, CXXV.

causae productivas primae, et immediatae excandescientiae febrilis".⁴⁰⁷

Como siempre, Borelli, observa y describe el fenómeno en primer lugar. Insiste en que el signo o la característica propia de la fiebre es el pulso, con conmoción vehemente del corazón y las arterias, el calor y otros síntomas. Una conmoción violenta del corazón es la causa efectiva del calor de los cuerpos, pero no viceversa.⁴⁰⁸ La misma causa que en estado de salud agita al corazón con un movimiento suave y medido, determinaría un movimiento brusco y acelerado al tomar un exceso de fuerza. El mismo fuego que da un calor afable y atemperado, dará un calor mucho más ardiente si nos aproximamos o aumenta su actividad.⁴⁰⁹ De la misma forma que bajo el imperio de la voluntad, por acción del espíritu o jugo nervioso, los músculos de las manos, de los pies y de otras partes del cuerpo, son agitados por un movimiento lento y suave, o fuerte y rápido. Puesto que el corazón, lo mismo que un autómeta, puede experimentar espontáneamente pulsaciones sucesivas independientemente de la voluntad, es preciso pues, que el mismo jugo destilado por los nervios en el corazón, produzca tanto los movimientos rítmicos en estado de salud como los vehementes en la fiebre, los cuales no se diferencian más que en grado cuantitativo.⁴¹⁰ Es suficiente pues, para que el movimiento del corazón se transforme en más enérgico y rápido, que el jugo nervioso tenga características más acres y sea destilado con más frecuencia y más abun-

⁴⁰⁷ *Idem*, prop. CCXXV. Observe el importante papel que juega el sistema nervioso en la fisiología boreliana. El proponer que "los espíritus o jugos nerviosos al transformarse en más acres que de ordinario, irritan los nervios y el corazón, siendo la causa productiva inmediata de la incandescencia febril"; es darle una beligerancia al sistema nervioso, que por otra parte, es perfectamente coherente con toda la doctrina.

⁴⁰⁸ *Ibidem*. "Igitur dicendum est, quod vehemens cordis commotio sit causa effectiva caliditatis corporis; et contra, scilicet caliditas corporis non erit causa productiva vehementis cordis motionis".

⁴⁰⁹ Con esta frase indica Borelli que las causas de la fiebre son las mismas que las del calor corporal. Sólo varían cuantitativamente.

⁴¹⁰ BORELLI, op. cit., pars II, cap. VI, prop. LXXVII.

dantemente en el corazón de lo que resulta una agitación de esta víscera y un aumento del calor natural.⁴¹¹

No se debe buscar el origen de este aumento de calor en el movimiento de aceleración de la sangre en tanto que movimiento, sino en la composición. La sangre contiene un espíritu como de aceite, o partículas ígneas medio apagadas (“continent enim sanguis spiritum seum oleum, seu potius igneas particulas sopitas”),⁴¹² si sucede que ellas pueden liberarse de las ataduras que las retienen, de forma que puedan ejercer el movimiento que les es propio, manifiestan en ese momento el calor a los sentidos. Si esto no ocurriera por el frotamiento de las partes heterogéneas de la sangre, el calor y el ardor podrían aparecer por una serie de mezclas de las sales alcalinas (lixivialibus) dispersas en las vísceras y en otras partes recónditas, a las cuales llegaría la sangre por la energía con que es impulsada por el corazón. Así ocurre con las mezclas de aceite de vitriolo y sales de tártaro, o al menos, así lo relata Willis según sus experiencias.⁴¹³ Este autor, mezclando espíritu de vino, con sangre extravasada caliente; o cuerno de ciervo y vitriolo con algún licor espirituoso, ha visto cómo se produce una maravillosa ebullición y efervescencia.

Para conocer bien la naturaleza de las fiebres intermitentes,⁴¹⁴ no basta demostrar que el jugo nervioso transformado en acre puede, al llegar al corazón, agitarlo con violencia y producir la incandescencia febril, sino que será necesario todavía el considerar las causas próximas que alteran este jugo y

⁴¹¹ Uno de los motivos que induce a Borelli a dar una gran importancia al jugo destilado por los nervios, es el hecho de que sólo con el olor del vino o cualquier otro vapor espirituoso, se reparan las fuerzas de un animal agotado y aumentan en un instante las pulsaciones enlentecidas del corazón. La forma de actuar las partículas olorosas, no sería por medio de las venas o los bronquis del pulmón, sino que tales partículas se insinuarían a través de los nervios hasta el cerebro y excitado por ellas transmitiría los impulsos al corazón. *Idem*, cap. XXI, prop. CCXXV.

⁴¹² *Idem*, prop. CCXXV.

⁴¹³ *Ibidem*.

⁴¹⁴ BORELLI, op. cit., pars II, cap. XXI, prop. CCVII.: “De loco, et causis quibus succi nervei alterantur, ut febres periodicas producere possint”.

los lugares donde ocurre esta altearación. Por ello conviene observar sobre los cadáveres, los efectos producidos por la fiebre. En éstos, no se puede constatar ninguna alteración notable en la sangre, pero se encuentra frecuentemente los pulmones inflamados, ulcerados, algunas veces gangrenosos o salpicados de exantemas. También son frecuentes, lesiones en el bazo y en el hígado, pero casi siempre el bazo está endurecido y cirrótico al igual que las glándulas que presentan un color amarillo claro, sobre todo en el mesenterio.⁴¹⁵ El enrojecimiento que satura a los pulmones no tiene su causa en la fiebre, ni tampoco la inflamación de esta víscera ni todas las otras lesiones, puesto que se pueden observar en los cadáveres de animales sanos. Estas alteraciones son debidas a que en el moribundo cesa la respiración mientras que siguen los latidos cardíacos, esa sangre que vuelve a los pulmones se detiene allí, en los confines de la vida, y los hincha, ya que si la respiración se ha detenido, los pulmones no pueden desembarazarse de la sangre.⁴¹⁶ En segundo lugar, las lesiones de corrupción y las pústulas de estos mismos pulmones no suelen ser la causa, incluso lejana, de la fiebre; más bien deben considerarse como el efecto, ya que no se observan estas alteraciones en los pulmones de todos los cadáveres. Por el contrario, los pulmones de los asmáticos, sin que hayan tenido fiebre, están muy dañados y llenos de pus. Será, pues, un poco antes de la muerte cuando se opera esa corrupción, pero aunque la hubiera precedido, no indica que sea la causa de la fiebre. Tan sólo queda por tener en cuenta las lesiones de las glándulas, que se observan siempre en los cadáveres de los febricitantes.⁴¹⁷

El resultado de las observaciones del sabio e ingenioso Wharton y de otros autores, fue el comprobar que en cada una de las glándulas de los animales se ramifican los nervios, las arterias, las venas y los vasos linfáticos, emitiendo numerosas raíces lo mismo que un árbol. En algunas aparecen

⁴¹⁵ *Ibidem.*

⁴¹⁶ "... cum exonerari nequeant, extrincta respiratione". *Ibidem.*

⁴¹⁷ *Ibidem.*

manifiestamente conductos y canales excretores (“canales expurgatorii”),⁴¹⁸ como son los canales salivares y los conductos pancreáticos. Así pues, resulta de esta estructura que las glándulas son lugares donde se operan cambios importantes.⁴¹⁹ ¿Pero cuáles son estos cambios? Puede ser que la sangre arterial sea despojada en estas glándulas de algunas impurezas y humores serosos que son recogidos por los vasos excretores. Pero si esto es así, ¿qué significado tiene las ramificaciones nerviosas, siendo así que las glándulas no ejercen ningún movimiento ni experimentan ninguna sensación? Es preciso, pues, que en las glándulas, las raíces nerviosas, o reciban alguna cosa de las arterias o que los nervios arrojen algo en los vasos destinados a la recepción, tales como las venas; o en los vasos destinados a la excreción como los conductos salivares. No parece probable que los nervios reciban en las glándulas sangre de las arterias, puesto que las arterias afiriendo en gran número al cerebro pueden, con gran rapidez, abastecerle de sangre.⁴²⁰ Mientras que, por el contrario, sería dicífil el forzar a los nervios a mendigar (“mendicare”) sangre de las glándulas. Parece más probable que un cierto jugo llegue desde los nervios a la glándulas, jugo de una naturaleza especial, determinado según la figura y capacidad de los orificios de los nervios (“..., et determinatae naturae pro varia ostidorum nervorum figura, et capacitate”).⁴²¹ Dicho jugo, mezclado después con las partículas aportadas por la sangre

⁴¹⁸ *Ibidem.*

⁴¹⁹ *Ibidem.* El texto latín dice: “..., glandulas esse totidem officinas, in quibus insigne aliquod perficitur, elaboraturque”. DAREMBERG, op. cit., p. 761, traduce por “officinas” por “officines”. En realidad, la equivalencia al francés no es muy precisa, sólo que, por respetar el texto latino hace dicha traducción. Nosotros seguimos la pauta marcada por Daremberg, aunque queremos indicar que el significado de “officinas” en el contexto equivaldría al de laboratorio o lugar donde se producen cambios físicos y químicos.

⁴²⁰ Lo que indica Borelli, es que para la formación del “succus nerveus” hace falta mucha más sangre de la que puede conseguir el nervio en las glándulas. De ahí que, en la frase siguiente emplee “mendicare” para indicar la sangre que podría obtenerse.

⁴²¹ BORELLI, op. cit., pars II, cap. XXI, prop. CCXXVII.

arterial, se transformarán en aptas para operar alguna acción en diversas partes del animal, como en la boca, esófago, estómago, intestino y otras para la fermentación y la digestión de los alimentos. Después, vuelve a tomar sus funciones propias, es decir, la nutrición y la vivificación de las partes animales.

Es posible, que este jugo destinado a ser arrojado por los nervios y depositado en las glándulas, sea retenido accidentalmente en este mismo nervio, ya que, por ejemplo, los conductos y los orificios de las ramillas nerviosas que terminan en las glándulas se encuentren obstruidos por una plétora o por un gluten contenido en ellos. Este jugo retenido en los nervios, por una especie de fermentación, puede transformarse en nocivo para el animal. Este fenómeno no es nuevo. Se sabe que el semen genital, destinado en un animal bien constituido a ser expulsado para la generación, si es retenido mucho tiempo se corrompe, siendo causa de perjuicio. Es evidente, que el cerebro puede ser afectado de irritación y conmoción,⁴²² y esta conmoción desordenada de los espíritus o jugo nervioso puede propagarse por los nervios hasta el corazón.

Lo mismo ocurre en las glándulas y las raíces de sus ramas nerviosas cuando están obstruidas e irritadas; el jugo nervioso, entra entonces en fermentación. La causa de la fermentación, es la retención violenta de las partes que debían ser separadas de los nervios o la existencia de sustancias impuras, las cuales, producen la interperancia de los espíritus. Esto excita la incandescencia febril que se manifiesta más o menos rápidamente, ya que los desórdenes de obstrucción y fermentación se producen con distinto ritmo en las glándulas, el jugo nervioso y los nervios.⁴²³

En definitiva, podemos concluir, que expuestas las cosas de la forma que lo hemos hecho, se corre el peligro de olvidar

⁴²² DAREMBERG, op. cit., p. 762; hace notar que el texto lleva "communicatio" pero del contexto se deduce que su significado es "conmotio": "Et his omnibus caussis manifestum est, irritatione, vel communicatione quadam affici cerebrum posse...", BORELLI, *Ibidem*.

⁴²³ BORELLI, op. cit., pars II, cap. XXI, propos. CXXVIII y CXXIX.

los factores que determinaban las hipótesis científicas en aquellos momentos históricos. Ya hemos visto que la hipótesis de la contracción muscular en la fisiología boreliana, es perfectamente coherente con los principios metodológicos y teóricos ya analizados. Por otra parte, el vadear problemas no reductibles a la experimentación y a la observación, pero el montar hipótesis de alto alcance, sustentadas fundamentalmente en la teoría, no deja de ser una actitud moderna, dado el nuevo concepto de teoría científica.

BORELLI Y LA IATROMECHANICA EN ITALIA

Intentamos ofrecer en este capítulo, una visión global del papel de la obra boreliana entre aquellos italianos que postularon teorías mecánicas en medicina. Ciertamente que lo que vamos a decir aquí, es más una hipótesis de trabajo que algo ampliamente verificado. Para poder elevar nuestras afirmaciones a la categoría de hipótesis científica, necesitaríamos un estudio más detenido de todos los iatromecánicos y sus obras respectivas. Sin embargo, creemos que el presente capítulo puede resultar de cierto interés, ya que con él intentamos evitar lo que Paul de Gaudemar, en su artículo "Evénement structure, histoire",⁴²⁴ ha llamado "el peligro de olvidar la dialéctica que se instituye también entre los acontecimientos vividos por tal hombre y la historia que se organiza en el nivel de las civilizaciones...".⁴²⁵ Hemos ejemplificado en Borelli la introducción de la moderna metodología en el estudio de los fenómenos biológicos y lo que intentamos ahora es encuadrar todo esto en la evolución posterior de las doctrinas iatromecánicas, con el fin de señalar un proceso que no dudamos en calificar de retroceso en el rigor metodológico. Sin embargo, como ya hemos comentado, en nuestra revisión historiográfica no hemos encontrado ninguna alusión a este hecho.

Sprengel (1792-1802), al señalar las causas que favorecen la aparición de la escuela iatromecánica, es el primero en

⁴²⁴ GAUDEMAR, P. DE: Evénement, structure, Histoire. Limites du rôle de la pensée formelle dans les sciences de l'homme. A propos de l'étude de G. Granger: "Evénement et structure dans les sciences de l'homme. *Cahiers de l'Institut de Science. Economique appliquée*. S. M., n.º 6. Paris, 1959.

⁴²⁵ *Idem*.

valorar de forma desmesurada el papel desempeñado por Descartes en el origen de tales doctrinas.⁴²⁶ En realidad, todos intuyen que algo pasa entre los discípulos de Galileo y los seguidores de Cartesio. Dareberg, llega a decir que aquellos “n’ont meme ressenti que tres-indirectement l’influence du *Discours de la méthode*,”⁴²⁷ sin embargo, nadie se preocupó de ir más allá de estas afirmaciones. Dada la ausencia de espíritu crítico en muchos casos, y el poco interés por las fuentes, queda acuñada la filosofía cartesiana como el fundamento teórico primordial de los médicos defensores de las doctrinas mecánicas. Desde luego que, tanto la filosofía de Descartes como la obra de Harvey, tuvieron una gran importancia en la constitución de tales doctrinas, pero Borelli valoró de forma distinta el significado de ambos científicos. Al método de Descartes lo calificó de “artificioso”,⁴²⁸ y en otro lugar, refiriéndose a la doctrina de la fiebre, afirma con energía:

sed contré hanc cartesianam imaginationem res ipsa clamar...⁴²⁹

En cambio, al comentar la forma con que Harvey demostró la circulación mayor dice él:

nuper mortalibus tanta evidentia demonstratum, ut nemo supersit, qui de ejus veritate adhuc dubitet.⁴³⁰

Es evidente la admiración que sentía nuestro hombre por el descubridor de la circulación mayor y la indiferencia, incluso desdén, con que consideraba, como científico, la obra de Cartesio. Como vemos pues, los trabajos de Borelli se insertan en una línea puramente galileana y totalmente al margen del pensamiento filosófico cartesiano. El método empleado por nuestro hombre en el estudio de los problemas fisiológicos, estuvo en cambio mucho más cerca del concepto baconiano

⁴²⁶ SPRENGEL, K.: *Histoire de la Médecine*, vol. V, pp. 132-134.

⁴²⁷ DAREMBERG, op. cit., p. 705.

⁴²⁸ *Ibidem*.

⁴²⁹ BORELLI, op. cit., pars II, LXXI.

⁴³⁰ *Idem*, prop. XXX.

de medicina que tanto impacto causó en el pensamiento de Malpighi: "medicina autem in filosofia non fundata, res infirmata est."⁴³¹

Otra razón de desenfoco histórico lo constituye la confusión de las elucubraciones posteriores de los sistemas iatromecánicos con la metodología aplicada por Borelli, llegando a concluir que tales deformaciones ocurrieron por emplear en el estudio de los fenómenos biológicos lo que sólo era utilizable en la investigación de procesos no vitales.⁴³² Una revisión de la actitud de Borelli frente al hecho biológico, derrumba totalmente estas generalizaciones carentes de la más mínima fundamentación. Cuando se trasladó a Pisa, ya gozaba de cierto prestigio como biólogo, y gran parte de las experiencias montadas en aquella ciudad, lo fueron a instancias de nuestro hombre, que en aquellos momentos estaba preocupado en el estudio del movimiento animal desde una nueva metodología, pero sin presuponer ningún postulado filosófico en cuanto al último significado del fenómeno biológico. Desde 1662 que anduvo preocupado por este tema, y el deseo que expresa por conocer la obra de Charleton, es una prueba de que ya iba almacenando materiales para su obra capital.⁴³³ Un año después, al enterarse que un tal "signor Petito" había publicado un libro titulado *De motu animalium* aumentó su impaciencia, y en una carta a Magliabechi demuestra premura por saber si su autor era un anatómico o matemático, cartesiano o seguidor de Harvey.⁴³⁴ Las dos preguntas que formula Borelli en su carta a Magliabechi, son extraordinariamente significativas para lo que venimos comentando.

Su postura ante el fenómeno de la vida es mecanicista en el sentido de que afirma una regularidad de sus movimientos sujetos a las leyes físicas, que por otra parte, como científico moderno, es lo que le interesa por ser el único movimiento cuantificable. Otra cosa es su actitud ante los problemas médicos. En realidad dista mucho de la que cabe esperar de

⁴³¹ MALPIGHI: *Opera Posthuma*, p. 262.

⁴³² RADL, E.: *Historia de las teorías biológicas*. Vol. I. Madrid, 1931.

⁴³³ DEL GAIZO: *Contributo etc.*, pp. 20-21.

⁴³⁴ *Idem*, p. 24.

un práctico de la medicina: él era un científico puro, es más, no era médico. De ahí que, muchos caminos indicados en su obra se perdieran en el olvido al formarse la escuela iatro-mecánica por personas interesadas en solucionar los problemas pragmáticos de la enfermedad. El primer médico seguidor de las doctrinas de Borelli, Malpighi, ya se encontró con este problema y tuvo que dicotomizar su postura en dos vertientes: la praxis y la doctrina. Nuestro autor no siente la necesidad de esta división por no vivir los problemas planteados por la salud y la enfermedad.⁴³⁵ Su deseo se limitó, fundamentalmente, a construir en biología un cuerpo de doctrina científico que a su vez ratificara la validez universal del método moderno. De ahí, el hecho apuntado por Lain, de que en la obra de Borelli no son frecuentes los datos patológicos y terapéuticos.⁴³⁶

Tradicionalmente se viene repitiendo hasta la saciedad, que el método utilizado por Giovanni Alfonso Borelli fue el matemático. Ya digimos que, con Galileo, lo que se entendía por método matemático adquiriría una significación que sobrepasaba el que las mismas palabras tuvieron para Leonardo da Vinci y Nicolás de Cusa. En nuestro autor, al aplicar las matemáticas al estudio de los fenómenos biológicos, lo único que interesaba era expresar dichos fenómenos con el lenguaje más correcto para un moderno: el matemático. A la vez, partía del supuesto de que la matematización de una ciencia era el paso necesario para que la tal ciencia adquiriera solidez en

⁴³⁵ Sin embargo Malpighi, a pesar de la división que tuvo que mantener, fue un riguroso científico, atendiéndose en todo momento a las exigencias de su método, en el que pesa más el empirismo de Bacon de lo que esta misma filosofía pudo haber influido en Borelli. En el "Praefacio de la *Opera posthuma*, se comenta con singular agudeza esta actitud:

"... et medicum sensatum anatomicum, neque ad cartesianas abstractiones, neque ad helmontianas subtilitates declinasse..."

⁴³⁶ LAÍN: *Historia de la Medicina Moderna y Contemporánea*, p. 202. La misma diferencia entre Borelli, científico puro, y el clínico Boerhaave, hace notar E. DE CAPRARIIS en su artículo: Considerazioni sulle vedute neurofisiologiche di Hermann Boerhaave. *Acta. Med. Hist. Pat.*, 16, 89-98 (1969-70).

sus leyes y teorías. El problema de Borelli, comenzó al comprobar que el objeto de la biología no era tan fácil de expresar matemáticamente como lo pudo ser la mecánica celeste y terrestre, por ello, se vio necesitado de introducir elementos ajenos a una visión estrictamente física del movimiento animal. Bellini (1647-1704), el discípulo preferido de Borelli, también hace concesiones a la iatroquímica, pero lo fundamental en la patología de la inflamación y de la fiebre, es un trastorno mecánico en el movimiento de la sangre (estancamiento o congestión) secundarios a presuntas anomalías de el roce del líquido circulante con la pared del vaso; conceptos totalmente borelianos. Ahora bien, ya entre Borelli y Bellini, cabe notar alguna diferencia: la introducción de conceptos químicos en la obra del primero, tiene una relevancia y homogeneidad que supera en muchas ocasiones la mera concesión.⁴³⁷ Un ejemplo evidente, lo constituye la carta que el 20 de septiembre de 1659 le escribió Borelli a Malpighi sobre la posible forma de actuar los purgantes.⁴³⁸ Es muy significativo, que junto a opiniones puramente iatromecánicas, esgrima razones químicas como fermentación y neutralización de la “acredine” del purgante por “altri humori lenificanti”.⁴³⁹ El párrafo final de esta epístola es, a nuestro parecer, de una significación definitiva en este sentido: “Quest’ operatione com’ ella vede; sarebe possibile; se poi la Natura se serve, io nonnardirei pronunciarlo, patendo ella in molte maniere conseguire i suoi fine”.⁴⁴⁰ Borelli parece indicar con esto, que la diferencia entre los conocimientos físico y químico estriba, fundamentalmente, en que el hombre no sabe todavía el proceso “matemático”

⁴³⁷ CASTELLANI: Appunti per uno studio della generazione secondo il pensiero di due italiani, etc., p. 3; hace notar el origen químico del concepto de “fermentación”, siendo Borelli un iatromecánico convencido. Lo mismo indica LAÍN, op. cit., pp. 198 y 202. Incluso SPRENGEL, op. cit., p. 142, se refiere a que Bellini, al seguir los pasos de su maestro, se sirve de la teoría de la fermentación. A pesar de todo esto, nadie se pregunta por qué Borelli siente la necesidad de incorporar conceptos iatroquímicos a su doctrina iatromecánica.

⁴³⁸ MALPIGHI, op. cit., p. 3.

⁴³⁹ *Ibidem.*

⁴⁴⁰ *Ibidem.*

que siguen los fenómenos químicos, es decir, la forma en que la naturaleza consigue "i suo fini" en este tipo de cambios. Nuestro autor había estudiado en la *Accademia* algunos elementos químicos,⁴⁴¹ pero de todas formas, sus conocimientos en este sentido debieron de ser muy escasos por lo que se trasluce de la lectura de sus obras.⁴⁴²

Progresivamente, las actitudes van radicalizándose y con Giorgio Baglivi, la distinción entre teoría y praxis ya es casi total.⁴⁴³ En aquélla, defendía la iatromecánica con algunos elementos de la química poco coherentes, pero en la práctica médica, es partidario de un hipocratismo que desborda la doctrina en la concreta realidad.

La filosofía de Descartes tiene gran aceptación en Italia desde 1693. Comienza su favor en Nápoles y desde allí se difunde al resto de la península. Este hecho, colaboró en gran manera a que las pautas metodológicas, y la obra misma de Borelli; perdieran influencia en la escuela iatromecánica. Hasta tal punto, que cuando Donzellini estudia la introducción de las matemáticas en medicina, se remonta a Descartes.⁴⁴⁴ Domenico Guilielmini (1655-1719),⁴⁴⁵ en su construcción doctrinal, sigue dando una importancia a la doctrina cartesiana que influirá en no escasa medida en la pérdida de la tradición galileana representada por Borelli.

Las elucubraciones de la escuela italiana, fueron debidas en gran parte a la introducción de principios cartesianos en

⁴⁴¹ TARGIONI-TOZZETI, G. (editor): *Atti e Memorie inedite dell' Accademia del Cimento, etc.*, vol. I, p. 169 y vol. II, p. 290; se relata una carta de Borelli a Viviani en la que se le informa que al estudiar en la *Accademia* los residuos del organismo animal, estudiaron el fósforo y la forma de prepararlo.

⁴⁴² Fundamentalmente, los conceptos iatroquímicos utilizados por Borelli, proceden de la obra de Willis.

⁴⁴³ SPRENGEL, op. cit., p. 144. Para un estudio completo de Baglivi. JIMÉNEZ GIRONA, J.: *La medicina de Baglivo*. *Arch. Iber. Hist. Med. Antrop. Med.*, 6, 427-591 (1954).

⁴⁴⁴ DONZELLINI: *De usu mathematicum in arte medica*. En: *Guilielmini, Opera*. Vol. II, p. 516 y sic. Genevai, 1719.

⁴⁴⁵ Guilielmini, nació en 1655 en Bolonia, fue uno de los discípulos de Malpighi llegando a ser profesor de Padua. Sus teorías son una mezcla de cartesianismo y iatromecánica boreliana.

un método que intentaba ser fundamentalmente experimental. fundamentalmente con Boerhaave (1668-1738), puede considerarse en alguna medida como un retorno a los planteamientos metodológicos de Borelli. Boerhaave, sentía verdadera admiración por nuestro autor, y recomienda con insistencia a todos los médicos la lectura del *De motu animalium*.⁴⁴⁶

⁴⁴⁶ NORDENSKIOLD: *Biologins Historia*, p. 184.

PRODUCCIÓN BIBLIOGRÁFICA DE BORELLI

Podemos dividir en dos apartados generales toda la producción bibliográfica boreliana: los escritos médicos y biológicos, y otro tipo de trabajos de muy variados aspectos. La simple relación cronológica de sus trabajos y la frecuencia de sus ediciones, son un claro exponente de las preocupaciones de Borelli en cada momento, a la vez que de su actitud polifacética y de los abatares posteriores de su obra.

A. ESCRITOS BIOLÓGICOS Y MÉDICOS

Es sorprendente, en principio, que una de las primeras publicaciones de Borelli, profesor de matemáticas en Sicilia, sea un texto médico. Pero no es todo, sino que tan relevante como este hecho, está el que casi la mitad de la producción científica de Borelli, trate de temas médicos o biológicos. Veamos cuáles fueron y cuántas sus ediciones, lo que nos servirá, en parte, para medir la trascendencia histórica de sus trabajos.

1. *Le cagioni delle febbri maligne di Sicilia*. Napoles, 1647, 1648; Consenza, 1649; Pisa, 1658. Donde estudia las causas de la fiebre maligna que padeció Sicilia en 1647. Es la obra más editada de Borelli, después del *De motu animalium*.
2. *De renum usu iudicium*, incorporado al tratado de Bellini *De structura renum*. Strasburgo, 1664.
3. *De vi percussionis liber*. Bolonia, 1667.
4. "Osservazione intorno alle virtù ineguali degli occhi". Este trabajo está inserto en *Giornali de Letterati*. Roma, 1669,

pág. 11. Fue traducido al francés e incorporado al tomo X de las *Mém. de l'Acad. des Sciences*. Borelli defiende en este trabajo, que el ojo izquierdo ve habitualmente los objetos más grandes y con mayor claridad que el derecho.

5. *De motionibus naturalibus à gravitate pendentibus liber*. Regio, 1670; Bolonia, 1670 y 1672. Esta obra, junto con el *De vi percussionis*, son una especie de introducción a su obra capital. Fueron reimpresas juntas en 1686 en Leyden, con el título: *Tractatus duplex, de vi percusionis, et de motionibus naturalibus a gravitate pendentibus; ad intelligentiam operis de motu animalium opprime necessarius; cum ejusdem responsionibus ad Stephani de Angelis animadversiones in librum de vi percusionis. Editio prima Belgica, priori Italica multo correctior et auctior*.
6. *De motu animalium pars prima, in qua copiose discrepatur de motionibus conspicuis animalium, nempe de externarum partium et artuum flectionibus, extensionibus, et tandem de gressu, volatu, natatu, et ejus anexis*. Roma, 1680.
7. *De motu animalium pars altera in qua de causis motus musculorum, et motionibus internis atque humorum qui per vasa et viscera animalium sunt*. Roma, 1681. Posteriormente, se reimprimen juntas las dos partes: Leyden, 1685 y 1711; Nápoles, 1734 en 2 vols.; La Haya, 1743. Manget las incorpora a su *Bibliot. anat.* en el tomo II, pág. 812.

La primera edición fue realizada bajo los auspicios de la reina Cristina de Suecia (1626-1689) y con la dirección de Carolo Jo. a Jesús, prepósito general de las Escuelas Pías. La publicada en Nápoles en 1734, está compuesta de dos volúmenes. El primero comprende la "pars prima"; el segundo, además de la "pars secunda", incluye la *Dissertationibus phisicomechanicis de motu musculorum, et effervescentia, et fermentatione* de Joh. Bernoulli. La única diferencia con las anteriores, consiste, en la inclusión del opúsculo de Bernoulli como complemento a los estudios de Borelli, y la dirección, que en este caso

corrió a cargo de Bernardini Gessari quien dedica la edición a Francisci Buonocore, protomédico del Reino de Nápoles.

La obra *De motu animalium*, fue dividida pues, por su propio autor, en dos libros complementarios pero distintos de contenido. El primero, consta de XXIII capítulos y doscientas veinticuatro proposiciones. Todo es está dedicado a lo que el autor llama movimiento externo o visible. El segundo libro, contiene XXI capítulos y doscientas treinta y tres proposiciones. Estudia el movimiento interno (la circulación, el movimiento respiratorio, la fisiología renal, nerviosa, digestiva, etc.). Además de explicar las causas del movimiento externo como resultante de una compleja fisiología muscular basada en una hipótesis químico-mecánica. El libro propiamente médico es el segundo. Mientras que en el primero, además de estudiar el movimiento en el aparato esquelético humano, analiza la marcha y el salto en los animales cuadrúpedos, el vuelo en las aves, y la natación en los peces.

8. "De structura nervi optici", publicado en la *Opera posthumas* de Malpighi. Amsterdam, 1698.

B. ESCRITOS NO MÉDICOS

El encabezamiento de este apartado no presupone en ningún momento que Borelli mantuviera una actividad primordial de biólogo y sólo en alguna ocasión dedicara su atención a cuestiones de índole matemática, física o astronómica. Las aportaciones al saber matemático fueron importantes. Sin embargo, la mayoría de los historiadores de la ciencia parecen coincidir en que la obra trascendental de Borelli son sus estudios astronómicos. Ahora bien, el interés de nuestro autor por comprobar la validez de su método a todos los niveles del saber, le lleva a una serie de trabajos muy variados. Veamos cuáles fueron:

1. *Discorso... nel quale si manifestano le falsità e gli errori contenuti nell'adifesa del problema geometrico risoluto del R. D. Pietro Emmanuele*. Messina, 1646.
2. *Euclides restitutus, seu prisca geometricae elementa facili sucontexta*. Pisa, 1658; Roma, 1679.
3. *Apollonii Pergaei conicorum, libri V, VI et VII. Paraphraste Abalphato asphahanensi nunc assumptorum liber, ex codicibus arabicis manuscripti Ser. D. Estruriae. Abrahamus Echellensis maronita latinas reddidit. Joannis Alphonsus Borellus in Pisano Academia Matheseos professor curam in geometricis versioni contulit; et notas ulteriores in universum opus adjecit*. Florencia, 1161; Amberes, 1665.
4. *Euclides rinnovato*. Bologna, 1663.
5. *Lettera del movimento della cometa oppersa il mese di dicembre de 1664*. Pisa, 1665. Esta carta de Borelli la publicó con el pseudónimo de Piermaria Mutoli.
6. *Theoricae mediceorum planetarum ex causis physicis deductae*. Florencia, 1666. Auténtico prólogo de la ley de Newton al aplicar al sistema de Júpiter la acción de las fuerzas centrífugas.
7. *Risposta... alle considerazioni fatte sopra alcuni luoghi del sui libro della forza della percossa del R. P. F. Stefano de gl'Angeli*. Messina, 1668.
8. *Metereologia Aetnae, sive historia et metereologia incendii Aetnaei, anno 1669*. Pisa, 1669. Reimpreso junto al *Accessit responsio ad censuras R. P. Honorati Fabri contra suum librum de vi percussiois*. Regio, 1670.
9. "Osservazione dell' Eclisi Lunare fatta in Roma la sera dei 11 gennaio 1675". Nota inserta en el *Giornale de' Letterati*. Roma, 1675.
10. *Elementa conica Apollonii Pergaei, et Archimedis opera, nova et breviori methodo demonstrata a Jo. Aph. Borelli*. Roma, 1679.
11. "Discorso sopra la laguna di Venezia. Relazione sopra lo stagno di Pisa. Suplemento de aggiungersi alla proposizione seconda del secondo libro de P. Castelli ecc.",

Raccolta d'autori che trattano del moto dell' acqua., IV, 15-63. Florencia, 1765.

Deberíamos incluir aquí dos de las obras citadas en el apartado anterior: *De vi percussionis* y *De motionibus naturalibus*. Se trata de dos obritas destinadas a sendos estudios mecánicos, pero la intención del autor y su posterior utilización nos obliga a considerarlas fundamentales en sus investigaciones biológicas. Mecánica y movimiento animal son difíciles de separar hasta en una ordenación sistemática de la producción científica de Borelli.

BIBLIOGRAFÍA

Incluimos en este apartado todas las referencias bibliográficas completas de los trabajos que en algún sentido se relacionan con la vida y obra de Borelli, y de todos aquellos a los que hemos aludido en el texto. Ello no quiere decir que hayamos agotado la bibliografía sobre nuestro autor, pero sí creemos haber recogido las publicaciones más interesantes.

También hemos incluido una serie de trabajos que pueden ayudar al lector a una mayor comprensión del momento histórico que estudiamos, y a contrastar, en cierta forma, nuestros resultados.

De todos modos, y como suele ocurrir en toda investigación, el valor de la presente bibliografía tiene un significado efímero, muy en función con el interés que el tema pueda despertar en los grupos más vivos de la investigación historicomédica.

ACADEMIA *del Cimento*. *Essays of Natural Experiments made in the Academia del Cimento*. A facsimil of the 1864 ed. with introd. by A. Rupert Hall. 1964.

ADELMANN, H. B.: *La prima epistola di Marcelo Malpighi sui polmoni: la sua base sperimentale e l'influenza de Giovanni Alfonso Borelli sulla sua produzione. Simposio sul metodo sperimentale in Biologia da Antonio Vallisneri ad oggi*, Padua, 1961.

ADELMANN, H. B.: *Marcello Malpighi of embryology*. 5 vols. Ithaca, New York, 1966.

AMABILE, L.: *Fra Tomaso Campanella ne'castelli di Napoli, in Roma ed in Parigi*. 2 vols. Napoli, 1887.

ARMITAGE, A.: "Borelli's Hypothesis" and the Rise of Celestial Mechanics. *Annals of Science*, 6, 28-828 (1950).

ARENAPRIMO DI MONTECHIARO, G.: Gio. Alfonso Borelli a Marcello Malpighi. *Studi di medicina legale e varii... in onore de Giuseppe Ziino*. Messina, 1907, pp. 467-475.

- ASTI VERA, A.: *Metodología de la investigación*. Buenos Aires, 1968.
- BADALONI, N.: *Introduzione a G. B. Vico*. Milan, 1961.
- BALLAUFF, T.: *Die Wissenschaft vom Leben*. 2 vols. München, 1954.
- BARACH, J. H.: Entelechy and Scientific Determinism in Medicine. *Annals Med. Hist.*, 4, s. II, 474-486 (1932).
- BARBENSI, G.: Di una diversa soluzione di un problema di meccanica muscolare da parte di due medici matematici. *Riv. stor. scien. med. nat.*, 29, 168-180, Siena (1938).
- BARBENSI, G.: *Borelli. Collana di vita di medici e naturalisti celebri*. Trieste, 1947.
- BARDUZZI, D.: Del metodo galileano nelle scienze mediche. *Atti. Soc. Prog. Scien.*, 8, Siena, 1914.
- BAUMGARTNER, L.: Leonardo da Vinci as a Physiologist. *Annals Med. Hist.*, s. II, 4, 155-186 (1932).
- BAUMANN, E. D.: An Antique Physiological Problem. *Annals Med. Hist.*, s. II, 3, 21 (1931).
- BAYON, H. P.: The significance of the demonstration of the Harveian circulation by experimental tests. *Isis.*, 33, 443-53 (1941).
- BEAUGRAND, E.: Borelli, G. A. En Dechambre: *Dictionnaire encyclopédique des Sciences Médicales*. s. I., vol. 10. Paris, 1874, pp. 94-95.
- BELLONI, L.: Schemi e modelli della machina vivente nel seicento con ristampa della lettera di R. Magiotti "Renitenza certissima dell'acqua alla compressione" (Il "diavoletto di Descartes"). *Physis*, 5, 259-298 (1963).
- BELLONI, L.: Severinus als Vorläufer Malpighi. *Nova Acta Leopoldina*, 27, n.º 167, 13-224 (1963).
- BELLONI, L.: Auf dem Wegen zur Elementardrüse als Sekretionsmaschine. Forschungen des Kreises um Borelli (Auberius, Bellini-Zambecarri, Malpighi), *Sudhoffs Arch.*, 7, 11-29 (1966).
- BELLONI, L.: La neuroanatomia di Marcello Malpighi. *Physis*, 8, 253-266 (1966).
- BELLONI, L.: La neurosecrezione Malpighiana. *Atti XXII Congr. Naz. Stor. Med. Firenze*, 1966, Roma, 1967, pp. 281-286.

- BELLONI, L.: Dal Borelli al Malpighi. *Simposi Clinici*, 4, XVII-XXIV (1967).
- BELLONI, L.: Die Entstehungsgeschichte der mikroskopischen Anatomie. En: *Frühe Anatomie; eine Anthologie*. Stuttgart, 1967, pp. 269-292.
- BELLONI, L.: Die Neuroanatomie von Marcello Malpighi. En G. Scherz (ed.): *Steno and Brain Research in the seventeenth Century*. Oxford, 1968, pp. 193-206.
- BELLONI, L.: On the Discovery of the "Rete Malpighii" in Tongue and Skin. *Arch. Dermat.*, 97, 101-109 (1968).
- BELLONI, L.: Il Primo Ventennio della Microscopia (Galilei 1610 - Harvey 1628). Dalla Microscopia alla Anatomia Microscopica dell' Insetto. *Clio Med.*, 4, 179-190 (1969).
- BELLONI, L.: The Repetitions of Experiments and Observations: Its Value in Studying the History of Medicine (and Science). *J. Hist. Med.*, 25, 158-167 (1970).
- BELLONI, L.: La dottrina della circolazione del sangue a la Scuola Galileiana. *Gesnerus*, 28, 7-34 (1971).
- BELLONI, L.: De la théorie atomistico-mécaniste à l'anatomie subtile (de Borelli à Malpighi) et de l'anatomie subtile à l'anatomie pathologique (de Malpighi à Morgagni). *Clio Med.*, 6, 99-107 (1971).
- BERNOULLI, J.: *Opera Omnia*. Lausanae, 1742.
- BLAINVILLE, M. H. DE.: *Histoire des sciences de l'organisation*. 2 vols., Paris, 1858.
- BLASIUS, W.: Erkenntnistheoretische und metodologische Grundlagen der Physiologie. *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*. München, 1962.
- BOCHENSKI, I. M.: *Die zeitgnossischen Denkmethode*. Trad. castellana. Madrid, 1958.
- BOERHAAVE, H.: *Oratio de usu ratiociniorum mechanicorum in medicina*. Leidae, 1703.
- BONOLA, R.: *Geometrias no euclidianas*. Trad. castellana. Buenos Aires, 1951.
- BONORA, F.: Il contributo di G. A. Borelli alla conquista del mondo sommerso. *Congr. Naz. Stor. Med. XX. Roma, 1964. Atti*, Roma, 1964, pp. 254-68.

- BRENDEL, J. G.: *Praemissis quibusdam ad J. A. Borelli "De motu animalium, etc."*. Goettingae, 1747.
- BUNGE, M.: Technology as Applied Science. *Tech. Cul.*, 7, 329-347 (1966).
- BUNGE, M.: *Scientific Research*. Trad. castellana. Barcelona, 1969.
- BUSACCHI, V.; MURATORI, V.: Giovanni Alfonso Borelli e lo Studio di Bologna. *Bull. Sci. Med. (Bologna)*, 136, 86-90 (1964).
- CANTANI, A.: Borelli, Alfonso. En Gurlt, E. et al.: *Biographisches Lexikon der hervorragenden Aerzte aller Zeiten und Völker*. Berlin-Wien, 1929, pp. 636-638.
- CAPPARONI, P.: Sulla patria di G. A. Borelli. *Riv. Stor. sci. med. nat.*, 22, 53-63 (1931).
- CAPRARIIS, E. DE.: Considerazioni sulle vedute neurofisiologiche di Hermann Boerhaave. *Acta Med. Hist. Pat.*, 16, 89-98 (1969-70).
- CAPRARIIS, E. DE.: Spunti di neurofisiologia nel "De motu animalium" di Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679). *Acta Med. Hist. Pat.*, 16, 101-126 (1969-70).
- CASTELLANI, C.: Un grande filosofo poco conosciuto, Giovanni Alfonso Borelli. *Giard. Esculap.*, 29, 41-58 (1960).
- CASTELLANI, C.: Appunti per uno studio della generazione secondo il pensiero di due italiani: Borelli e Malpighi. *Atti Accad. Stor. Arte Sanit.*, s. II A, 28, 167-175 (1962).
- CASTELLANI, S.: Appunti per uno studio sulla scoperta delle "ova viviparum" e degli spermatozoide e sui primi sviluppi di essa. *Atti Accad. Stor. Arte Sanit.*, s. II, 28, n.º 3 (1962).
- CASTELLANI, C.: Intuizioni endocrinologiche nelle opere di alcuni autori italiani del seicento. *Castalia*, 18, 1-4 (1962).
- CASTIGLIONI, A.: *Storia della medicina*. Trad. castellana. Barcelona, 1941.
- COHEN, H.: Harvey and the scientific method. *B. M. J.*, 2, 1405-10 (1950).
- COHN, A. E.: The development of the Harveian circulation. *Annals Med. Hist.*, s. II, 1, 16-36 (1929).
- CROCE, B.: *Storia della Etá Barroca in Italia*. Bari, 1946.
- CROMBIE, A. C.: *Agustine to Galileo*. Trad. francesa, 2 vols. Paris, 1959.

- DAREMBERG, CH.: *Histoire des Sciences médicales*. 2 vols. Paris, 1870.
- DEBUS, ALLEN, G.: Harvey and Fludd: The Irrational Factor in the Rational Science of the Seventeenth Century. *J. Hist. Biol.*, 3, 81-106 (1970).
- DERENZINI, T.: Giovanni Alfonso Borelli, fisico. *Celebrazione dell'Accademia del Cimento nel tricentenario della fondazione (19 Giugno 1957)*. Pisa, 1958, pp. 35-52.
- DERENZINI, T.: Alcune lettere di Borelli ad A. Marchetti. *Physis*, 1, 224-243 (1959).
- DERENZINI, T.: Alcune lettere di Giovanni Alfonso Borelli a Gian Domenico Cassini. *Physis*, 2, 235-241 (1960).
- DEZEIMERIS, O.; RAIGE-DELORME.: *Dictionnaire Historique de la Médecine*. Paris, 1828.
- DIEPGEN, P.: *Historia de la Medicina*. Trad. castellana. Barcelona, 1932.
- DOW, R. S.: Thomas Willis (1621-1675) as a Comparative Neurologist. *Annals Med. Hist.*, s. III, 2, 181-194 (1940).
- ELKANA, Y.; GOODFIELD, J.: Harvey and the problem of the "capillaries". *Isis*, 59, 61-73 (1968).
- FABRONI, A.: *Lettere inedite di uomini illustri*. 2 vols. Florencia, 1773-1775.
- FABRONI, A.: *Vitae Italorum doctrina excellentium qui saeculis XVII et XVIII floruerunt*. Vol. II. Pisis, 1778, pp. 222-324.
- FABRONI, A.: *Historia Academiae Pisanae*. Pisis, 1795.
- FAHIE, J. J.: *Galileo, his life and work*. London, 1903.
- FAV, G.: Borelli, Giovanni Alfonso. *Enciclopedia Italiana di scienze, lettere ed arti*. Vol. VIII. Milano-Roma, 1930, pp. 467.
- FORBES, R. J.: *Man the Maker. A History of Technology and Engineering*. Trad. castellana. México, 1958.
- FISCH, BOTH MAX H.: The Academy of the Investigators. *Science, Medicine and History: Essay ... in Honor of Charles Singer*. I. Oxford, 1953, pp. 521-563.
- FRANCESCHINI, P.: L'apparato motore nello studio di Borelli e di Stenone. *Riv. Stor. Scien. Med. Nat.*, 42, 1-15 (1951).

- FRANKLIN, K. J.: Valves in veins: an historical survey. *P. R. S. M.*, 21, 1-33 (1927-8).
- GAIZO, M. DEL.: *Studii di Giovanni Alfonso Borelli sulla pressione atmosferica, con note illustrative intorno alla vita ed alle opere di lui.* Napoli, 1886.
- GAIZO, M. DEL.: *Alcune lettere di Giovanni Alfonso Borelli, dirette una ad Malpighi, le altre al Magliabechi.* Napoli, 1886.
- GAIZO, M. DEL.: Contributo allo studio delle opere di G. Borelli. *Atti Accad. Pontaniana*, 20, 1-48. Napoli (1890).
- GAIZO, M. DEL.: Di un' antica indagine sul calore animale. *Atti Accad. Med. Chir. (Napoli)*, 49, 378-394 (1895).
- GAIZO, M. DEL.: Una lettera di G. A. Borelli ed alcune indagini di pneumatica da lui compiute. *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 21, 61-78 (1903).
- GAIZO, M. DEL.: Note di storia della vulcanologia. *Memoria n.º 5 Atti Accad. Pontaniana*, 36, Napoli (1906).
- GAIZO, M. DEL.: Quanche ricordo di Giovanni Alfonso Borelli in Firenze. *Studium: Rivista Universitaria mensile*, 2, 234-238 (1907).
- GAIZO, M. DEL.: Evangelista Torricelli e Giovanni Alfonso Borelli. Apunti raccolti nel compiersi il terzo secolo dalla loro nascita. *Rivista di fisica, matematica e scienze naturali*, 17, 385-402, Pavia (1908).
- GAIZO, M. DEL.: Di un' opera di G. A. Borelli sulla eruzione dell' Etna del 1669 e di Adriano Auzout corrispondente, in Roma, del Borelli. *Atti Accad. Med. Chir. (Napoli)*, 62, 147-169 (1908).
- GAIZO, M. DEL.: Giovanni Alfonso Borelli e la sua opera *De motu animalium*, discorso. *Atti Accad. Med. Chir. (Napoli)*, 62, 147-169 (1908).
- GAIZO, M. DEL.: Di alcuni legami tra E. Torricelli e G. A. Borelli. *Atti I riunione della società di storia scienze, mediche naturali.* Faenza, 1908, pp. 125-129.
- GAIZO, M. DEL.: L'opera scientifica di G. A. Borelli e la Scuola di Roma nel secolo XVII. *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 27, 275-307 (1909).

- GAIZO, M. DEL.: Il *De motu animalium* studiato in rapporto al *De motu cordis*. *Atti Accad. Med. Chir. (Napoli)*, 67, 195-227 (1914).
- GAIZO, M. DEL.: Ipotesi di antiche fisiologi specialmente di Giovanni Alfonso Borelli sulla esistensa del succo nervoso. *Atti Accad. Med. Chir. (Napoli)*. 69, 85-108 (1916).
- GAIZO, M. DEL.: Di una lettera inedita di G. A. Borelli diretta a M. Malpighi. *Atti Accad. Pontaniana (Napoli)*, 49, 29-40 (1919)
- GARCÍA BALLESTER, L.: *Alma y enfermedad en la obra de Galeno*. Valencia-Granada, 1972.
- GARCÍA BALLESTER, L.: *Galeno en la sociedad y en la ciencia de su tiempo*. Madrid, 1972.
- GARCÍA BALLESTER, L.; BALAGUER PERIGÜELL, E.: Del concepto de *dynamis* al de *fuerza* en el pensamiento fisiológico. *Episteme* (en prensa).
- GARIN, E.: *Der Italienischen Humanismus*. Berna, 1847.
- GARRISON, F.: *Historia de la Medicina*. Trad. castellana. Madrid, 1921.
- GAUDEMAR, P. DE.: Evénement, structure, histoire. Limites du rôle de la pensée formelle dans les sciences de l'homme. À propos de l'étude de G. Granger "Evénement et structure dans les sciences de l'homme". *Cahiers de l'Institut de Science Économique appliquée*. Serie M., n.º 6. Paris, 1959.
- G. A. BORELLI (1608-79) and E. Torricelli (1608-47). *Discovery*, 19, 314 (1958).
- GIOVANNI Alfonso Borelli (1608-79). *Nature*, 181, 235-6. London (1958).
- GIOVANNINOZZI, G.: La version borelliana dei *Conici* di Apollonio. *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 2, 1-32 (1916).
- GIOVANNINOZZI, G.: *Lettere inedite di Giovanni Alfonso Borelli al P. Angelo (Morelli) di S. Domenico sulla versione di Apollonio*. Florencia, 1916.
- GIOVANNINOZZI, G.: Carte Borelliane nell' Archivio Generale delle Scuole Pie a Roma. *Atti della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 72, 81-86 (1918-1919).
- GIOVANNINOZZI, G.: Una lettera di Famiano Michelini a Giovanni Alfonso Borei. *Atti della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 80, 315-319 (1926-1927).

- GIOVANNONZZI, G.: La patria de Gio. Alfonso Borelli. *Atti della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 79, 61-66 (1925-1926).
- GRMEK, M. D.: Reflexions sur des interprétations mécanistes de la vie dans la physiologie du XVII^e siècle. *Episteme*, 1, 45-60 (1967).
- HAESER, H.: *Lehrbuch der Geschichte der Medizin und der epidemischen Krankheiten*. Vol. II. Jena, 1881.
- HALL, T. S.: *Ideas of life and matter. Studies in the History of General physiology 600 B. C. - 1900 A. D.* 2 vols. Chicago-London, 1969.
- HALL, T. S.: Descartes' Physiological Method: Position, Principles, Examples. *J. Hist. Biol.*, 3, 53-80 (1970).
- HARRE, R.: *An Introduction to the Logic of the Sciences*. Trad. castellana. Barcelona, 1967.
- HEMMETER, J. C.: Leonardo da Vinci as a scientist. *Annals Med. Hist.*, s. I, 3, 26-44 (1921).
- HESSE, M. B.: *Models and analogies in science*. Wisconsin, 1966.
- HIERONS, R.; MEYER, A.: Willis's Place in the history of Muscle Phisiology. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 57, 687-692 (1964).
- HISTORIA *de la Medicina*. Vol. I. Editorial Codex. Madrid, 1965.
- HOFFMANN, K. F.: On Borelli. *Wien. Med. Wchensch*, 80, 190 (1930).
- HUBBARD, T. O' B.; LEODOBOER, J. H.: *The Flight of Birds*. Royal Aeronautical Society of London. Aeronautical Classics, n.º 6. London, 1911.
- D'IRSAÏ, S.: Time-implied Function: An historical Aperçu. *Kyklos*, 1, 52-59 (1928).
- D'IRSAÏ, S.: A physiological synthesis. *Kyklos*, 2, 115-130 (1929).
- D'IRSAÏ, S.: Scientific Thought and Enlightenment. *Kyklos*, 3, 136-146 (1930).
- IZQUIERDO, J. J.: *Harvey, iniciador del método experimental*. México, 1936.
- JIMÉNEZ GIRONA, J.: La medicina de Baglivi. *Arch. Iber. Hist. Med.*, 6, 427-591 (1954).
- KOYRE, A.: La mécanique céleste de J. A. Borelli. *Rev. Hist. Scien.*, 5, 101-138 (1952).

- KOYRE, A.: La gravitation universelle de Kepler à Newton. *Archives internationales d'histoire des sciences*, 4, 638-653 (1954).
- KOYRE, A.: A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton. *Transactions of the American Philosophical Society*, n. s. 45, 327-395 (1955).
- KOYRE, A.: *La révolution astronomique: Copernique, Kepler, Borelli*. Paris, 1961.
- LAÍN ENTRALGO, P.: Harvey en la historia de la biología. *Harvey*. Madrid, 1948, pp. 9-177.
- LAÍN ENTRALGO, P.: *Dos biólogos: Claudio Bernard y Ramón y Cajal*. Argentina, 1949.
- LAÍN ENTRALGO, P.: Estudios preliminares. *Introducción al estudio de la medicina experimental*. Madrid, 1947, pp. 4-111.
- LAÍN ENTRALGO, P.: *La Historia Clínica. Historia y teoría del relato patográfico*. Barcelona, 1961.
- LAÍN ENTRALGO, P.: *Historia de la Medicina Moderna y Contemporánea*. Barcelona, 1954.
- LAÍN ENTRALGO, P.: Ciencia helénica y ciencia moderna: La φύσις en el pensamiento griego y en la cosmología postmedieval. *Actas del Segundo Congreso Español de Estudios Clásicos*. Madrid, 1961, pp. 153-169.
- LAÍN ENTRALGO, P.; LÓPEZ PIÑERO, J. M.: *Panorama histórico de la ciencia moderna*. Madrid, 1962.
- LÓPEZ PIÑERO, J. M.: Galileo en la España del siglo xvii. *Bol. Soc. Esp. Hist. Med.*, 5, 51-58 (1965).
- LÓPEZ PIÑERO, J. M.: *La introducción de la ciencia moderna en España*. Barcelona, 1970.
- LÓPEZ PIÑERO, J. M.; MORALES MESEGUER, J. M.: *Neurosis y psicoterapia. Un estudio histórico*. Madrid, 1970.
- LÓPEZ-PIÑERO, J. M.: La morfología comparada anterior a Darwin y la interpretación iatrocéntrica de la historia de la anatomía. *Med. Esp.*, 69, 9-34 (1973).
- LYONS, Sir H.: *The Royal Society. 1600-1940*. Cambridge, 1944.
- MAC LEAN, J.: *De historische ontwikkeling der stootwetten van Aristoteles tot Huygens*. Amsterdam, 1959.

- MACRI, M.: Lettere d'illustre autori de' secoli xvii e xviii. *Nuova Biblioteca Analitica di scienze, lettere ed arti*, 14, 349-353 (1819).
- MALPIGHI, M.: *Opera posthuma. Quibus praefactiones, et animadversiones addidit, pluribusque in locis emendationes instituit.* Venetiis, MDCXCVIII.
- MANGETI, J. J.: *Bibliotheca scriptorum medicorum, veterum et recentiorum.* Vol. I, pars prima. Genevae, MDCCXXXI.
- MEMORIE di me *Marcello Malpighi* a i mei porteri fatte in volla l'Anno 1689. *Nozze Boschi-Tomba.* Bologna, 1902.
- MENDELSON, E.: *Heat and life. The development of the theory of animal heat.* Cambridge, 1964.
- MORINI, U.; FERRARI, L.: *Autografi e codici di lettori dell' Ateneo Pisano esposto in occasione dell' XI congresso di medicina interna.* Pisa, 1902.
- MOSCA, G.: *Vita di Lucantonio Porzio publico primario cattedratico di Notomia.* Napoli, 1765.
- MULTHAUF, R. P.: J. V. Van Helmont's reformation of the Galenic doctrine of digestion. *Bull. Hist. Med.*, 29, 154-163 (1955).
- NEUBURGER, M.; PAGEL, J. L.: *Handuch der Geschichte der Medizin.* Vol. II. Jena, 1903.
- NIGIDO-DIONISI, G.: *L'Accademia della Fucina di Messina (1639-1678) ne' suoi rapporti con la storia della cultura in Sicilia.* Catania, 1903.
- NORDENSKIOLD, E.: *Biologins Historia.* Trad. castellana. Argentina, 1949.
- O'MALLEY, C. D.: *Michael Servetus. A translation of his geographical, medical and astrological writings.* London, 1953.
- OLIVA, G.: Abolizioni e rinacimiento della Università di Messina. *CCL Anniversario della Università di Messina.* Parte prima. Messina, 1900, pp. 209-365.
- ORNSTEIN, M.: *The role of scientific societies in the seventeenth century.* 3.^a ed. Chicago, 1938.
- PAGEL, W.: Religious motives in the medical biology of the 17th century. *B. H. M.*, 3, 97-128; 213-31; 265-312 (1935).
- PAGEL, W.: The reaction to Aristotle in seventeenth century biological thought *S. M. & H.*, 1, 489-509.

- PAGEL, W.; POYNTER, F. N. L.: Harvey's Doctrine in Italy: Argoli (1644) and Bonacorsi (1647) on the Circulation of the Blood. *Bull. Hist. Med.*, 34, 419-429 (1960).
- PAPP, D.; BABINI, J.: *Biología y medicina en los siglos XVII y XVIII*. Argentina, 1958.
- PATRINI, M.: *L'astro maggiore della fisiologia sperimentale*. Bologna, 1934.
- PICANYOLI, L.: *Alfonso Borelli ed il P. Carlo Giovanni Pizzoni del Scuole Pie*. Roma, 1933.
- PINES, S.: Omne quod movetur necesse est ab aliquo moveri: a refutation of Galen by Alexander of Aphrodisias and the theory of motion *Isis*, 52, 21-54 (1961).
- PLANA, G. A. A.: Memoire sur la decouverte de la loi du choc direct des corps durs, publiée en 1667 par Alphonse Borelli; et sur les formules générales du choc eccentriques des corps durs ou elastiques. *Memoire della Real Accademia delle scienze di Torino*, 2.^a ser., 6, 1-37 (1844).
- POGGENDORFF, J. C.: *Histoire de la Physique*. Paris, 1883.
- POPPER, K.: *Conjectures and refutations. The Growth of scientific knowledge*. Trad. castellana. Buenos Aires, 1967.
- PREMUDA, L.: L'influenza del pensiero harveyano sulla medicina moderna. *La Riforma Medica*. n. 34, 3-6 (1963).
- RENZI, S. DE.: *Storia della medicina italiana*. Napoli, 1845-48.
- ROSSI, P.: *I filosofi e le macchine (1400-1700)*. Trad. castellana. Barcelona, 1966.
- ROTHSCHUH, K. E.: *Entwicklungsgeschichte Physiologischer Probleme*. München, 1952.
- ROTHSCHUH, K. E.: *Geschichte der Physiologie*. Berlin, 1953.
- ROTHSCHUH, K. E.: Über Kreislaufschemata und Kreislaufmodelle seit den Zeiten von William Harvey (1578-1657). *Zeitschrift für Kreislaufforschung*, 46, 241-249 (1957).
- ROTHSCHUH, K. E.: Dynamische Momente in der Entfaltung der Wissenschaft, gezeigt an der Geschichte de Physiologie. *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 14, 379-384 (1961).

- ROTHSCHUH, K. E.: Zur Geschichte der physiologischen Reizmethodik im 17 und 18 Jahrhundert. *Gesnerus*, 23, 147-160 (1966).
- ROTHSCHUH, K. E.: *Physiologie; der Wandel ihrer Konzepte, Probleme und Methoden vom 16. bis 19. Jahrhundert*. München, 1968.
- ROTHSCHUH, K. E.: Geschichtliches zur Lehre von der Automatie, Unterhaltung und Regelung der Herztätigkeit. *Gesnerus*, 27, 1-19 (1970).
- ROUSE BALL, W. W.: *An essay on Newton's Principia*. London, 1893.
- SALINAS, O.: Sulla patria de Borelli. *Riv. Stor. Scien. med. nat.*, fasc. 11-12 (1930).
- SCACHI, A.: Le eruzioni polvorose e filamentose dei vulcani. *Atti della R. Acc. delle Scien. Fis. e Nat. di Napoli*. Vol. II, serie 2.^a, n.º 10.
- SCHMIDT, S.: *Von der wundersamen Macht der Muskeln... Aus des Borell seinem vortrefflichen Werck "Von Bewegung der Thiere" in einem Kurtzen Auszug Fürstellet, und zugleich des unendlichen Gottes allgegenwärtige Regierung aus solchen ganz besonderen mechanischen Würckungen erweist*. Heilssbronn, 1706.
- SECCHI, P.: *L'unità delle Forze Fisiche*, vol. 2.^o. Milano, 1874.
- SERRUS, CH.: La mécanique de J. A. Borelli et la notion d'attraction. *Rev. hist. Scien.*, 1, 9-25 (1947).
- SIGERIST, H. E.: *Grosse Aerzte*. Trad. castellana. Barcelona, 1949.
- SINGER, CH.: *Historia de la biología*. Trad. castellana. Buenos Aires, 1947.
- SINGER, CH. (editor): *Studies in the history and method of sciences*. London, 1955, 2 vols.
- SINGER, D. W.: *Giordano Bruno, his life and thought*. New York, 1950.
- SETTLE, T. B.: Borelli, Giovanni Alfonso. *Dictionary of Scientific Biography*. Vol. II. New York, 1970, pp. 306-314.
- SMITH, D. E.: Medicine and Mathematics in the Sixteenth Century. *Annals Med. Hist.*, s. I, 1, 125-140 (1918).
- SPRENGEL, K.: *Histoire de la Médecine*. Trad. francesa. Vol. V, Paris, 1815.
- STRUM, J. CH.: *Epistola ad Jh. Georgium Volckamerum, de veritate propositionum in Jh. Alphonsi Borelli lib. I de motu animalium subtilius demonstratarum*. Norimbergae, 1684.

- TARGIONI-TOZZETI, G. (editor): *Atti e Memorie inedite dell' Accademia del Cimento e notizie aneddoti dei progressi delle materie e dei tempi, memorie esperienze osservazioni scoperte e la rinnovazione della fisica celeste e terrestre, cominciando da Galileo Galilei, fino a Francesco Redi ed a Vincenzo Viviani inclusive*. Florencia, 1780.
- TATON, R.: *Histoire générale des sciences. La science moderne (1450-1800)*. Vol. II, Paris, 1958.
- TAYLOR, F. SHERWOOD: The origin of the thermometer. *Ann. Sci.*, 5, 129-56 (1941-7).
- TEMKIN, O.: Vesalius on an immanent biological motor force. *Bull. Hist. Med.*, 39, 277-280 (1965).
- TENCA, L.: Le relazioni fra Giovanni Alfonso Borelli e Vincenzo Viviani. *Rediconti dell' Istituto Lombardo di scienze e lettere*, 90, 107-121. Milano (1956).
- TIRABOSCHI, G.: *Storia della letteratura italiana*. Modena, 1787.
- TONDINI, G.: *Delle lettere di uomini illustri*. Macerata, 1782.
- TONI, G.: Per la conoscenza delle opinioni sulla ascesa dei liquidi nelle piante. *Riv. fis. mat. scien. mat.*, 3, 199-203 (1901).
- THORNDIKE, L.: *A History of magic and experimental science*. Vol. VIII. New York, 1958.
- VACCARO, L.: Galileo Galilei. *Annals Hist. Med.*, s. II, 7, 372-408 (1935).
- VARIGNON, P.: *Projet d'une nouvelle mécanique, avec un examen de l'opinion de M. Borelli, sur les propriétés des poids suspendus par des cordes*. Paris, 1687.
- VIETS, H.: De staticis experimentis of Nicolaus Cusanus. *Annals Hist. Med.*, s. I, 4, 115-135 (1922).
- WIGHTMAN, W. P. D.: Myth and Method in seventeenth-century Biological Thought. *J. Hist. Biol.*, 2, 321-336 (1969).
- ZIINO, G.: G. A. Borelli medico e igienista. *CCCL Anniversario della Università di Messina*. II. Messina, 1900, pp. 3-40.
- ZIINO, G.: I padri dell' ordine calasariano e G. Borelli. *II centenario Scuole Pie*. Napoli. 1897.
- ZUBIRI, X.: *Naturaleza, Historia, Dios*. Madrid, 1963.

CUADERNOS HISPÁNICOS DE HISTORIA DE LA MEDICINA Y DE LA CIENCIA (Antes CUADERNOS VALENCIANOS DE HISTORIA DE LA MEDICINA Y DE LA CIENCIA)

Números aparecidos:

- I. ORÍGENES HISTÓRICOS DEL CONCEPTO DE NEUROSIS, por J. M.^a López Piñero (1963). 206 págs.
- II. LA OBRA DE ANDRÉS ALCÁZAR SOBRE LA TREPANACIÓN, por J. M.^a López Piñero y L. García Ballester (1964). 79 págs. (agotado).
- III. LA LEPRO EN LA ESPAÑA DEL SIGLO XIX, por I. San Martín Bacaicoa (1966). 164 págs. (agotado).
- IV. LA MEDICINA DEL PUEBLO KHASI, por A. Ercilla Vizcarra (1966). 43 págs. más 15 láms.
- V. LA MEDICINA DE LA ESPAÑA PROTOHISTÓRICA. LAS CIVILIZACIONES AUTÓCTONAS, por J. R. Zaragoza (1967). 68 págs.
- VI. LA OBRA MÉDICO-QUIRÚRGICA DE JUAN CREUS Y MANSO, por J. Tomás Monserrat (1967). 235 págs. (agotado).
- VII. BIBLIOGRAFÍA HISTÓRICA SOBRE LA CIENCIA Y LA TÉCNICA EN ESPAÑA, por J. M.^a López Piñero, M. Peset Reig, L. García Ballester, M.^a Luz Terrada Ferrandis y J. R. Zaragoza Rubira. Vol. I (1968). 195 págs. (agotado).
- VIII. EL MAESTRO ARNAU DE VILANOVA, MÉDICO, por J. A. Paniagua (1969). 92 págs. más 6 lám.
- IX. CATÁLOGO DE LA EXPOSICIÓN HISTÓRICA DEL LIBRO MÉDICO VALENCIANO, por P. Faus Sevilla (1969). 11 págs. más 28 láms.
- X. EL BOTÁNICO JOSÉ QUER (1745-1764), PRIMER APOLOGISTA DE LA CIENCIA ESPAÑOLA, por R. Pascual (1970). 88 págs.
- XI. ORACIÓN INAUGURAL SOBRE LA IMPORTANCIA DE LA ANATOMÍA Y LA CIRUGÍA (1773), por Antonio Gimbernat (1971). 33 págs.
- XII. ALMA Y ENFERMEDAD EN LA OBRA DE GALENO. TRADUCCIÓN Y COMENTARIO DEL ESCRITO "QUOD ANIMI MORES CORPORIS TEMPERAMENTA SEQUANTUR", por L. García Ballester (1972). 347 págs.

XIII. BIBLIOGRAFÍA HISTÓRICA SOBRE LA CIENCIA Y LA TÉCNICA EN ESPAÑA, por J. M.^a López Piñero, M. Peset Reig, L. García Ballester, M.^a L. Terrada Ferrandis y J. R. Zaragoza Rubira (1973). 2 vols.

XIV. LA INTRODUCCIÓN DEL MODELO FÍSICO Y MATEMÁTICO EN LA MEDICINA MODERNA. ANÁLISIS DE LA OBRA DE J. A. BORELLI "DE MOTU ANIMALIUM" (1680-81), por E. Balaguer Perigüell. 166 págs.

Números en prensa y preparación:

XV. BIBLIOGRAFÍA HISTÓRICA SOBRE LA MEDICINA VALENCIANA, por J. M.^a López Piñero, L. García Ballester, M.^a L. Terrada, E. Balaguer, R. Ballester, F. Casas, P. Maset y E. Ramos.

XVI. CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA ENFERMEDAD EN LA ESPAÑA DEL SIGLO XIX, por J. M.^a López Piñero, L. García Ballester y M.^a L. Terrada Ferrandis.

XVII. LOS ORÍGENES DE LA OBRA PSIQUIÁTRICA DE P. PINEL (1745-1826), por P. Maset Campos.

XVIII. FRANCISCO MARTÍNEZ DE CASTRILLO Y LA ODONTOLOGÍA ESPAÑOLA DEL RENACIMIENTO, por F. Carmona Arroyo.



**EMILIO BALAGUER PERI-
GÜELL**, es Profesor agregado
interino de Historia de la Medi-
cina de la Universidad de Valen-
cia (España).