

Experimento y método de la física según Blaise Pascal

Mariana Rocío Saade



Mariana Rocío Saade

Experimento y método de la física según Blaise Pascal

**Consideraciones a partir de sus
trabajos científicos en torno al vacío**

Editorial UNSTA
Mayo 2015

Saade, Mariana Rocío

Experimento y método de la física según Blaise Pascal : consideraciones a partir de sus trabajos científicos en torno al vacío . - 1a ed. - Tucumán : Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino. UNSTA, 2015.

144 p. ; 22x16 cm.

ISBN 978-987-1662-57-9

1. Física. 2. Teoría. I. Título
CDD 530.1

Fecha de catalogación: 30/04/2015

*Experimento y método de la física
según Blaise Pascal*
Mariana Rocío Saade

Primera edición: mayo 2015

Editorial UNSTA
Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino

Diseño de Tapa y Diagramación: *Carla María Passarell*

Imagen de Tapa: Estatua de Blaise Pascal por Jules Cavelier (1814-1894) en la Torre Saint-Jacques de París (fotografía LPLT / Wikimedia Commons).

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723
San Miguel de Tucumán, Tucumán.
Argentina

Nota sobre la edición

Este libro surge a partir de la tesis presentada para optar por el título de Licenciada en Filosofía de la Facultad de Humanidades de la Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino, defendida el 17 de diciembre de 2012. Para su posterior publicación he revisado y corregido el texto, clarificando algunos términos, eliminando repeticiones e incorporado algunas precisiones, resultado de una mejor comprensión del tema permitido por la distancia en el tiempo y una mayor profundización en su estudio. He incorporado también algunas referencias bibliográficas. Sin embargo, en su esencia, he querido mantenerlo tal cómo fue concebido, con los errores e imperfecciones que conllevan un primer trabajo de investigación.

Agradecimientos

Quisiera agradecer al Sr. Decano de la Facultad de Humanidades Dr. Fray Rafael Cúnsulo OP por su gran impulso y aliento para la publicación de esta tesis, como así también su apoyo y confianza en todos los proyectos emprendidos en el marco de la UNSTA y a la Srta. Secretaria Académica Dra. María Fátima Lobo por su constante y cordial preocupación tanto en el desarrollo de esta tesis como en su posterior publicación. A mi director Lic. Juan Pablo Nieva Moreno por su generosidad al aceptar dirigir esta tesis y el arduo trabajo durante su corrección. A los miembros del jurado Dr. Gabriel Zanotti, Mg. José Luis Giardina y Dra. Catalina Hynes por su también generosa y diligente lectura y las sugerencias hechas que he procurado incorporar. A toda la comunidad de la UNSTA, en la persona de cada uno de los frailes de la Orden de Predicadores y de sus profesores, administrativos, compañeros, colegas y alumnos, que constituyen el marco que envuelve mi experiencia filosófica a la que llegué hace más de diez años y de la que sigo formando parte.

En una índole más personal, agradecer al Mg. Fabián Ávila, verdadero lector-interlocutor de este trabajo, cuyas críticas y sugerencias han hecho surgir la mejor expresión de las ideas aquí volcadas. Sin su aporte, el resultado hubiera sido decididamente de menor calidad. Y por último, a mi familia, especialmente a mis padres y hermanos, testigos silenciosos de las horas de trabajo y esfuerzo que el trabajo intelectual implica. Mis padres fueron los primeros en creer y acompañarme en esta aventura, aún sin saber exactamente adónde me llevaría, y sin su apoyo no hubiera sido posible. Ellos son los verdaderos responsables de los logros –muchos o pocos– que pudiera alcanzar y a ellos está dedicado este libro.

Introducción

La historia de la Edad Moderna, y consecuentemente la de su filosofía, no puede explicarse sin hacer referencia a la necesidad experimentada por sus protagonistas de generar un cambio en el modo de ver y pensar al hombre y sus relaciones con Dios y con el mundo. El hombre moderno no encontraba ya respuestas a sus interrogantes en la cosmovisión teocéntrica que se le ofrecía, los descubrimientos científicos no eran compatibles con la visión acerca de la naturaleza que de ésta se desprendía. Era éste un deseo y una exigencia vivida y plenamente manifestada por sus representantes: basta leer la primera parte del célebre *Discurso del método* de Descartes o el *Novum Organum* de Francis Bacon para encontrar claros ejemplos de esta necesidad de renovación.

Sin embargo, es sabido que toda generalización es injusta con la historia y toda ruptura es realmente consecuencia de largos y complicados procesos. Acercarse a la Edad Moderna de un modo esquemático puede dar una falsa idea de unidad entre las múltiples posturas y discusiones que en ella se generaron. Por tal motivo, quizás lo mejor sea acercarse a ella a través de las experiencias y escritos particulares de uno de sus protagonistas, delimitando un área de análisis y estudio. Es lo que se propone en el presente trabajo.

El ámbito de la ciencia es uno de los más significativos cuando se trata de considerar y evaluar los cambios y nuevas concepciones que se producen en el pensamiento moderno. Está englobado dentro del que es considerado casi unánimemente por los investigadores como el gran problema de la Edad Moderna: *el problema del conocimiento*. Pero este problema no se entiende en su totalidad si no es en su continuo diálogo con el ámbito científico, que le plantea nuevos desafíos cuando intenta explicar el modo de acceso a la realidad y la legitimidad del conocimiento que se tiene acerca de ella.

Muchos de los científicos de la época han tomado como propias las inquietudes gnoseológicas que exceden el ámbito estricto de lo científico. Para el físico e historiador de la ciencia Thomas Kuhn, “no es un accidente que

Introducción

el surgimiento de la física newtoniana en el siglo XVII [...] haya sido precedido y acompañado por análisis filosóficos fundamentales de su tradición contemporánea de investigación”¹.

En efecto, en la visión que propone Kuhn acerca del modo en que trabaja el científico, este modo está en relación directa con el período histórico en el que la ciencia se encuentra. Así, en períodos de crisis –y ciertamente puede considerarse el paso de la Edad Media a la Edad Moderna como un período de crisis– el científico tiene inquietudes filosóficas que en otros momentos no se le plantean:

“Creo que es, sobre todo, en los periodos de crisis reconocida, cuando los científicos se vuelven hacia el análisis filosófico como instrumento para resolver los enigmas de su campo. Los científicos generalmente no han necesitado ni deseado ser filósofos”².

Un científico, entonces, es un testigo privilegiado de los cambios y problemas de la Edad Moderna. Su aporte es significativo cuando se trata de comprender este nuevo modo de entender el conocimiento que está surgiendo. Así lo pone de manifiesto Cassirer, en su obra *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia moderna*: “Un Galileo y un Kepler, un Newton y un Euler son testigos tan importantes y tan elocuentes como un Descartes o un Leibniz de lo que significa el concepto moderno de conocimiento”³.

Sin embargo, no todos los científicos han abordado filosóficamente las cuestiones que les preocupaban. Y si lo han hecho –es necesario también reconocerlo– no todos los escritos ni las reflexiones han estado a la altura de las circunstancias, ni han llegado a ser representantes del pensamiento de su época, trascendiéndola también de tal forma que todavía sean significativos hoy. A su vez, no todos los filósofos han tenido el suficiente conocimiento científico para tener una idea acabada y valorativa de lo que realmente estaba produciéndose como novedoso y revolucionario en el ámbito científico.

¹ Thomas S. KUHN, *La estructura de las revoluciones científicas*. Traducción de Agustín Contin, México, Fondo de Cultura Económica, 2004^s, p. 143.

² Thomas S. KUHN, *La estructura de las revoluciones científicas*, p. 142.

³ Ernst CASSIRER, *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia moderna*. I: El renacer del problema del conocimiento. El descubrimiento del concepto de la naturaleza. Los fundamentos del idealismo. Traducción de Wenceslao Roces, México, Fondo de Cultura Económica, 1974, p. 18.

Considerando todo esto, el pensador francés Blaise Pascal (1623-1662), se presenta como un candidato que cumple con los requisitos que se han expuesto como necesarios para un acercamiento a la concepción científica de la Edad Moderna. Su testimonio es importante puesto que no sólo ha nacido y se ha formado en el ambiente de surgimiento de la actividad científica moderna tal como se la conoce hoy, sino que ha contribuido activamente en los debates y experimentos realizados.

La investigación llevada a cabo en este trabajo consistió en el análisis y delimitación de algunos conceptos sobre los que Pascal reflexionó, conceptos en torno a lo que posteriormente se ha agrupado bajo el nombre de Filosofía de la ciencia, o Epistemología, el estudio filosófico acerca del conocimiento científico. Se estudiaron específicamente la noción de experimento y el proceder propio de la ciencia, esto es, el método científico. Considero éstos los más importantes y sobresalientes en sus escritos, y también en el ámbito de la Edad Moderna.

Se ha elegido este tema de investigación, además de las razones mencionadas, porque ha sido poco investigado; los estudios se han concentrado más en los aspectos antropológicos, éticos y teológicos de la filosofía de Pascal. Se está ante un autor que puede aportar a la reflexión acerca de qué es la ciencia, incluso tal como se la concibe hoy, y que no ha sido tomado demasiado en cuenta, al menos en las tradiciones más consideradas de la Epistemología. Pascal es un pensador que tiene una visión amplia del conocimiento en general pero que a la vez puede delimitar *ámbitos* de conocimiento –como se tendrá oportunidad de ver en el transcurso de este escrito– lo cual aporta una mirada más cabal que una visión positivista de la razón científica.

La hipótesis de trabajo que se sostiene en esta tesis es que en Pascal se encuentran elementos que permiten responder a las preguntas que la Epistemología se plantea acerca del papel del experimento en la ciencia y el proceder del científico, haciendo referencia también a otras cuestiones propias de la misma, como las ya mencionadas acerca del particular estatuto que tiene el conocimiento científico ante la realidad que se está intentando conocer, qué es lo que diferencia al conocimiento científico de otros tipos de conocimiento, y como se relacionan estos modos de conocer entre sí.

Para poder poner de manifiesto entonces los conceptos que, según lo que se propone, están presentes en el autor, se ha procedido de un modo acorde a la naturaleza de los textos con los que se cuenta, lo cual determi-

Introducción

nará la metodología a seguir. Es necesario tener en cuenta que este tema no ha sido desarrollado sistemáticamente por Pascal en ninguna obra específica, más aún, no se puede hablar de obras en un sentido estricto, porque lo que se ha conservado del autor son fragmentos de tratados y cartas, como así también ideas sueltas que han sido luego publicadas por sus amigos y familiares.

Se centró, entonces, esta investigación principalmente en los textos que hacen referencia a la actividad científica y, dentro de ésta, los experimentos físicos llevados a cabo en torno al vacío. Estos son: *Nuevos experimentos respecto al vacío* (1647) y las cartas del mismo año intercambiadas con el padre jesuita Estienne Noël con respecto a este opúsculo, *Relación del gran experimento del equilibrio de los líquidos* (1648), el "Prefacio" al perdido *Tratado del vacío* (1651) y el *Tratado sobre el equilibrio de los líquidos y el peso de la masa del aire* (1654), publicado póstumamente en 1663.

En segundo lugar, atendiendo a la multiplicidad de temas que atrajeron la atención del pensador, quien durante su vida se dedicó a la actividad científica y al estudio de la matemática, la física, la filosofía y la teología, se consideraron también algunas obras de carácter más filosófico que permiten comprender mejor el tema tratado y ayudan a contextualizarlo en una concepción general acerca del conocimiento. Principalmente se trabajó con el opúsculo *Reflexiones sobre la Geometría en General. Del espíritu geométrico y del arte de persuadir* (1657-1658), y con los *Pensamientos* –escritos en la última etapa de su vida y publicado póstumamente por primera vez en 1670, aunque no completo–, sin que esto impida hacer mención a alguna otra obra si se lo considera pertinente.

La metodología de trabajo empleada en esta tesis es principalmente una lectura y descripción de los textos de Pascal, acompañada por un análisis de los mismos para mostrar la hipótesis postulada: en Pascal se encuentran elementos filosóficos que pueden fundar una reflexión filosófica acerca de la ciencia. Se describen los problemas físicos de los que se ocupa y el modo en que los aborda no teniendo como objeto el estudio de la física en sí misma, sino en la medida en que manifiestan la metodología y la concepción filosófica subyacente con la que Pascal los aborda.

En cuanto a las fuentes con las que se trabajó, es necesario explicar cómo se ha procedido en la selección del material bibliográfico de base. La editorial Alfaguara ha publicado una gran cantidad de sus escritos en español en una edición titulada *Obras. Pensamientos. Provinciales. Escritos científicos*.

*Opúsculos y cartas*⁴, pero no todos están incluidos. La editorial Alianza, por su parte, publicó otra edición que bajo el título *Tratados de pneumática*⁵ reúne la mayoría de sus escritos sobre el vacío, sin embargo no incluye el *Tratado del equilibrio de los líquidos*. Se recurrió entonces a una edición en inglés: *The physical treatises of Pascal. The equilibrium of liquids and the weight of the mass of the air*⁶. Se confrontó también en algunos casos con la edición francesa de las obras completas presentada y anotada por Louis Lafuma⁷.

En el mismo año en que se elaboró esta tesis, 2012, la Editorial Gredos publicó una nueva edición de sus escritos, con estudio introductorio de Alicia Villar Ezcurra, sobre la misma traducción de Carlos R. de Dampierre. No se ha tenido la oportunidad de consultar esa obra.

En cuanto a la estructura del trabajo, se ha considerado necesario exponer en primer lugar una biografía intelectual del autor, mostrando las influencias a las que se vio expuesto, los intereses científicos de la época y las distintas corrientes de pensamiento reinantes. Esto permite que quede de manifiesto la visión y aporte de Pascal al problema del pensamiento científico de la Edad Moderna en general, y al del experimento y el método científico en particular.

En el segundo capítulo se describen las investigaciones y experimentos científicos llevados a cabo por Pascal con el objetivo de generar un vacío en la naturaleza, y a partir de ellos se analiza su concepción acerca del modo de proceder de la ciencia y el papel que juega el experimento en la misma. También permite mostrar las objeciones de Pascal al sistema de base aristotélico reinante todavía en las escuelas, y a cualquier consideración en física de argumentos que no se desprendan de los hechos mismos.

En el tercer capítulo se expone y analiza el experimento del Puy de Dôme. Este experimento tiene una característica especial para Pascal: se trata de un experimento crucial, un experimento que permitirá decidir acerca

⁴ Blaise PASCAL, *Obras. Pensamientos. Provinciales. Escritos científicos. Opúsculos y cartas*. Prólogo de José Luis Aranguren, traducción y notas de Carlos R. de Dampierre, Madrid, Alfaguara, 1981. (En adelante citado *Obras*).

⁵ Blaise PASCAL, *Tratados de pneumática*. Prefacio, introducción y notas de Alberto Elena, Madrid, Alianza Editorial, 1984.

⁶ Blaise PASCAL, *The physical treatises of Pascal. The equilibrium of liquids and the weight of the mass of the air*. Translated by I. H. B. and A. G. H. Spiers, with introduction and notes by Frederick Barry, New York, Columbia University Press, 1937. (En adelante citado *The physical treatises of Pascal*).

⁷ Blaise PASCAL, *Cœuvres complètes*. Préface d'Henri Gouhier, présentation et notes de Louis Lafuma, Paris, Éditions du Seuil, 1963.

Introducción

de la validez de una hipótesis de modo tal que pueda dársele la categoría de principio o regla general. Además, el análisis del *Tratado del equilibrio de los líquidos y el peso de la masa del aire*, muestra a Pascal en su formulación más sistemática de un sistema físico según los parámetros de la nueva ciencia. Se puede ver en este texto cómo las reglas de la física reflejan el comportamiento uniforme de la naturaleza. La uniformidad misma de la naturaleza es la que fundamenta que puedan establecerse analogías entre las distintas reglas que forman parte de un sistema físico.

En el cuarto y último capítulo se exponen otros textos de Pascal que permiten mostrar su concepción general acerca del conocimiento, sus límites y la capacidad del hombre para conocer. En estos escritos Pascal señala los límites del conocimiento científico y abre la posibilidad a otros modos de conocimiento. Su concepción de naturaleza también se verá ampliada y modificada, saliendo de la consideración puramente mecánica de la misma.

Finalmente, en la conclusión se muestra cómo la nueva concepción de ciencia le ha permitido llevar adelante la serie de experimentos y tratados sobre el vacío que se han descrito. Esta concepción de ciencia la ha heredado Pascal de Galileo y otros experimentadores en la misma línea, y además sobre ella ha reflexionado según sus propias experiencias y observaciones, no sólo en el campo de la física sino también en los diferentes modos de conocimiento con los que ha tenido la oportunidad de dialogar.

La culminación del trabajo científico de Pascal se refleja en el principio físico aún vigente que lleva su nombre y otra serie de conclusiones a las que arribó en el ámbito de la Mecánica de los fluidos. El principio de Pascal afirma que *la presión ejercida por un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido*⁸. Estos resultados muestran lo fructífero del modo de trabajar y concebir la naturaleza de la ciencia moderna.

Pero Pascal ha podido ver también los límites que encierra el mecanicismo, ya que esta concepción de la naturaleza es reduccionista y no agota todo lo que ella es en su riqueza y complejidad. La esencia de la naturaleza se le presenta a Pascal como incomprensible para el hombre, ya que la naturaleza refleja la infinitud de su Creador. Además, el ideal de conocimiento cientí-

⁸ Cf. Robert RESNICK, David HALLIDAY, Kenneth S. KRANE, *Física*, I. Traducción de Francisco Andión Uz, revisión técnica de Francisco Medina Nicolau y Consuelo Gómez. México, Compañía Editorial continental, 2001³, pp. 429-431.

fico, que para Pascal está basado en el método geométrico, es imperfecto en sí mismo. El hombre necesita para fundar su conocimiento de certezas que no se da a sí mismo y que conoce de una manera intuitiva e inmediata: las razones del corazón. Para Pascal es indispensable que el hombre conozca los límites pero también las capacidades de su razón. Tener conciencia de ello lo llevará a desempeñarse de acuerdo a su dignidad de ser pensante, ya sea en el ámbito científico o el de la moral, el de la geometría o el de la fe.

Capítulo uno

Biografía intelectual

El día 19 de junio de 1623 nace en Clermont, Francia, Blaise Pascal, hijo de Étienne Pascal, un magistrado de alto rango, y Antoinette Begon, proveniente de una familia burguesa de comerciantes. La familia estaba compuesta también por la hermana mayor de Pascal, Gilberte, a la que posteriormente se sumaría la menor de las hermanas, Jacqueline¹. La madre de Pascal muere teniendo el niño tres años; tras esto, su padre se dedica casi exclusivamente a la formación de sus hijos, por lo que Blaise no asiste a ninguna escuela, aprendiendo en casa con su padre, quien tenía ya una reputación como matemático y científico. Étienne es quien sin duda estimula y perfecciona las dotes naturales de su hijo, quien desde pequeño muestra una curiosidad y un talento especial respecto a la geometría y a la física.

En estas primeras enseñanzas de su padre, coinciden varios autores², el pensador empieza a conocer e incorporar de alguna manera el *método experimental*. La forma de aprender en la que Blaise fue iniciado tenía mucho de contacto con los fenómenos que al niño le resultaban interesantes y muy pocos argumentos de autoridad, fomentando al mismo tiempo por un lado la libertad para analizar los fenómenos y ejercitar su razón y, por el otro, la necesidad de experimentar para comprobar si sus ideas eran ciertas o no. Si

¹ La hermana mayor de Pascal es una de las principales fuentes para su biografía, habiendo escrito la “Vida de Monsieur Pascal” con el objetivo de que sirviera de prefacio a una primera edición de los *Pensamientos*. La hermana menor, por su parte, tiene un papel muy importante en la vida del pensador francés, siendo su confidente y amiga, y la persona a través de la cual Pascal toma contacto directo con Port-Royal. Se puede consultar en español la “Vida de Monsieur Pascal” escrita por Gilberte Périer en Blaise PASCAL, *Obras*, pp. 1-37.

² Cf. Morris BISHOP, *Pascal. La vida del genio*. Traducción de Mariano de Alarcón, México, Editorial Hermes, s/año, pp. 18-19; Michele Federico SCIACCA, *Pascal*. Traducción de Juan José Ruiz Cuevas, Barcelona, Luis Miracle Editor, 1955, pp. 49-52; Ben ROGERS, “Pascal’s life and times” en Nicholas HAMMOND (ed.), *The Cambridge Companion to Pascal*, New York, Cambridge University Press, 2003, pp. 5-6.

bien es poco probable que, como narra su hermana, adquiriera por sí solo los conocimientos geométricos contenidos en los *Elementos* de Euclides³, es cierto que este modo de adquisición de conocimientos a tan temprana edad, sumado a sus habilidades personales, hicieron que mirara a la nueva ciencia que estaba naciendo con una mirada libre de los prejuicios presentes en aquellos que se mantenían en la formación transmitida por la baja escolástica.

Tuvo oportunidad de interiorizarse aún más de los descubrimientos e investigaciones científicas de la época cuando toda la familia se trasladó a París, en 1631. Allí Étienne Pascal entró en contacto con un grupo de científicos y pensadores que se reunían alrededor de la figura del padre Mersenne, un sacerdote interesado en el estudio de la matemática y la física⁴. En dicho grupo se reunían, entre otros, Roberval, Desargues y Petit; a su vez Mersenne mantenía correspondencia e intercambiaba información con Descartes, Gassendi, Fermat y Huygens, la elite intelectual de la época⁵.

Pascal hijo fue introducido también en el grupo, participando activamente del mismo:

“asistía con regularidad a las reuniones que se celebraban todas las semanas y a las que acudían las personas más competentes de París para mostrar sus trabajos y examinar los de los demás. Mi hermano hacía un buen papel [...] pues era uno de los que llevaban cosas nuevas con más frecuencia”⁶.

³ Cf. Gilberte PÉRIER, “Vida de Monsieur Pascal”, en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 5.

⁴ Marin Mersenne (1588-1648) fue, al igual que Descartes, estudiante del Colegio de La Flèche, y posteriormente se ordenó como fraile en la Orden de los Mínimos. Se interesó por la ciencia, la música y la teología. Tradujo el *Della scienza meccanica*, de Galileo, a quien admiraba y con quien mantuvo una abundante correspondencia, contribuyendo de manera notable a la difusión de sus doctrinas en Francia. Cf. Michele Federico SCIACCA, *Estudios sobre filosofía moderna*. Traducción de Juan José Ruiz Cuevas, Barcelona, Luis Miracle Editor, 1966, pp. 139-141: “En relación con los más conocidos científicos y filósofos de la época, sirvió de punto de unión, de encuentro, de entendimiento, logrando con frecuencia superar rivalidades personales y disensiones, no siempre de carácter doctrinal, entre sus amigos y corresponsales” (p. 140).

⁵ Se considera a este grupo el predecesor de la Academia de Ciencias de Francia. Cf. E. FAURÉ-FREMIET, “Les Origines de L’académie des Sciences de Paris”, *Notes and Records of the Royal Society of London* 21 (1966) 20-31, [p. 24]. Disponible en <http://www.jstor.org/discover/10.2307/530815?uid=3737512&uid=2&uid=4&sid=21101262438513> [consultado el 06/02/2012].

⁶ Gilberte PÉRIER, “Vida de Monsieur Pascal” en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 6.

Dicho círculo de científicos tenía una idea definida respecto a la nueva forma de hacer ciencia que estaba surgiendo, y su autonomía con respecto a la filosofía y a la teología: rechazaban la física heredada de la tradición aristotélica, que era todavía la dominante en las universidades, y reivindicaban la autonomía de la ciencia “tanto contra el principio de autoridad como contra las concepciones confusas y animísticas de los filósofos del Renacimiento”⁷.

Consideraban que la razón humana tiene la suficiente capacidad, guiada por el método adecuado, para lanzarse al conocimiento de las cosas naturales, descubrir leyes acerca de ellas, verificarlas mediante la experimentación, y ordenar y generalizar esos conocimientos con la ayuda de la matemática. Esas conclusiones a las que se llegaba eran lo suficiente ciertas y exactas como para construir a partir de ellas un sistema científico.

La confianza en el método científico como medio para alcanzar la verdad los impulsaba a trabajar con entusiasmo en las posibilidades que se les ofrecía. Esta confianza, sin embargo, no les ocultaba el hecho de que el conocimiento de la naturaleza requería un gran esfuerzo, ya que, para poder conocerla, el investigador debía someter la naturaleza a diversas y repetidas pruebas para que ella le revele lo que quiere conocer⁸. La matemática a su vez era el modelo a seguir de la ciencia experimental, ya que presenta su conocimiento de un modo organizado, sus términos están definidos y sus proposiciones se deducen unas de otras.

Este círculo mantenía también una actitud crítica frente a las ideas de René Descartes (1596-1650), quien era amigo personal del P. Mersenne, lo que les permitía tener acceso a sus últimas publicaciones. Miraban con escepticismo los proyectos metafísicos por él expuestos con el objetivo de fundamentar la física, considerándolos tan dogmáticos como los de Aristóteles y la escolástica. Esta desconfianza se basaba en el convencimiento de que no era posible para la inteligencia humana penetrar más allá de las apariencias sensibles de tal modo que pudieran determinarse causas y naturalezas inherentes a las cosas. La naturaleza ofrece fenómenos que sólo pueden hacerse inteligibles a través del lenguaje matemático⁹.

⁷ Michele Federico SCIACCA, *Pascal*, p. 54.

⁸ Cf. MORRIS BISHOP, *Pascal. La vida del genio*, p. 24.

⁹ Cf. DANIEL C. FOURKE, “Pascal’s physics” en NICHOLAS HAMMOND (ed.), *The Cambridge Companion to Pascal*, p. 75.

Como influyente en las ideas sostenidas por este círculo es necesario nombrar la ineludible figura de Galileo Galilei¹⁰ (1564-1642) quien, primero en Pisa y después en Padua, realizó importantes descubrimientos en torno al movimiento, la gravedad y la caída de los cuerpos. Apenas veinte años antes de estas primeras reuniones científicas a las que acudió Blaise, Galileo había construido su primer telescopio, destacándose también en el área de la astronomía y apoyando determinantemente la teoría astronómica copernicana. Este importantísimo matemático y científico rechazaba los argumentos de autoridad y las interpretaciones escolásticas a favor de la experimentación y la interpretación racional de los datos obtenidos¹¹.

Dice Alexander Koyré en su libro *Estudios de historia del pensamiento científico* que, cuando se quiere señalar las principales características de la ciencia moderna, que marcan una ruptura con el modo de proceder anterior, se alude precisamente a la observación y a la recolección de datos empíricos sometidos a experimentación¹². Los datos obtenidos en los experimentos se convierten en el criterio de verdad.

Pero, señala seguidamente este autor, de modo acertado, la simple recolección de hechos observados no constituyen una ciencia; es necesario ordenar e interpretar esos hechos: "hasta que se somete a un tratamiento teórico, un conocimiento de los hechos no se convierte en una ciencia"¹³.

A pesar de la relevancia de la experimentación, en opinión de este autor, el papel más importante de la ciencia moderna lo juega la teoría, y muchas

¹⁰ E. FAURÉ-FREMIET, "Les Origines de L'académie des Sciences de Paris", *Notes and Records of the Royal Society of London*, p. 24.

¹¹ La condena sufrida por Galileo por sostener sus doctrinas llega, naturalmente, a oídos de Pascal. Años más tarde, en una de sus célebres *Cartas Provinciales* del año 1657, hace alusión a la misma cuando está defendiendo el papel preeminente de la razón en el juicio acerca de las cosas naturales, y culpando a los jesuitas de la condena. Blaise PASCAL, "Decimoctava carta al reverendo Padre Annat, Jesuita", en *Obras*, p. 260: "Fue también en vano que obtuvieseis contra Galileo aquel decreto de Roma que condenaba su opinión respecto al movimiento de la tierra; no será eso lo que pruebe que está quieta; y si se tuviesen observaciones indiscutibles que demostrasen que es ella la que gira, todos los hombres juntos no le impedirían girar, ni podrían evitar girar también con ella".

¹² Cf. Alexandre KOYRÉ, "Un experimento de medición" en *Estudios de historia del pensamiento científico*. Traducción de Encarnación Pérez Sedeño y Eduardo Bustos, México, Siglo Veintiuno Editores, 1990, p. 274.

¹³ Alexandre KOYRÉ, "Un experimento de medición" en *Estudios de historia del pensamiento científico*, p. 275.

veces, la observación directa ha resultado un problema para los científicos a la hora de intentar explicarla. Sobre este significativo tema se volverá más adelante, cuando se intente hacer una valoración acerca de los experimentos llevados a cabo por Pascal.

Se ha hecho referencia a la concepción general de ciencia reinante en el círculo al que pertenecía Pascal porque se considera que ésta ha influido decididamente en su manera de trabajar y de pensar sobre la ciencia posteriormente. Siguiendo la línea cronológica de la vida de Pascal, se hará referencia ahora a sus trabajos científicos tanto en el área de la física como de la matemática.

Se hará mención también brevemente a su itinerario de conversión y a los intereses filosóficos y teológicos que ocuparon gran parte de su vida. Esto se hará con el objetivo de tener una visión completa de su itinerario intelectual, si bien este trabajo se centrará principalmente en sus trabajos científicos, que coinciden en su mayoría, aunque no absolutamente, con la primera etapa de su vida.

A los dieciséis años escribe Pascal un *Tratado sobre las cónicas*, el cual es recibido con gran conformidad por el círculo de investigadores. En él, Pascal expresamente se aleja del análisis algebraico de los problemas geométricos, propuesto por Descartes, y permanece en el campo de la geometría al modo que los griegos la entendían¹⁴.

En el año 1639 la familia Pascal deja París y se traslada a Rouen, ya que Étienne Pascal es nombrado por el cardenal Richelieu encargado de la recaudación y administración de impuestos. Ayudar a su padre en las tareas de

¹⁴ Lamentablemente, no se puede acceder a los tratados geométricos en los que Pascal trabaja sobre las cónicas, ya que se han perdido. Se tiene noticias de ellos principalmente por el pensador alemán G. W. Leibniz (1646-1716) quien, durante su estadía en Francia, tuvo acceso a muchos escritos inéditos de Pascal y también de Descartes. Según lo que se puede rescatar de su testimonio y el de los estudiosos a lo largo de los siglos, Pascal se mantenía dentro de la tradición antigua de la geometría griega, rechazando las fórmulas en el ámbito de la geometría. Así afirma Koyré, siguiendo a Léon Brunschvicg: "La actitud pascaliana puede resultarnos extraña; pero es probablemente más frecuente de lo que se cree. [...] la actitud pascaliana, la del geómetra propiamente dicho, es en el siglo XVII mucho más normal y mucho más común que la de Descartes; ésta última representa, con relación a la tradición, una innovación mucho más radical [...]. Para el siglo XVII, lo que es difícil, desacostumbrado, incomprendible, es Descartes, el álgebra, la geometría algebraica". Alexandr Koyré, "Pascal como científico" en *Estudios de historia del pensamiento científico*, p. 353.

cálculo monetario que su función implicaba fue la motivación necesaria para que el genio inventor de Blaise se pusiera de manifiesto: inventa su célebre máquina de calcular, *la Pascaline*, que permitía realizar una serie de operaciones aritméticas simples. La construcción de dicha máquina mantuvo a Pascal ocupado por varios años, según el mismo describe¹⁵, trabajando junto con un artesano local y preocupado por la calidad de los materiales utilizados.

Esta experiencia práctica le serviría posteriormente para la realización de diversos experimentos, y para tomar conciencia de la importancia de contar con los instrumentos científicos adecuados a fin de extraer información concluyente de los experimentos llevados a cabo. Hay que señalar también que, para la época en la que nace la ciencia moderna, éste era un objetivo difícil, si no imposible, de cumplir, y que llevó a muchos de los científicos a dedicar gran parte de su tiempo a intentar salvar estas dificultades.

En Rouen tiene lugar también otro hito importante en el itinerario científico de Pascal. A través de Pierre Petit, amigo de la familia que también formaba parte del grupo del padre Mersenne, se entera de los experimentos de Torricelli con respecto al vacío. Esta noticia entusiasmó a Pascal de tal manera que enseguida se propuso repetir dicho experimento, y a su vez variar algunas de las condiciones en que se realizó para ampliar así el campo de experimentación. Este experimento era crucial porque permitiría refutar –al menos así lo concibió Pascal– uno de los axiomas sostenidos por la física aristotélica y también por Descartes: *no es posible aceptar la existencia del vacío en la naturaleza*.

En 1647 publica Pascal un opúsculo: *Nuevos experimentos respecto al vacío*. Del mismo afirma que es “dado como anticipo de un tratado más extenso sobre el mismo asunto”¹⁶, en el que describe con sumo detalle los experimentos por él llevados a cabo. Sin embargo, sólo ha llegado hasta nuestros días de ese proyectado tratado el prefacio y algunos fragmentos¹⁷. Son testimonio también de la polémica desatada por esta serie de experimentos las cartas que Blaise intercambia con el padre Noël, sacerdote jesuita que defendía las ideas aristotélicas y cartesianas.

¹⁵ Cf. Blaise PASCAL, “Carta dedicatoria a Monseñor el Canciller referente a la máquina recientemente inventada por B. P.” en *Obras*, pp. 712-720.

¹⁶ Blaise PASCAL, “Nuevos experimentos respecto al vacío”, en *Obras*, p. 730.

¹⁷ Koyré estima que este “Tratado del vacío” fue terminado en 1651, una vez llevados a cabo todos los experimentos. Cf. Alexandre KOYRÉ, “Pascal como científico” en *Estudios de historia del pensamiento científico*, p. 351.

Ese mismo año Blaise y Jacqueline se trasladan nuevamente a París. Allí tienen lugar las tres únicas entrevistas personales entre Pascal y Descartes. Los experimentos en torno al vacío son motivo de discusión por parte de los dos pensadores, no estando Descartes convencido de las conclusiones que Pascal sacara de los mismos.

Al poco tiempo escribe una carta a su cuñado, Florin Périer, para que realice un experimento en su nombre, el denominado experimento del Puy de Dôme: “He imaginado uno [un experimento] que es el único que podrá bastar para darnos la luz que buscamos si puede ser ejecutado con exactitud”¹⁸. La descripción de este experimento y las conclusiones a las que en él se llegan están descritas en la *Relación del gran experimento del equilibrio de los líquidos*, terminado en el año 1648.

Los tratados mencionados, junto con el más sistemático *Tratado sobre el equilibrio de los líquidos y el peso de la masa de aire*, publicado póstumamente, constituyen la totalidad de las obras físicas de Pascal que se han conservado y serán objeto de análisis en esta investigación. Sobre dichas obras coinciden los estudiosos en destacar el importante papel que juegan como testimonio de la ciencia experimental llevada a cabo por Pascal, como así también dan cuenta de la claridad de la exposición y el ingenio literario del que su autor hace gala¹⁹.

Es durante la estancia en Rouen cuando la familia Pascal entra en contacto por primera vez con los ideales y modos de vida de Port-Royal (ver nota 22). Jacqueline es quién queda más impresionada, expresando su deseo de entrar como monja del convento, pero esto sucede sólo tras la muerte de su padre, en el año 1651.

En este año Pascal cuenta con 28 años, y es, por primera vez en su vida, social y económicamente independiente. Se inicia un período que sus biógrafos han denominado *vida mundana*, en la que frecuenta diversos amigos y círculos sociales, pero que de ninguna manera se trata de una *vida libertina*²⁰.

¹⁸ Blaise PASCAL, “Carta del señor Pascal, hijo, al señor Périer del 15 de noviembre de 1647”, en *Obras*, p. 779.

¹⁹ Cf. Alexandre KOYRÉ, “Pascal como científico” en *Estudios de historia del pensamiento científico*, p. 361; Morris BISHOP, *Pascal. La vida del genio*, pp. 96-97; Michele Federico SCIACCA, *Pascal*, p. 65.

²⁰ Cf. Ben ROGERS, “Pascal’s life and times” en Nicholas HAMMOND (ed.), *The Cambridge Companion to Pascal*, pp. 13-14.

También de estos años son algunas de las investigaciones matemáticas que lleva a cabo. Se conserva el *Tratado del triángulo aritmético* y algunas cartas intercambiadas con el matemático francés Pierre Fermat (1601-1665). Los temas tratados en estas cartas constituyen lo que luego formaría parte de la teoría de la probabilidad; de hecho se considera que estas cartas son el origen del estudio sistemático de la misma. El perdido *Tratado sobre las cónicas* –que retomaba el tratado escrito a los 16 años y que Leibniz tuvo la oportunidad de conocer– es también de este período.

Pero muy pronto tendrá lugar un hecho que cambiará el rumbo de su vida y de sus intereses. Según el testimonio que él mismo deja por escrito en un *Memorial*²¹, el 23 de noviembre de 1654 tiene una experiencia mística, y en adelante sus esfuerzos se centrarán en llevar una vida de auténtico cristiano, dedicándose a obras de caridad, a la meditación y la reflexión acerca del alma humana y los misterios de la fe.

No se trata, sin embargo, de un completo abandono o desinterés por las ciencias de la naturaleza, más bien de subordinarlas dentro de un conjunto más grande de conocimientos y objetivos. Se volverá sobre esto más adelante.

Después de su *conversión*, Pascal, impulsado por su hermana, se acerca a Port-Royal en busca de un director espiritual y se va a vivir entre los llamados *solitarios* en el año 1655. En orden a defender las ideas jansenistas que primaban en el convento, escribe una serie de cartas conocidas como las *Cartas Provinciales*, entre los años 1656 y 1657²².

²¹ Cf. Blaise PASCAL, “Memorial” en *Obras*, pp. 607-608.

²² Port-Royal es una abadía de monjas cistercienses ubicada al sur de París. Su nombre está ligado al jansenismo, ya que, durante la reforma iniciada en el siglo XVII por la Madre Angélica –en el siglo Jacqueline Arnauld– reunió a gran parte de los simpatizantes del obispo Jansenio (1585-1638). Los *solitarios* de Port-Royal constituían un grupo de hombres que se retiraron a vivir cercanos a las dependencias de la abadía, y que fundaron *petites écoles* donde instauraron una reforma pedagógica y metodológica.

El escrito más importante de Jansenio es una obra en tres tomos conocida como *Augustinus*, publicada en 1610. La doctrina jansenista establece principalmente que, después del pecado original, el hombre ya no es libre; sin la gracia y dejado a su libre albedrío, no puede sino pecar. La gracia, por su parte, atrae hacia sí al hombre, no pudiendo éste oponerse a ello. El hombre está destinado a la condenación o salvación independientemente de cualquier mérito personal. La teología jansenista conducía a una moral rigorista y ascética, de talante más bien pesimista.

Los jesuitas fueron los más importantes opositores del jansenismo. Consiguieron que el papa Urbano VIII condenara las principales proposiciones que se desprendían de este libro (motivo de discusión aparte constituía si tales proposiciones se encontraban o no

En los años 1657-1659 retoma el estudio de la geometría, resolviendo el problema de la cicloide. Escribe también dos opúsculos: *Del espíritu geométrico* y *Del arte de persuadir*, probablemente para que sirvieran de prólogo a unos *Elementos de Geometría* destinados al uso de los estudiantes de las pequeñas escuelas de Port-Royal.

Pero el proyecto al que decididamente Pascal consagró su mayor dedicación y esfuerzo en los últimos años de su vida es a una proyectada *Apología del cristianismo*, para la cual tomó notas y bosquejó ideas durante un largo período de tiempo. No pudo concluir su proyecto porque las fuerzas ya no lo acompañaban; la enfermedad que lo persiguió toda su vida lo fue debilitando hasta su muerte el 19 de agosto de 1662²³.

en el libro de Jansenio). Por su parte, el sacerdote Antoine Arnauld (1612-1694) se alzó en defensa de Jansenio, abogando por una reforma moral y eclesiástica siguiendo las doctrinas jansenistas. En 1653 las proposiciones reciben una nueva condena, esta vez por parte de Inocencio X. En 1656 Arnauld es condenado por la Sorbona. De esta época, en que se impuso el cierre de las *petites écoles*, datan las *Cartas Provinciales* de Pascal, publicadas de manera anónima. Se vale Blaise de un personaje inventado, Luis de Montalte, un hombre común que explica a un provinciano, es decir, un hombre alejado de la ciudad, las doctas discusiones que ocupan a los doctores y magistrados. A lo largo de dieciocho cartas, Pascal argumenta contra los jesuitas y pone en ridículo sus doctrinas, logrando la simpatía del común de los ciudadanos. En 1656, el papa Alejandro VII impuso un "formulario de sumisión" que debía ser firmado por todos los miembros del clero aceptando la condena a las tesis jansenistas. Pascal se negó a firmar, creyendo sinceramente que de este modo defendía de forma coherente la doctrina católica.

Las discusiones sobre la gracia y el poder papal, que a lo largo de los siglos fueron tomando otros matices, llegaron hasta el Concilio Vaticano I, que declaró la infalibilidad papal. Cf. José FERRATER MORA, art. "Jansenismo", *Diccionario de Filosofía II*, (2009) 1929-1932.

²³ No se conoce de manera cierta cuál fue la enfermedad que afectó a Pascal desde su temprana edad. Los biógrafos hablan de náuseas, mareos, fuertes migrañas y malestares estomacales. Su hermana Gilberte afirma, y así parece serlo, que el excesivo trabajo intelectual al que se sometió desde niño contribuyeron a quebrantar su salud: Gilberte PÉRIER, "Vida de Monsieur Pascal" en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 7. "Mi padre gozaba todo lo imaginable con los progresos que mi hermano hacía en todas las ciencias; pero no se dio cuenta de que aquella enorme y continua ocupación del espíritu, a una edad tan tierna, podía justificar mucho su salud, y en efecto, está empezó a deteriorarse a la edad de dieciocho años". Morris BISHOP, *Pascal. La vida del genio*, pp. 20-21: "no cabía la menor duda de que tal abuso del desarrollo mental tenía que perturbar por completo el ritmo de su crecimiento. [...] Es, por lo tanto, bien probable que los trastornos físicos y nerviosos, la enfermedad del ojo, la hipersensibilidad de sus últimos años tuvieran su origen en aquel régimen de genio, con el completo abandono del adiestramiento físico".

Biografía intelectual

Esta serie de notas han sido publicadas póstumamente con el nombre de *Pensamientos*, que reúnen diversas reflexiones acerca del conocimiento, la moral, la situación del hombre tras el pecado original y la necesidad de la gracia que Dios infunde para conocerlo y amarlo. En ellas se puede ver las experiencias que Pascal ha reunido durante toda su vida: se vale tanto de sus conocimientos físicos y matemáticos como de sus experiencias en el conocimiento de los hombres, y todo ello lo dirige a la defensa de la que él considera la única verdad que vale la pena conocer y amar: la situación en la que se encuentra el hombre privado de Dios, y la verdad insondable del único Ser que puede calmar la infinita sed del hombre.

Capítulo dos

La posibilidad del vacío en la naturaleza

Los primeros opúsculos y tratados físicos de Pascal giran en torno a la demostración experimental de una afirmación de la que él personalmente ya está convencido: *la posibilidad del vacío en la naturaleza*. Esto lo llevará, en último término, como se verá en el capítulo tres, a explicar fenómenos acerca de la presión del aire y el equilibrio de los líquidos. En este capítulo se examinarán esos primeros experimentos, como así también las cartas intercambiadas con respecto a ellos con el padre Noël, lo que permitirá poner de relieve las primeras ideas de Pascal acerca de la ciencia, el método que debe seguir y el papel que el experimento juega en su desarrollo.

2.1. Estado de la cuestión

Para poder entender la importancia del problema que se planteaba al intentar establecer la posibilidad del vacío en la naturaleza, y lo determinante que resultaba en cuanto a la solvencia de la física aristotélica, se hará un breve estado de la cuestión. Pretender abarcar y resumir los principios de la física aristotélica excede ampliamente los objetivos de este trabajo, sólo se hará mención a lo que pueda resultar relevante para entender lo que se discute y está en juego.

Se seguirá aquí el análisis que hace Alexander Koyré en su libro *Estudios Galileanos*¹. La física aristotélica, afirma este autor, puede ser considerada una teoría en tanto que da cuenta de fenómenos de la realidad, no quedándose simplemente en los hechos observados, sino tratando de explicarlos y fundamentarlos mediante una elaboración sistemática.

Según esta teoría, cada sustancia o elemento tiene una *naturaleza* determinada, que establece el lugar que le corresponde en un cosmos que es ordenado. Dentro del cosmos, que constituye un todo, cada sustancia está distribui-

¹ Cf. Alexandre KOYRÉ, "En los albores de la ciencia clásica" en *Estudios Galileanos*. Traducción de Mariano González Amboú, México, Siglo Veintiuno Editores, 2005, pp. 7-14.

da y ocupa un lugar de acuerdo a ese orden que es estático. Sólo en ese lugar cada ser alcanzará su perfección y logrará su fin. Lo que debe ser explicado en este sistema, entonces, es cómo se produce el movimiento.

En esta concepción del universo, si se quisiera desplazar a las cosas fuera de su lugar natural “opondrían resistencia a todo lo que quisiera echarlas de allí –cosa que sólo la violencia podría lograr– y tratarían de regresar allí cuando, debido a esta violencia, no se encontraran en ‘su’ lugar”². Cada vez que se produce un movimiento se rompe el orden establecido, y esa ruptura es producto o de una *operación* exterior que se ejerce para sacar a las cosas de su lugar –*movimiento violento*– o de una *actualidad* del mismo ser para recuperar el lugar preestablecido –*movimiento natural*–.

El permanecer en un lugar es, entonces, lo propio de las sustancias que se encuentran ubicadas en el cosmos. El movimiento es algo pasajero y, en cuanto tal, un *proceso*, un *devenir*. Y es necesario, para explicarlo, determinar la causa o *motor* que produce el movimiento. Según lo que se ha dicho, en el caso de los movimientos naturales, el motor es la misma naturaleza de la sustancia, inherente a ella, la que la lleva a alcanzar esa perfección. En el caso de los movimientos violentos, se trata de un motor externo que imprime una *forma* que permanece durante todo el proceso del movimiento –precisamente por tratarse de un movimiento y no de un estado–: “Separad el motor del móvil y el movimiento cesará. En efecto, Aristóteles no admite acción a distancia: toda transmisión de movimiento implica –según él– un contacto”³.

Esta teoría satisface ampliamente varios problemas, pero deja abierto uno importante, uno que surge de la observación de un fenómeno muy común y cotidiano: al arrojar o poner en movimiento algo, en un movimiento de proyección, el movimiento se mantiene aunque el motor –aquél que mediante una acción inició el movimiento– no lo siga acompañando.

¿Cómo explica la teoría aristotélica esto? Aristóteles afirma que el movimiento se mantiene porque el aire que ha sido empujado cuando se inició el movimiento impulsa al móvil precipitándose tras el cuerpo “con un movimiento más rápido que el que los desplaza hacia su lugar propio”⁴. Pero en el vacío esto no podría ocurrir.

² Alexandre KOYRÉ, “En los albores de la ciencia clásica” en *Estudios Galileanos*, p. 9.

³ Alexandre KOYRÉ, “En los albores de la ciencia clásica” en *Estudios Galileanos*, p. 12.

⁴ ARISTÓTELES, Phys. Δ 4, 215a 15ss. (en *Física*. Introducción y notas de Guillermo R. de Echandía, Madrid, Gredos, 1995, p. 254).

Se trata de una reacción del mismo medio ambiente en el que se mueve el cuerpo y que procura evitar la formación de vacío, “el espacio ha de estar lleno de materia para transmitir efectos físicos por contacto”⁵. La naturaleza *aborrece el vacío*, por eso siempre actúa para impedirlo. Este *horror vacui* permitirá explicar otros fenómenos, como se verá más adelante.

Dentro de este esquema, se está en condiciones de explicar por qué para Aristóteles el vacío no puede darse en la naturaleza. Son varios los argumentos que el autor propone, no desconociendo la dificultad del tema sobre el que se propone discutir.

Los movimientos naturales que realizan los cuerpos para volver a su lugar natural, se dan siempre en línea recta, es decir, de la manera *más directa posible*. En el vacío, sin ninguna resistencia que vencer, este movimiento sería instantáneo, pero afirmar tal cosa sería absurdo. Otro absurdo se originaría también en el caso de los movimientos violentos: al no encontrar éstos obstáculo, se produciría un movimiento infinito.

Si se concibiera dentro del cosmos ordenado de Aristóteles la existencia del vacío, no habría lugares naturales, no podría haber un orden preestablecido: “en el vacío un cuerpo no sabría dónde ir, no tendría ninguna razón para moverse en una dirección más bien que en otra y, por lo tanto, para moverse en absoluto”⁶.

Aristóteles define el lugar como “el límite del cuerpo continente que está en contacto con el cuerpo contenido”⁷. Llega a esta definición cuando, en su intento por definir qué sea el lugar, descubre que es el *donde* están las cosas, pero que no coincide con la cosa, sino que de algún modo la limita. Que las cosas *están* en un lugar es evidente –en esta concepción del universo– porque cuando se produce un desplazamiento, el cuerpo pasa a ocupar un lugar distinto al lugar en que estaba, siendo el que era su lugar ocupado por aire u otro elemento o sustancia, y también es evidente que ese lugar no forma parte de la cosa misma que se desplaza. Un lugar vacío sería un lugar donde no está contenido nada, lo cual es una contradicción a la definición.

Si bien la teoría descrita era la que se enseñaba en las escuelas, la teoría de Demócrito, cuestionada por Aristóteles, contaba también con sus parti-

⁵ Joan Josep SOLAZ-PORTOLÈS, “El espacio vacío y sus implicaciones en la historia de la ciencia”, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 14 (1997) 194-208 [p. 196]. Disponible en <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7033/6509> [consultado el 06/02/2012].

⁶ Alexandre KOYRÉ, “En los albores de la ciencia clásica” en *Estudios Galileanos*, p. 13.

⁷ ARISTÓTELES, *Phys. Δ* 4, 212a 6-7. (en *Física*, p. 239).

darios en la época de Pascal. Demócrito (ca. 460-370 a. C), discípulo de Leucipo, tomó de su maestro la idea de la constitución atómica de la materia. Esta teoría sostenía que la materia primera que compone todas las cosas es minúscula e imperceptible para los sentidos, y en sí misma indivisible, y llamó a esas pequeñísimas partes de materia *átomos*. Entre los átomos existe espacio vacío, y el universo en su totalidad está compuesto por vacío y átomos. Es el vacío el que permite el movimiento de los átomos, y que se agrupan combinándose de distintas maneras para formar los cuerpos.

Epicuro (ca. 341-270 a. C.), por su parte, hizo suya la teoría de Demócrito, pero introduciendo algunas modificaciones. Sostuvo que cada tipo de átomo tenía un peso distinto, y que se mueven en línea recta y hacia abajo por razón de su peso. Sin embargo, como ese movimiento se producía en el vacío, agudamente se dio cuenta de que, a pesar de la diferencia de peso, todos caen a la misma velocidad⁸.

Varios siglos más adelante⁹, aparece un concepto que permite resolver el problema que ponía en tela de juicio a la doctrina de Aristóteles: el *ímpetus*. El *ímpetus* –concepto en cierta medida predecesor al concepto de inercia– se puede definir como la *impresión de movimiento* que recibe un cuerpo que hace que éste empiece a moverse y que se mantenga en movimiento sin necesidad de acciones ulteriores¹⁰. Es proporcional a la masa del cuerpo y a la velocidad inicial impartida por el agente de movimiento. Un exponente de esta teoría es el filósofo francés Jean Buridan (1300-1366).

Galileo, en sus denodados esfuerzos por criticar la concepción aristotélica del movimiento y las conclusiones a las que llegaba, adopta y desarrolla en sus primeros escritos la teoría del *ímpetus*, pero finalmente la abandona, porque, si bien es compatible con el movimiento en el vacío, es incompatible con el principio de

⁸ Cf. William K. C. GUTHRIE, *Los filósofos griegos. De Tales a Aristóteles*. Traducción de Florentino M. Torner, México, Fondo de Cultura Económica, 2005², p. 72.

⁹ No se pretende hacer un desarrollo exhaustivo del concepto de vacío en la historia de la ciencia. Entre los pensadores medievales, se encuentran ya en Roger Bacon (1124-1194) y William of Ockham (1295-1394) argumentos a favor de la existencia del vacío, o al menos la hipótesis de que es posible que se dé en la naturaleza. En el Renacimiento, se puede nombrar a las figuras de Giambattista Benedetti (1530-1590) y de Giordano Bruno (1548-1600) como defensores de la existencia del vacío. Cf. Joan Josep SOLAZ-PORTOLÈS, “El espacio vacío y sus implicaciones en la historia de la ciencia”, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, p. 196.

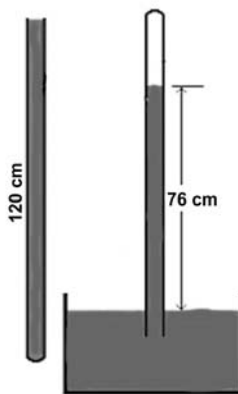
¹⁰ Cf. Alexandre KOYRÉ, “Galileo y Platón” en *Estudios de historia del pensamiento científico*, p. 164.

inercia. Galileo admite la posibilidad de un espacio vacío en la naturaleza, y procurará generarlo experimentalmente a partir de un cilindro cerrado y un pistón¹¹.

Es destacable la importancia de la consideración del vacío en el pensamiento de Galileo que, si bien no lo llevaron a los descubrimientos acerca del peso del aire, ya que seguía atribuyendo el fenómeno al horror al vacío –lo mismo en el caso del funcionamiento de las bombas de agua– le permitió postular el *experimento mental* de que, si los cuerpos cayeran en el vacío –es decir ausencia de aire o cualquier otro gas que le ofreciera resistencia– recorrerían las mismas distancias en los mismos tiempos, independientemente de su peso, la misma conclusión a la que había llegado Epicuro. Esto le permitió distinguir entre peso absoluto y peso relativo de los cuerpos, y afirmar que es en el vacío donde los cuerpos se mueven según su peso absoluto. Además, pudo determinar que la velocidad de caída de los cuerpos aumenta uniformemente con el tiempo.

Los experimentos de Galileo inspiraron a su discípulo Evangelista Torricelli (1608-1647) físico y matemático italiano, quien tuvo la acertada idea de realizar el experimento con mercurio, cuya densidad superior a la del agua permitía llevar a cabo la experimentación en tubos más pequeños y, por lo tanto, más fáciles de fabricar (el usado por Torricelli tenía aproximadamente 1,20 m de longitud). Realizó el experimento en el año 1644. Ésta es su descripción:

Esquema del experimento de Torricelli



¹¹ Cf. Joan Josep SOLAZ-PORTOLÈS, “El espacio vacío y sus implicaciones en la historia de la ciencia”, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, p. 200.

Se toma un tubo de vidrio abierto en un extremo y cerrado en el otro. Tras llenarlo de mercurio, se lo coloca perpendicularmente al piso y con el extremo abierto hacia abajo –provisionalmente tapado– sumergido en un recipiente lleno hasta la mitad de mercurio y la otra mitad de agua (por la densidad, el mercurio queda en la parte inferior del recipiente). Cuando se destapa la abertura, el mercurio desciende por el tubo, dejando en la parte superior un espacio vacío. La columna de mercurio, tomando como referencia el valor medio al nivel del mar, es de una altura de unos 0,76 m.

Si se eleva el tubo de tal manera que su abertura quede en contacto con la parte del recipiente que está llena de agua, el mercurio asciende nuevamente por el tubo llenándose por completo con mercurio y agua, mezclándose los dos líquidos. Finalmente, desciende todo el mercurio y el tubo se llena completamente de agua.

La respuesta de los aristotélicos acerca del espacio vacío que se formaba en la parte superior del tubo era que el hueco dejado estaba lleno de aire enrarecido, pero admitían que era difícil explicar qué causaba que descendiera hasta cierta altura y no a una mayor o menor. La longitud de la columna de mercurio se mantenía constante en condiciones iguales, independientemente de la longitud del tubo.

Como se ha dicho anteriormente, las noticias del experimento llegaron a Pascal mientras se encontraba con su familia en Rouen, en el año 1647. Entusiasmaban tanto al padre como al hijo, que eran partidarios de la idea de la posibilidad de generar un vacío en la naturaleza.

Es importante notar, sin embargo, y con la mirada sobre los hechos posibilitada por la distancia histórica, que estos experimentos estaban lejos de ser tan decisivos como los partidarios de uno u otro bando lo consideraron: el vacío *producido* por los experimentos realizados ciertamente no resultaba una *prueba* de su existencia en la naturaleza¹². Esto se verá más adelante cuando se analice críticamente el papel que otorga Pascal a los experimentos cruciales.

Si se considera el concepto que postula Aristóteles de espacio vacío como un concepto puramente filosófico, se puede afirmar que un experimento físi-

¹² Cf. Egidio FESTA, “Torricelli, Pascal y el problema del vacío”, en José Luis MONTESINOS SIRERA (dir.), *La ciencia europea desde 1650 hasta 1800*. Fundación Orotava de Historia de la Ciencia, Actas años XIII y XIV, Encuentros Educativos, Canarias, Ediciones Educativas Canarias, 2007, p. 1-17. [p. 1]. Disponible en: http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/fundador/archivos%20adjuntos/publicaciones/actas/13_14/conferencias/egidio_festa.pdf [consultado el 25/10/2011].

co no puede invalidar un concepto filosófico de manera absoluta. Pero aquellos que querían defender la autoridad y mantener el predominio de Aristóteles lo llevaron hasta sus últimas consecuencias en el plano de la física. Mas la física moderna no se preocupará ya de determinar esencias o naturalezas, sino de encontrar un concepto convencional que dé cuenta de los fenómenos cuantificables. Sobre todo esto se profundizará en el desarrollo de los capítulos subsiguientes.

2.2. Primeros Experimentos de Pascal

La ciudad de Rouen era conocida por la calidad de su fabricación de vidrio, lo cual era sumamente propicio para los devenidos experimentadores. Petit, quien se encontraba de visita en la casa de los Pascal y había traído la noticia del experimento realizado en Italia, encargó que le fabricasen un tubo de 1,20 m, tal como el que había utilizado Torricelli. Llevaron a cabo el experimento con idénticos resultados: el mercurio se derramó sobre el agua hasta alcanzar la altura de dos pies y tres pulgadas, equivalentes a 67,5 m de longitud¹³.

Así lo afirma Pascal en su tratado *Nuevos experimentos respecto al vacío* (1647). Este escrito estaba preparado para dar a conocer los experimentos llevados a cabo y las conclusiones a las que arribó, y como anticipo de un tratado más extenso y detallado que pensaba escribir más adelante. Tras narrar el experimento llevado a cabo por Torricelli, cuenta que lo repitió en compañía de Monsieur Petit “de la misma manera que había sido hecho en Italia, y encontramos punto por punto todo lo que se había dado a conocer en dicho país, sin que en aquel entonces descubriéramos nada nuevo”¹⁴.

A continuación enuncia Pascal las conclusiones a las que llegó tras el experimento realizado. En primer lugar, que el vacío no era imposible en la naturaleza, en segundo lugar, que la naturaleza no lo aborrece con tanta vehemencia como muchos se encontraban inclinados a creer.

¹³ Se convertirán las medidas usadas por Pascal al sistema métrico decimal. Pascal menciona un tubo de unos 30 pies –siendo un pie aproximadamente 30 cm–, por lo tanto el tubo tendría 1,20 m, como se ha mencionado. Una pulgada equivale a 2,5 cm aproximadamente, por lo que la altura de la columna de mercurio alcanza los 67,5 cm en el lugar donde Pascal realizó el experimento.

¹⁴ Blaise PASCAL, “Nuevos experimentos respecto al vacío”, en *Obras*, p. 731.

El que la naturaleza aborrece el vacío era un principio sumamente aceptado, como se ha visto ya. La idea de naturaleza que subyace es, evidentemente, la de Aristóteles. Para el filósofo griego, la *physis* comprende a los entes móviles, materiales y sensibles, sujetos a cambio, cuya principal característica es el tener en sí mismos el principio de movimiento y de reposo. Acompañan a la totalidad de los objetos físicos como accidentes inherentes la materia, la forma, el lugar, el tiempo y el movimiento. Pensar en un lugar sin un sujeto, esto es, un lugar vacío, carece de sentido¹⁵. Pero los argumentos sostenidos hasta el momento para negar la posibilidad del vacío se basan, al parecer de Pascal, en experimentos que son en su mayoría falsos, y que de ninguna manera prueban lo que se proponen.

Sin embargo, da cuenta Pascal, el experimento de Torricelli no convenció a los partidarios del *horror vacui* ya que “la fuerza de las ideas preconcebidas hizo encontrar también objeciones que lo despojaron de la credibilidad que merecía”¹⁶. Esto lo impulsó a seguir realizando diversos tipos de experimentos que pudieran resistir las objeciones planteadas. La descripción detallada de dichos experimentos ocupa la primera parte del opúsculo.

Pascal describe un total de ocho experimentos, planeados cuidadosamente y realizados con distintos elementos: con una jeringa, un fuelle, un tubo de cristal de aproximadamente 13,8 m (cuarenta y seis pies), un sifón escaleno de aproximadamente 15 m (cincuenta pies) de altura el extremo más largo, otro de aproximadamente 3 m (diez pies); también fue introduciendo variaciones en los líquidos utilizados: agua, mercurio y vino tinto¹⁷.

Cada *experimento* ha sido específicamente diseñado para refutar las distintas objeciones ya planteadas al experimento de Torricelli: así, para refutar a aquellos que sugerían que el vacío estaba constituido en realidad por vapores que se desprendían del mercurio, utilizó vino, sustancia más espirituosa que, según las objeciones, desprendería más vapores, generando un espacio vacío aún mayor. Pero no es eso lo que sucedió, la longitud de la columna del líquido, en este caso el vino, se mantuvo proporcionalmente constante. Lo mismo sucedía aunque variaran los líquidos utilizados.

¹⁵ Cf. Marcelo D. BOERI, “Introducción”, en ARISTÓTELES, *Física*. Traducción, introducción y comentario de Marcelo D. Boeri. Buenos Aires, Editorial Biblos, 1993, pp. 13-15.

¹⁶ Blaise PASCAL, “Nuevos experimentos respecto al vacío”, en *Obras*, pp. 730-731.

¹⁷ Cf. Blaise PASCAL, “Nuevos experimentos respecto al vacío”, en *Obras*, pp. 733-737.

El resultado más importante de estas experiencias es enunciado de la siguiente manera:

“he demostrado por medio de ellas que un vaso, todo lo grande que se pueda hacer, puede ser vaciado de todas las materias que quedan bajo el dominio de los sentidos y que son conocidas en la naturaleza; y qué fuerza es necesaria para hacerle admitir ese vacío”¹⁸.

Es importante destacar que en esta serie de experimentos se ha encontrado no solamente que sí es posible el vacío en la naturaleza, al contrario de lo que creía Aristóteles, sino también que ha sido posible determinar cómo generarlo y la fuerza necesaria para hacerlo, es decir, que no son situaciones absolutamente inusuales en la naturaleza: “en la obra completa [...] me propongo demostrar la fuerza que emplea la naturaleza para evitar el vacío, y cómo lo acepta y lo tolera efectivamente en este gran espacio que se deja fácilmente vacío”¹⁹. El horror al vacío, que incluso Galileo admitía, no es tal como se creía.

No sólo se ha generado en la naturaleza algo que hasta ese momento se creía imposible, sino que también se puede determinar matemáticamente mediante operaciones aritméticas simples la fuerza necesaria para producirlo. A Pascal no parece interesarle la esencia del vacío, sino lograr establecer de qué manera puede producirse, y esto parece bastarle como explicación del fenómeno.

Se puede ver que aquí la idea de naturaleza cambia, no es ya la sostenida por Aristóteles, que no es compatible con lo que Pascal está proponiendo. La idea de naturaleza que tiene en mente Pascal aquí es la galileana, que afirma que la naturaleza está escrita en el lenguaje de la matemática –tal como afirmaba Galileo en su obra *El ensayador*²⁰, de 1623–. Para poder leer este lenguaje, para poder entender la naturaleza, serán necesarias tanto la experimentación como

¹⁸ Blaise PASCAL, “Nuevos experimentos respecto al vacío”, en *Obras*, p. 732.

¹⁹ Blaise PASCAL, “Nuevos experimentos respecto al vacío”, en *Obras*, p. 732.

²⁰ “La filosofía está escrita en ese grandísimo libro [de la naturaleza] que tenemos abierto ante los ojos, quiero decir, el universo, pero no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua, a conocer los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lengua matemática y sus caracteres son triángulos, círculos, y otras figuras geométricas, sin las cuales es imposible entender ni una palabra; sin ellos es como girar vanamente en un oscuro laberinto” Galileo GALILEI, *El ensayador*. Traducción del italiano, prólogo y notas por José Manuel Revuelta, Buenos Aires, Aguilar, 1981, p. 63.

la formulación matemática de las leyes obtenidas. Se persigue el ideal de alcanzar un saber acerca de la naturaleza: “en un sistema de relaciones constantes según leyes universales y necesarias”²¹, en tanto que se afirma que es posible aplicar a la naturaleza los principios y procedimientos de la matemática.

Esto da lugar a una explicación mecanicista de la naturaleza. Si se entiende por mecánica, como propone Guillermo Boido, “la disciplina destinada a investigar la evolución espaciotemporal de los cuerpos, cualitativa o cuantitativa, cuando otros cuerpos ejercen (o no) acciones sobre ellos”²², Galileo puede considerarse mecanicista en el sentido de que considera que los fenómenos se explican, en primera instancia al menos, a partir de alguna teoría mecánica.

Los elementos que componen a la naturaleza se consideran como cuerpos en movimiento. Ahora bien, la fuerza que afecta a los cuerpos no es propia, no es inherente como en el caso de la física aristotélica, sino que es impresa por otro cuerpo por medio del choque. De este tipo es la fuerza que Pascal propone para generar un vacío. Estas fuerzas y movimientos actúan según una ley causal-eficiente, no hay lugar para el finalismo en las leyes mecánicas²³.

Después de la descripción de los experimentos, coloca Pascal una serie de reglas (*maximes*²⁴) a las que arriba como resultado de lo realizado. Estas conclusiones son acerca del *vacío aparente* que ha encontrado, sin dar todavía en una primera consideración el paso definitivo de afirmar que se trata de un vacío real.

Pero finalmente, como ha quedado debidamente demostrado por cada experimento que el vacío aparente no está lleno de ninguna de las sustancias propuestas en las objeciones: aire que ha entrado por los poros del vidrio, aire que se desprende de los líquidos, aire que haya entrado imperceptiblemente al tubo, ni vapor que se desprende, ni ninguna de las materias que

²¹ Michele Federico SCIACCA, *Estudios sobre filosofía moderna*, p. 124.

²² Guillermo BOIDO, Eduardo H. FLICHMAN, “Mecanicismo reduccionista y mecanicismo clásico: dos ejemplos históricos”, en José AHUMADA, Marcio PANTALONE, Víctor RODRÍGUEZ (ed.), *Epistemología e Historia de la ciencia*. Selección de Trabajos de las XVI Jornadas. Volumen XVI, Córdoba, Área Lógico-Epistemológica de la Escuela de Filosofía, Centro de Investigaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, 2006, p. 101.

²³ Cf. José FERRATER MORA, art. “Mecanicismo”, *Diccionario de Filosofía* III, (2009) 2344-2348. Como bien señala el autor, la doctrina mecanicista adoptada por diversos autores a lo largo de los siglos implica también distintas concepciones acerca del mismo; no todos los autores lo entienden del mismo modo y, a su vez, no todos le dan el mismo alcance.

²⁴ Cf. Blaise PASCAL, *Œuvres complètes*, p. 197.

son conocidas por la naturaleza, puede afirmar que “hasta que me hayan demostrado la existencia de alguna materia que lo llene, que está verdaderamente vacío y carente de toda materia”²⁵.

Afirma entonces que todas las conclusiones adoptadas sobre el vacío aparente son relativas al vacío verdadero. Pascal en este tratado todavía admite el horror al vacío, como se puede ver en la regla n° 1: “que todos los cuerpos sienten repugnancia a separarse uno de otro y a admitir el vacío en su intervalo; es decir que la naturaleza odia el vacío”; pero ya empieza a encontrar las limitaciones de esta afirmación, tal como lo enuncia en la regla n° 3: “que la fuerza de ese horror es limitada e igual a aquella con la que el agua, a una cierta altura, que es aproximadamente de treinta y un pies [9,30 m], tiende a descender”. La conclusión está dada en la regla n° 7:

“Que una fuerza más grande, aunque sea en una proporción todo lo pequeña que se quiera, que aquella con la que el agua, con una altura de treinta y un pies, tiende a descender, basta para hacer aceptar un vacío, incluso todo lo grande que queramos: es decir, a hacer que se separen los cuerpos un intervalo todo lo grande que se quiera; con tal de que no haya más obstáculos a su separación ni a su alejamiento que el horror que la naturaleza tiene al vacío”²⁶.

Concluye el opúsculo prometiendo responder en el futuro tratado a las principales objeciones que se le puedan plantear. El mismo enumera esas objeciones: la primera objeción es que la proposición de la existencia del vacío repugna al sentido común; la segunda que afirmar que la naturaleza aborrece el vacío y al mismo tiempo lo permite es una contradicción; la tercera que varios experimentos demuestran que la naturaleza no puede soportar el vacío; la cuarta, que el espacio vacío está lleno por una materia, pero que esa materia es imperceptible para los sentidos y la quinta, que la luz, siendo un accidente o una sustancia, no es posible que se mantenga en el vacío, si es un accidente, y que llene el espacio vacío, si es una sustancia.

En este breve opúsculo se pueden empezar a rastrear algunas de las ideas acerca del conocimiento científico que Pascal sostenía. En primer lugar, se destaca su intención de rebatir una idea, un principio de la filosofía

²⁵ Blaise PASCAL, “Nuevos experimentos respecto al vacío”, en *Obras*, p. 738.

²⁶ Blaise PASCAL, “Nuevos experimentos respecto al vacío”, en *Obras*, p. 739.

aristotélica casi universalmente aceptado oponiéndole no otro argumento –ya se vio cómo Aristóteles recurría a una argumentación por el absurdo para mostrar la imposibilidad de la existencia del vacío– sino una serie de *experimentos* realizados con el máximo cuidado de los detalles: elementos utilizados, medidas consideradas, diversidad de líquidos y recipientes utilizados para evaluar posibles variaciones en los resultados obtenidos, etc.

Las discusiones llevadas a cabo en torno al vacío, de las que Pascal se había nutrido en el grupo del Padre Mersenne, siempre se habían dado en el plano teórico; ahora el joven pensador se encuentra frente a una posible prueba que le permitiría demostrar su hipótesis, un *experimento* que podría ayudar a resolver la cuestión.

Su objetivo era, a través de un *experimento*, establecer la hipótesis, sostenida por los *vacuistas*, de la existencia del vacío, y que esa serie de experimentos fueran tan concluyentes que pudieran sentar una conclusión. Y es claro que, al parecer de Pascal, un experimento bastaba para rebatir una idea que se mantenía únicamente porque formaba parte de una teoría –la aristotélica– fundada a partir del sólo razonamiento.

La palabra *experimento* ha sido destacada con el propósito de hacer notar la diferencia entre *experimentos* diseñados y la simple observación de la *experiencia* o sentido común, de la que se valen los partidarios del aristotelismo. En un experimento se analiza un fenómeno que se quiere estudiar –en muchos casos se lo reproduce artificialmente– mediante una observación cuidadosamente planeada y controlada en todas sus variables y condiciones iniciales.

Para los aristotélicos, basta con observar lo que a los sentidos se presenta para poder fundar la ciencia. No se puede pretender sostener una teoría que niegue los *hechos evidentes* que se nos presentan en la vida cotidiana. El sentido común es el que guía las investigaciones que se llevan a cabo y el que sostiene las teorías.

En la ciencia moderna se considera algo distinto. Lo que muestra el sentido común y los sentidos no basta, es necesario *interpretar* los hechos desde una teoría científica que muchas veces antecede a la observación. La experimentación siempre va preparada previamente por una cierta fundamentación teórica, una hipótesis que se quiere probar. La importancia de la experimentación es que es ella la que permitirá al investigador determinar si es posible sostener su teoría, es ella el último juez al que se somete la teoría.

Tal como Pascal dirá en las cartas al padre Nöel, que se verán a continuación, y también en el prefacio al *Tratado sobre el vacío*, los fenómenos de la rea-

lidad pueden ser explicados de múltiples maneras; ésta se presenta en toda su riqueza y esplendor ante los ojos del científico y no es posible abarcarla ni agotarla. La forma propicia de acercarse a ella es mediante una hipótesis previa, y a partir de ella interrogar a la realidad y tratar de conocer alguna de sus características.

El ideal científico planteado por Pascal apunta a poder obtener resultados que sean cuantificables y a partir de los cuales se pueda extraer una regla general. Y estas reglas o máximas se obtendrán a partir de situaciones controladas y creadas por el científico²⁷, dirigidas a asegurar la verdad de una determinada hipótesis. Para el mecanicismo clásico, y tal como parece concebirlo Pascal en este contexto, existen principios inmutables en la naturaleza y esos principios pueden ser expresados en lenguaje matemático: "Todos los fenómenos se explican en primera instancia (si bien no necesariamente en última instancia), a partir del orden causal, matematizado, de la naturaleza espacio-temporal, con leyes reversibles y deterministas"²⁸.

Los principios, para Pascal, se obtienen mediante la generalización de los casos particulares, y su expresión matemática consiste en establecer cuantitativamente relaciones y proporciones entre los datos obtenidos por los experimentos. Así, en estos primeros intentos de formalizar la ciencia, la matematización viene dada por determinar, en este caso concreto, cuál es la fuerza necesaria para producir un vacío en el tubo, que va a depender de la altura de la columna y de la densidad del líquido utilizado. Para generar un vacío en un tubo de mercurio, bastará con que la fuerza sea superior a la altura que alcanza la columna de mercurio, que es de aproximadamente 67,5 cm. En cambio, cuando se esté trabajando con agua, cuya densidad es catorce veces menor²⁹, la fuerza deberá ser superior a aquella con la que ésta tiende a descender, que es de aproximadamente 9,3 m.

Estas proporciones le permiten a Pascal establecer analogías que explican los casos en que se utilicen distintos líquidos y distintos tubos, y que

²⁷ Cf. Ernst CASSIRER, *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia moderna*. I, p. 479.

²⁸ Guillermo BOIDO, Eduardo H. FLICHTMAN, "Mecanicismo reduccionista y mecanicismo clásico: dos ejemplos históricos", en José AHUMADA, Marcio PANTALONE, Víctor RODRÍGUEZ (ed.), *Epistemología e Historia de la ciencia*. Selección de Trabajos de las XVI Jornadas. Volumen XVI, p. 101.

²⁹ Pascal establece esta proporción; hoy se sabe que la densidad del mercurio es 13,6 veces mayor que la del agua. Esa es la causa de que las proporciones no sean exactas.

podrá utilizar al máximo cuando explique el fenómeno como causado por la presión del aire, como se verá.

Las cualidades que son cuantificables, esto es, traducibles al lenguaje de la matemática, pasarán a ser para los científicos modernos las propias del objeto del estudio de la naturaleza: espacio, tiempo, movimiento, resistencia. Estas son objetivas, mientras que las cualidades secundarias, como ser sabor, olor y color, dependen del sujeto y no permanecen.

La argumentación silogística, propia de los adversarios a los que se enfrentaba Pascal, es también atacada. La lógica aristotélica aparece a los partidarios de la nueva ciencia como estéril e insuficiente para dar cuenta de los fenómenos y de los descubrimientos. Así se puede ver en la siguiente afirmación de Pascal:

“Unos dijeron que lo alto de la cerbatana estaba lleno de los vapores del mercurio; otros que de un grano de aire imperceptiblemente rarificado; otros de una materia que sólo existía en su imaginación; y todos, conspirando para desterrar el vacío, emplearon a porfía esa potencia del espíritu que llaman Sutileza en las escuelas y que, como solución a las verdaderas dificultades, sólo da vanas palabras sin fundamentos”³⁰.

No se desprecia aquí a la deducción silogística que, en cuanto tal, es el fundamento de la argumentación matemática y así es usada en la geometría euclidiana, admirada por Pascal y propuesta como modelo a seguir por toda ciencia, tal como se verá más adelante. De lo que se trata es de dirigir la mirada hacia lo que los experimentos revelan y a partir de ellos fundar la ciencia, dejando de lado las discusiones y relaciones que sólo interesan a los eruditos. Estas viejas disputas no hacen más que anquilosar el conocimiento e impedir estar a la altura de los nuevos desafíos que la ciencia presentaba día a día. Aquí la objeción se plantea no a la lógica de Aristóteles, sino a la asunción acrítica de sus conceptos y de sus deducciones, dogmáticamente y como criterio inviolable.

La experimentación y las máximas que a partir de ella pueden formularse pasan –o deberían pasar, proponen Pascal y todos los que piensan como él– a ocupar el lugar central en el conocimiento, reemplazando a las reflexiones en torno a la esencia y a las conexiones lógicas de los conceptos. “El espí-

³⁰ Blaise PASCAL, “Nuevos experimentos respecto al vacío”, en *Obras*, p. 732.

ritu no necesita seguir siendo educado y guiado por la dialéctica: se enfrenta directamente a la experiencia exterior e interior, que abre ante él una fuente más copiosa y más segura de conocimiento”³¹.

Las reglas que Pascal coloca al final de su opúsculo son *generalizaciones* que concluye a partir de los experimentos realizados. A partir de experimentos individuales llega a proposiciones generales. Así lo manifiesta cuando dice “de cuyos experimentos [...] se deducen manifiestamente las siguientes reglas”³². Por último, se destaca también la imaginativa y la originalidad de Pascal a la hora de proponer estos nuevos experimentos, que, como él mismo afirma³³ y los historiadores confirman³⁴, son de su propia autoría.

Tras haber efectuado un recorrido por éste primer opúsculo de Pascal sobre el tema del vacío, es necesario hacer mención a la opinión del historiador de la ciencia Alexandre Koyré, quien, en una conferencia dedicada a Pascal recogida en el libro *Estudios de historia del pensamiento científico*, hace una valoración del papel de Pascal como físico.

Reconoce, en primer lugar, la dificultad del análisis que se propone hacer, debido a que, por un lado, varias de las obras de Pascal se han perdido y, por otro, a que los hechos de su vida que han llegado a la actualidad están rodeados de mitos que hacen difícil hacerse una idea certera de su personalidad³⁵. Al analizar los experimentos narrados por Pascal, se centra en aquellos que describen el uso de tubos de vidrios de 13,8 m y de 15 m, y destaca la casi imposibilidad de fabricar, en esa época, tubos de ese tamaño. Cuestiona también la posibilidad de manipular tales objetos.

Si bien no llega a afirmar que Pascal no hizo los experimentos por él descritos, sí afirma que la exposición realizada por escrito en el tratado no se ajusta totalmente a los hechos³⁶: “creo poder afirmar que no los describió

³¹ Ernst CASSIRER, *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia moderna*. I, p. 447.

³² Blaise PASCAL, “Nuevos experimentos respecto al vacío”, en *Obras*, p. 736.

³³ Blaise PASCAL, “Nuevos experimentos respecto al vacío”, en *Obras*, p. 733.

³⁴ Cf. MORRIS BISHOP, *Pascal. La vida del genio*, p. 77; Michele Federico SCIACCA, *Pascal*, p. 59; Alexandre KOYRÉ, “Pascal como científico” en *Estudios de historia del pensamiento científico*, pp. 375-376.

³⁵ Alexandre KOYRÉ, “Pascal como científico” en *Estudios de historia del pensamiento científico*, p. 350.

³⁶ No hizo falta esperar a las investigaciones del siglo XX para cuestionar los escritos de Pascal; el primero en manifestar públicamente sus dudas acerca de la fidelidad de la descripción de los experimentos realizados fue Robert Boyle (1627-1691) en su

tal como los hizo y no expuso sus resultados tal como se desarrollaron antes sus ojos³⁷.

Esto, que podría parecer una acusación a la *seriedad* de Pascal como científico, no lo es tal, según Koyré. Inmediatamente después explica que la literatura científica del siglo XVII está llena de experimentos que no pudieron haber sido hechos, debido a las limitaciones técnicas con las que los científicos se encontraban, o simplemente porque no era posible que pudieran llevarse a cabo³⁸. Estos experimentos *mentales*, sin embargo, cumplen un muy importante papel en la ciencia.

Así se puede ver en otro de los capítulos del libro de Koyré mencionado: “Un experimento de medición”. Allí el historiador da cuenta de la paradójica situación de la ciencia moderna que está naciendo:

“escoge la precisión como principio; afirma que lo real es geométrico en su esencia y está sometido, por tanto, a la determinación y a la medición rigurosas [...]; descubre y formula (matemáticamente) leyes que le permiten deducir y calcular”.³⁹

Pero no cuenta con los instrumentos adecuados para poder constatar aquello que mediante cálculos puede predecir. Los experimentos propuestos, y muchas veces no realizados, permitían al científico explayarse en aquello en lo que se veía limitado.

Los experimentos mentales cumplen también un papel persuasivo, sirviendo de apoyo a las teorías presentadas con el objetivo de convencer a los lectores de la solidez de los sistemas propuestos. Aunque no se hubiera llevado a cabo el experimento, se estaba en condiciones de proveer las explicaciones matemáticas que anticipan lo que sucedería en el experimento planteado hipotéticamente⁴⁰.

obra *Hydrostatical Paradoxes* de 1666. Cf. Desmond M. CLARKE, “Pascal’s philosophy of science” en Nicholas HAMMOND (ed.), *The Cambridge Companion to Pascal*, p. 110.

³⁷ Alexandre KOYRÉ, “Pascal como científico” en *Estudios de historia del pensamiento científico*, p. 370.

³⁸ Por ejemplo, y para referirse a algo ya mencionado, la caída de los cuerpos en el vacío propuesta por Galileo.

³⁹ Alexandre KOYRÉ, “Un experimento de medición” en *Estudios de historia del pensamiento científico*, p. 280.

⁴⁰ Cf. Luciano BOSCHERO, “Natural Philosophizing inside the Late Seventeenth-Century Tuscan Court”, *The British Journal for the History of Science* 35 (2002), 383-410 [p. 390]. Dis-

Retomando el argumento de Koyré, afirma éste que hay dos fenómenos que se producen en el tubo cuando se realizan los experimentos y de los que Pascal no da cuenta: en primer lugar, que el agua (o el líquido utilizado) burbujea, debido al aire disuelto en el líquido que provoca burbujas; en segundo lugar que, a causa de la presión del aire que varía durante un día completo, la columna de líquido presenta variaciones dentro de las 24 horas.

No es posible afirmar que a un experimentador como Pascal se le pasaran por alto estos fenómenos. ¿A qué se debe, entonces, la omisión de los mismos? Koyré lo explica de la siguiente manera:

“¿Hay burbujas de aire en el agua e incluso en el mercurio? ¡Menuda complicación! Para Pascal esto no tiene ninguna importancia. Ha imaginado tan bien, tan claramente, los experimentos que ha hecho –o que no ha hecho–, que ha captado de ellos lo esencial, a saber, la interacción de los líquidos (para Pascal el aire es un líquido) que se sostienen en equilibrio mutuamente”⁴¹.

Según la hipótesis de Koyré, Pascal atribuye a la mala calidad de los líquidos empleados el que se formaran las burbujas. Si se pudiera contar con líquidos que no tuvieran aire para realizar el experimento, entonces se podría admitir que el vacío aparente era idéntico al vacío real. Si bien Pascal afirma, como se ha citado anteriormente, que hasta que no se encuentre que haya una materia que llene el aparente vacío, el sostendrá que se trata de un vacío real, es claro que toda su investigación está orientada a afirmar la existencia del vacío.

Uno puede preguntarse acerca de la legitimidad de estos experimentos mentales. ¿Por qué científicos como Pascal o Galileo, tan apegados al rigor de la experimentación y la exactitud de los datos recogidos, se aventuran a proponer este tipo de experimentos? Se puede postular como respuesta: la confianza en la teoría y la confianza en el método. Los científicos han interpretado, han leído tan profundamente el lenguaje de la naturaleza, que se

ponible en: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/4028274?uid=3737512&uid=2&uid=4&sid=56004101073> [consultado el 07/04/2012].

⁴¹ Alexandre KOYRÉ, “Pascal como científico” en *Estudios de historia del pensamiento científico*, p. 372.

sienten autorizados para prever lo que sucedería en situaciones ideales. A su vez, cuentan con la formulación matemática que les proporciona el sustento necesario para defender las teorías más audaces “Los experimentos (sean éstos mentales o reales) son igualmente válidos si son formulados en conformidad con los requerimientos de las matemáticas”⁴².

Los científicos modernos, animados por los avances en ciencia, no dudaban de que, siguiendo el método correcto, la razón era capaz de alcanzar el conocimiento de aquello que se propusiera. La razón conoce y tiene certeza de su conocimiento siempre y cuando se rija por un método, método que se da a sí misma. Tanto el método como las teorías científicas son productos de la razón humana, y en sí mismos son garantía suficiente para resolver los problemas que la razón se plantea⁴³.

Esta característica de la ciencia que se ha descrito, como así también lo referente al papel previo a la experimentación que cumple la teoría en la ciencia, que ya se mencionó, muestran una forma de trabajar de los científicos modernos que dista bastante de la imagen que se puede tener acerca del descubrimiento azaroso y casual o de un empirismo raso. Se puede afirmar que estos científicos trabajan con *modelos* de la realidad contruidos de tal modo que representen el fenómeno que se quiere estudiar y sobre el cual se pueden analizar todas las condiciones y las diversas fases del problema.

Para poder crear estos modelos, en un primer momento es necesario prescindir de la realidad concreta y sus características particulares. Sin duda que, al trabajar de esta manera, no se puede pretender que los modelos encuentren una aplicación exacta en los fenómenos de la realidad, pero dan una idea bastante aproximada de cómo se comportan y permiten tanto explicar científicamente como realizar predicciones. El conocimiento absoluto y exhaustivo de la realidad está vedado, debido a la limitación del propio intelecto humano, que sin embargo extiende al máximo sus posibilidades trabajando de esta manera.

⁴² William SHEA, “Galileo’s Copernicanism: The science and the rhetoric” en Peter MACHAMER (ed.), *The Cambridge Companion to Galileo*. New York, Cambridge University Press, 1998, p. 239: “Experiments (be they mental or real) are equally valid if they are set up in accordance with the requirements of mathematics”. La traducción de éste y otros pasajes citados es mía, del original inglés.

⁴³ Cf. Ernst CASSIRER, *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia moderna*. I, p. 458.

2.3 Intercambio de cartas con el padre Noël

La publicación de este tratado por parte de Pascal tuvo numerosas repercusiones, y fue muy discutido en su tiempo. El padre jesuita Estienne Noël, rector del colegio de Clermont, planteó sus objeciones en una carta dirigida a Pascal el mismo año en que se realizaron los experimentos. Noël “había desarrollado una filosofía natural que combinaba eclécticamente principios de la física cartesiana y aristotélica”⁴⁴, por lo que se erguía como el defensor de las posturas *plenistas*. Seguir el hilo de las argumentaciones desarrolladas en las cartas por Pascal y su adversario permitirá que se siga profundizando en su concepción acerca de la ciencia.

Noël comienza su carta diciendo que, habiendo leído los experimentos de Pascal, no comprende ese *vacío aparente* que aparece en el tubo⁴⁵. Él afirma que es un cuerpo el que llena ese espacio, ya que “tiene todas las cualidades de un cuerpo, trasmite la luz con refracciones y reflexiones, produce retraso en el movimiento de otro cuerpo⁴⁶ [...]”; es, pues, un cuerpo que ocupa el lugar del mercurio⁴⁷.

El jesuita hace suya la teoría cartesiana de la materia. Para Descartes, la materia es extensión, se identifica con la extensión; si se afirma la existencia de un espacio vacío, se cae en un absurdo. En la física de Descartes, el vacío es absolutamente imposible.

“Estamos, como ya sucediera en el caso de Aristóteles, ante una refutación racional y apriorística; no es, pues, de extrañar que la polémica entre Pascal y el P. Noël acabe siendo, en última instancia, una debate acerca del papel de la experiencia en física”⁴⁸.

⁴⁴ Daniel C. FOURKE, “Pascal’s physics” en Nicholas HAMMOND (ed.), *The Cambridge Companion to Pascal*, p. 81: “had developed a natural philosophy that combined eclectically principles of Cartesian and Aristotelian physics”.

⁴⁵ Cf. Estienne NÖEL, “Primera carta del P. Noël a Pascal”, en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 740.

⁴⁶ Es decir, no se produce un movimiento instantáneo, como Aristóteles suponía que ocurriría en el vacío.

⁴⁷ Estienne NÖEL, “Primera carta del P. Noël a Pascal”, en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 740.

⁴⁸ Alberto ELENA, “Introducción: Pascal y el ‘experimento de Italia’ ”, en Blaise PASCAL, *Tratados de pneumática*, p. 18.

Para defender su postura en esta carta se apoya en la teoría física aristotélica acerca de los elementos. Dicha teoría dice que los elementos no se encuentran en estado puro sino que están mezclados, y que a estos elementos les corresponden los ya mencionados movimientos naturales y violentos⁴⁹. Afirma así que el aire –que está compuesto por fuego, agua, tierra y aire propiamente dicho, en mayor cantidad, por eso recibe el nombre de aire-puede, mediante un movimiento violento, sufrir una separación de sus elementos. El aire, al ser separado de los otros elementos, es más sutil, por lo que puede penetrar cuerpos y atravesar poros. Además, el cristal tiene gran cantidad de poros, lo que se manifiesta en que la luz penetra en él con mayor facilidad que en otros cuerpos menos sólidos.

¿De qué está lleno el vacío aparente de Pascal, según Noël?:

“yo diría que es un aire purificado que entra por los pequeños poros del vidrio, obligado a esta separación por el peso del mercurio descendente y atrayendo a sí el aire sutil que llenaba los pequeños poros del vidrio y éste, atraído con violencia, arrastra tras sí al más sutil que le es unido y congénere, hasta llenar la parte que ha dejado el mercurio”⁵⁰.

Se ocupa también el jesuita de las objeciones propuestas por Pascal, reforzándolas con su argumentación. Acerca de la primera –el sentido común rechaza la idea del vacío– dice que si se considera al vacío como una privación de todo cuerpo, esto se contradice manifiestamente. Necesariamente todo espacio es cuerpo:

“el que comprende lo que es espacio como espacio, entiende, se diga lo que se diga, un compuesto de partes, unas fuera de otras, bajas, altas, a la derecha, a la izquierda, de unas determinadas longitud,

⁴⁹ Aristóteles sostiene en el tratado *Acerca de la generación y la corrupción* que los cuatro elementos se mueven hacia su lugar natural y que, en tanto que los cuerpos terrestres están compuestos de los cuatro elementos, el movimiento natural que le corresponderá será el del elemento que prime en ese cuerpo. La naturaleza es para ellos el principio de movimiento. Cf. ARISTÓTELES, *De Gen. et Corr.*, II 8, 334b 30ss (en ARISTÓTELES, *Acerca de la generación y la corrupción. Tratados breves de historia natural*. Introducciones, traducciones y notas de Ernesto La Croce y Alberto Bernabé Pajares, Madrid, Gredos, 1998, p. 107).

⁵⁰ Estienne NÖEL, “Primera carta del P. Noël a Pascal”, en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 742.

anchura, profundidad, existente entre las extremidades de la que es intervalo”⁵¹.

Y esto mismo es lo que se entiende por cuerpo.

La quinta objeción –acerca de la luz– es para Noël una prueba definitiva de que el vacío no es posible. Esta objeción decía que, si la luz es un accidente, es imposible que se sostenga en el vacío y, si es una sustancia, entonces llena el aparente vacío⁵². Y da una definición: “la luz, o más bien la iluminación, es un movimiento luminoso de los rayos, compuestos de los cuerpos lúcidos que llenan los cuerpos transparentes y sólo son movidos luminariamente por otros cuerpos lúcidos”⁵³. Es necesario, entonces, que el aparente vacío esté compuesto por aire, que es un cuerpo transparente, dado que hay presencia de luz en el tubo. Esta definición dará pie a Pascal para rebatir a su corresponsal, como se verá.

La respuesta de Pascal no se hizo esperar: con fecha del 29 de octubre de 1647, se dirige a Noël objetando sus teorías. Empieza con una afirmación contundente, haciendo referencia a una “regla universal que se aplica a todos los temas particulares en los que se trata de reconocer la verdad”⁵⁴. Tal regla es que no se debe hacer nunca un juicio acerca de la afirmación o negación de una proposición si aquello que se afirma o se niega: a) no se presenta en sí mismo a los sentidos y a la razón de forma tan clara y distinta que no se pueda dudar de ninguna forma acerca de su certeza b) no se deduce como consecuencia necesaria de *principios* o *axiomas*, que cumplen con las condiciones expuestas en a), es decir, son evidentes o para los sentidos o

⁵¹ Estienne NÖEL, “Primera carta del P. Noël a Pascal”, en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 743.

⁵² Esta objeción acerca de la posibilidad de la transmisión de la luz por el vacío es una objeción fuerte y que de hecho preocupó a los físicos hasta bien avanzado el siglo XIX. Cuando James Maxwell (1831-1879), tras estudiar las ondas electromagnéticas, propuso la naturaleza *ondulatoria* de la luz –frente a la teoría *corpúscular* propuesta por Newton (1643-1727) y que era la reinante en ciencia, habiéndose dejado de lado la de Huygens (1629-1695) quien ya sostenía que la luz era un fenómeno ondulatorio– se postuló que la luz podría estar propagándose realmente sobre una hipotética sustancia material, para la que se usó el nombre de éter. Sólo tras el experimento de Michelson y Morley en el año 1887 se terminó de eliminar la idea de que la luz necesita un medio para transmitirse.

⁵³ Estienne NÖEL, “Primera carta del P. Noël a Pascal” en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 743.

⁵⁴ Blaise PASCAL, “Respuesta de Blaise Pascal al muy reverendo Padre Noël rector de la Sociedad de Jesús, en París”, en *Obras*, p. 744.

para la razón⁵⁵. La certeza de los axiomas, que actúan como primeros principios del conocimiento, le está dada al hombre *por naturaleza*. Sobre este tema se tratará con mayor detalle en el capítulo cuatro.

Así, la afirmación del padre Noël acerca de que la luz sólo puede transmitirse en el *aparente* espacio vacío del tubo si, de hecho, no está vacío, no puede ser mantenida, ya que la naturaleza de la luz es desconocida y no ha podido ser definida satisfactoriamente por ninguno de los que lo han intentado. Qué cosa sea la luz no es revelado de forma evidente ni por los sentidos ni por la razón, y menos aún se pueden deducir propiedades de su definición, que es del todo desconocida. “¿Cómo es posible [pregunta Pascal] concluir infaliblemente que la naturaleza de la luz es tal que no puede subsistir en el vacío cuando se ignora la naturaleza de la luz?”⁵⁶.

Así también afirma que la argumentación que el padre jesuita propone acerca de la composición del aire y de la posible separación de sus compuestos para así poder penetrar por el cristal no es una *demonstración* debidamente fundada, sino una idea, una suposición. Acusa además de ligereza a su alegato de afirmar tan prontamente que ha encontrado la sustancia de la que está llena el aparente vacío, sólo con suponer sus cualidades y aún su propia existencia. Y le pide que “no saquemos consecuencias infalibles de la naturaleza de una cosa que ignoramos”⁵⁷. El conocimiento que se tiene acerca de la naturaleza de las cosas es muy limitado, por lo que no es legítimo afirmar que es un axioma lo que no deja de ser simplemente una suposición.

Si la respuesta a los problemas que plantea la física se solucionaran con *presuponer* un modo de comportarse de la naturaleza, y a partir de allí se dedujeran las consecuencias necesarias, no sólo sería fácil resolver todos los problemas, sino que también se podría *presuponer* lo contrario a lo propuesto, y obtener consecuencias opuestas. Se podría, en suma, argumentar tanto a favor como en contra de la existencia del vacío en la naturaleza.

Muchos han intentado dar distintas respuestas a la cuestión de qué llena el espacio del tubo cuando el mercurio desciende, postulando distintos tipos de materia e *imaginando* propiedades de las mismas. Pero si se les pidiera a todos

⁵⁵ Blaise PASCAL, “Respuesta de Blaise Pascal al muy reverendo Padre Noël rector de la Sociedad de Jesús, en París”, en *Obras*, p. 745.

⁵⁶ Blaise PASCAL, “Respuesta de Blaise Pascal al muy reverendo Padre Noël rector de la Sociedad de Jesús, en París”, en *Obras*, p. 746.

⁵⁷ Blaise PASCAL, “Respuesta de Blaise Pascal al muy reverendo Padre Noël rector de la Sociedad de Jesús, en París”, en *Obras*, p. 746.

aquellos que, como el padre Noël, afirman haberla encontrado, que mostraran cuál es esa sustancia, dirían que tal sustancia no es visible “y piensan haber hecho mucho cuando han puesto a los demás en la imposibilidad de demostrar que no es, quitándose a sí mismos todo poder de demostrar que es”⁵⁸. Pero la razón no encuentra argumentos para inclinarse más por una que por otra.

No es posible refugiarse en la autoridad de los antiguos para afirmar la existencia de tal materia: “cuando citamos a los autores citamos sus demostraciones y no sus nombres; sólo les damos importancia en las materias históricas”⁵⁹. Al no tratarse de una opinión fundada en la experiencia o en la demostración, no se puede dar crédito a las autoridades aludidas.

Para seguir rebatiendo las objeciones del padre Noël, Pascal sienta de nuevo una afirmación acerca del modo de proceder de aquel que se encuentra dedicado al conocimiento: cada vez que se quiere encontrar la causa de varios fenómenos conocidos, se establece una hipótesis. Éstas pueden ser de tres tipos, de acuerdo al tipo de deducciones que se pueda hacer a partir de ellas: a) Si se deduce un absurdo de la afirmación de la hipótesis, entonces la hipótesis es falsa; b) Si se deduce un absurdo de la negación de la hipótesis, en ese caso la hipótesis es verdadera e indiscutible; c) si no se puede deducir un absurdo ni de su negación ni de su afirmación, entonces la hipótesis es dudosa.

Tanto en el caso a) como en el caso b), Pascal está utilizando lo que se conoce como argumentación por el absurdo. En el tercer caso, ya da pie a la confrontación de la hipótesis en el ámbito experimental, que es el que propiamente le interesa.

Por lo tanto, para que una hipótesis sea verdadera, esto es, explicativa de los fenómenos, no alcanza con que todas las conclusiones que se deduzcan de ella sean verdaderas, “porque igual que una misma causa puede producir varios fenómenos diferentes, un mismo efecto puede ser producido por varias causas diferentes”⁶⁰. Pero si una sola conclusión que se deriva de ella es falsa, es decir, contraria a los fenómenos, basta para asegurar la falsedad de la hipótesis.

Pascal utiliza este argumento para responderle al padre jesuita: aunque de las hipótesis propuestas por el sacerdote se pudieran derivar conclusio-

⁵⁸ Blaise PASCAL, “Respuesta de Blaise Pascal al muy reverendo Padre Noël rector de la Sociedad de Jesús, en París”, en *Obras*, p. 747.

⁵⁹ Blaise PASCAL, “Respuesta de Blaise Pascal al muy reverendo Padre Noël rector de la Sociedad de Jesús, en París”, en *Obras*, p. 747.

⁶⁰ Blaise PASCAL, “Respuesta de Blaise Pascal al muy reverendo Padre Noël rector de la Sociedad de Jesús, en París”, en *Obras*, p. 749.

nes verdaderas acerca de los fenómenos encontrados en los experimentos de Pascal, no se trataría de una hipótesis demostrada: “manteniéndose siempre dentro de los límites de la *verosimilitud*, no llegaría jamás a los de la demostración”⁶¹. La hipótesis del padre Noël, en el supuesto caso de que se la aceptase –lo que, a juicio de Pascal, no puede hacerse a la vista de los experimentos realizados– lo sería solamente con el rango de verosímil, porque no se deduce de ella cosas contrarias a los experimentos.

Contra la definición de cuerpo propuesta por Noël, objeta Pascal que no hace más que enumerar algunos accidentes, como ser alto, bajo, ubicarse a derecha o a izquierda, etc. Pero, según los propios autores que el padre sigue, la definición de cuerpo es *lo que está compuesto de materia y forma*; y algunas de las características que él les atribuye “no convienen al cuerpo más que en tanto que ocupa espacio”⁶².

Propone entonces Pascal su propia definición de *espacio vacío*: “es un espacio que tiene longitud, anchura y profundidad, que es inmóvil y capaz de recibir y contener un cuerpo de igual longitud y forma; y es lo que llamamos *sólido* en geometría, en la que sólo se consideran cosas abstractas y materiales”⁶³.

Se pone de manifiesto entonces la diferencia entre cuerpo y espacio vacío: el primero es móvil, mientras que el segundo es inmóvil, el primero no puede recibir dentro de él un cuerpo, mientras que el espacio vacío sí. El espacio vacío no es la pura nada a la que se refiere Aristóteles, “el espacio vacío se sitúa entre la materia y la nada”⁶⁴. Al no identificarse con la nada, el espacio vacío es real.

Con respecto a la definición de luz dada por el jesuita, Pascal la acusa, con razón, de ser circular. Ya había dicho anteriormente que la naturaleza de la luz no es conocida por los físicos, y menos aún se puede aceptar una

⁶¹ Blaise PASCAL, “Respuesta de Blaise Pascal al muy reverendo Padre Noël rector de la Sociedad de Jesús, en París”, en *Obras*, p. 749. El término francés utilizado aquí por Pascal y que ha sido traducido por verosimilitud es *vraisemblance* (probabilidad). Blaise PASCAL, *Ceuvres complètes*, p. 203: “demeurant toujours dans les termes de la *vraisemblance*, elle n’arriverait jamais à ceux de la démonstration”.

⁶² Blaise PASCAL, “Respuesta de Blaise Pascal al muy reverendo Padre Noël rector de la Sociedad de Jesús, en París”, en *Obras*, p. 750.

⁶³ Blaise PASCAL, “Respuesta de Blaise Pascal al muy reverendo Padre Noël rector de la Sociedad de Jesús, en París”, en *Obras*, p. 750.

⁶⁴ Blaise PASCAL, “Respuesta de Blaise Pascal al muy reverendo Padre Noël rector de la Sociedad de Jesús, en París”, en *Obras*, p. 751.

definición que afirme que la luz es un movimiento luminar de los cuerpos luminosos.

Concluye la carta Pascal concediéndole a su interlocutor “la gloria de haber definido la física peripatética de la mejor manera posible de hacerlo” y señalando que su propia argumentación tiene de su parte “las ventajas que dan los experimentos”⁶⁵.

El padre Noël escribió una vez más a Pascal. Luego de agradecer “las luces que me ha dado la lectura de vuestra carta, verdaderamente docta, clara y cortés”⁶⁶, comienza citando la definición que da Pascal de vacío, aceptando la que Pascal le propone y reconociendo que la suya no es acertada.

Argumenta seguidamente –con otra máxima de carácter aristotélico, “la Naturaleza no hace nada en vano”⁶⁷– que lo que Pascal describe cómo un espacio –a saber, aquello que, teniendo longitud, anchura y profundidad, es capaz de recibir un cuerpo–, no es usado ni en la astronomía, ni en la medicina ni en ninguna otra ciencia que explique la naturaleza o sus movimientos. No hay, además, ninguna prueba o fenómeno en la naturaleza que haga pensar en la existencia del vacío verdadero postulado por Pascal. Y defiende la no existencia del vacío “por el razonamiento de que ese espacio no sería cuerpo material y lo sería en tanto que tiene la esencia y las propiedades del cuerpo material”⁶⁸; razonamiento que ya había propuesto en su primera carta.

El padre Noël niega también que el espacio *geométrico*, al que Pascal hace referencia, y que se obtiene de abstraer la cantidad de todas sus condiciones individuales, sea el vacío encontrado en el tubo del experimento, porque este espacio sólo existe en la mente del geómetra. El resto de su escrito lo dedica a defender y a fundamentar su teoría física sobre la mezcla de los elementos en la composición del aire, y en los demás elementos, expuesta en la primera carta. Esta vez afirma que el aparente vacío se produce porque “el aire, en su movimiento, se separa del agua, por ésta separación del aire, ocupa menos espacio”⁶⁹. El espacio que deja el agua al descender está lleno de aire sutil

⁶⁵ Blaise PASCAL, “Respuesta de Blaise Pascal al muy reverendo Padre Noël rector de la Sociedad de Jesús, en París”, en *Obras*, p. 751.

⁶⁶ Estienne NÖEL, “Segunda carta del P. Noël a Pascal”, en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 752.

⁶⁷ Estienne NÖEL, “Segunda carta del P. Noël a Pascal”, en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 752.

⁶⁸ Estienne NÖEL, “Segunda carta del P. Noël a Pascal”, en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 752.

⁶⁹ Estienne NÖEL, “Segunda carta del P. Noël a Pascal”, en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 759.

que se desprende del agua. A este aire o materia sutil lo identifica con el éter propuesto por Descartes.

Por último, analiza con más detalle los experimentos de Pascal, y concluye diciendo que de todos ellos se puede dar cuenta por la presencia de materia sutil, cuya explicación es más sensata que la del vacío que propone Pascal, al que se refiere como:

“un espacio que no es ni Dios, ni criatura, ni cuerpo, ni espíritu, ni substancia, ni accidente, que trasmite la luz sin ser transparente, que resiste sin resistencia, que es inmóvil y se traslada en el tubo, que está en todas y en ninguna parte, que lo hace todo y no hace nada”⁷⁰.

La respuesta a esta nueva carta por parte de Pascal ya toma otro cariz. Para empezar, no está dirigida al padre Noël, sino a Monsieur Le Pailleur, quien, según cuenta Pascal, está interesado en conocer el contenido de la discusión que el pensador sostiene con el padre Noël –Le Pailleur era un matemático que también participaba del grupo del padre Mersenne–. En segundo lugar, esta carta es mucho más dura, y Pascal acusa al sacerdote jesuita de no querer hacer pública la disputa⁷¹.

Luego de explicar a su corresponsal los motivos de la disputa, hace referencia Pascal a las primeras objeciones presentadas por el padre. Éstas son: a) el vacío aparente del tubo tiene las cualidades propias de un cuerpo, por lo tanto

⁷⁰ Estienne NÖEL, “Segunda carta del P. Noël a Pascal”, en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 752.

⁷¹ Cf. Blaise PASCAL, “Carta de Pascal a Monsieur Le Pailleur referente al Padre Noël, jesuita” en *Obras*, p. 762. Según explica Bishop, el enojo de Pascal se debe a la publicación de un tratado de Noël, *le Plein du vide*, en el que no estaban consideradas las objeciones hechas por los *vacuistas*. Pascal toma esto tanto como un desprecio a las ideas mantenidas por los partidarios del vacío como como un ataque a su persona. Tal omisión, sin embargo, no habría sido voluntaria, ya que el padre jesuita aparentemente mandó a imprenta el trabajo antes de poder incluir lo discutido con Pascal, o, debido a una enfermedad, no tuvo la oportunidad de revisarlo. Al poco tiempo hizo publicar una errata y se la mandó a Pascal, en la que se hacía justicia a sus opiniones. Esto, sin embargo, no satisfizo a Pascal, que agrega al final de su carta a Le Pailleur, teniendo ya conocimiento de estos hechos: “es bastante difícil refutar las ideas de ese Padre puesto que él es más rápido en estar dispuesto a cambiarlas que lo que podemos serlo nosotros en contestarle” (p. 775). Cf. Morris BISHOP, *Pascal. La vida del genio*, pp. 85-86.

debe ser un cuerpo b) la luz lo penetra, más la luz no se puede hacer presente si no hay un cuerpo que la sostiene y trasmite, por lo tanto debe ser un cuerpo.

Seguidamente se dedica a defender nuevamente la posición de que es imposible hacer afirmaciones acerca de la naturaleza de los cuerpos y de la luz, asignarles cualidades que no se sabe de forma concluyente que son atribuibles a ellas, y mucho menos puede el científico negarse a admitir la posibilidad del vacío basándose en esas atribuciones hechas por la razón.

Cree necesario destacar también que él nunca ha afirmado rotundamente la existencia del vacío real, sino que lo que propone es lo siguiente: hasta que se demuestre, si es que se demuestra, que hay una materia que llena el tubo, él sostendrá que se trata de un espacio vacío. Su proposición tiene al menos la ventaja de apoyarse en experimentos científicos, pero aun así no se anima a afirmar su veracidad de manera absoluta.

Al mismo tiempo, dice que al utilizar la expresión *llamo* vacío a un espacio que tiene longitud, etc., no está diciendo *afirmo* que aquello que estoy definiendo existe. Cree que esto es claro y que si Noël no lo entiende de esa forma es porque “no hace ninguna diferencia entre definir una cosa y afirmar su existencia”⁷².

Explica a continuación que es posible definir algo sin que esto implique asegurar su existencia⁷³; más aún, éste es el modo correcto de proceder, primero se debe definir las cosas antes de tomar como referencia la realidad para determinar su existencia. La definición juega un papel muy importante en el conocimiento: la definición, el axioma y la prueba son los tres grados que nos llevan al conocimiento de la verdad: “porque primero concebimos la idea de una cosa, luego damos un nombre a esa idea, es decir, la definimos; y finalmente buscamos si esa cosa es verdadera o falsa”⁷⁴. Este es y

⁷² Cf. Blaise PASCAL, “Carta de Pascal a Monsieur Le Pailleur referente al Padre Noël, jesuita” en *Obras*, p. 765.

⁷³ Según Sciacca, ésta y otras proposiciones afirmadas en las cartas prefiguran al Pascal de los *Pensamientos*. Michele Federico SCIACCA, *Pascal*, p. 62: “los hechos no deben someterse a nuestra posibilidad de concebirlos: el que una cosa sea inconcebible por la razón no significa que no exista. Es la razón la que debe someterse a los hechos y no viceversa; es la razón la que debe reconocer [...], en la cumbre de su racionalidad, que hay muchas cosas que la sobrepasan. Desde este momento Pascal, junto a la dignidad y nobleza del pensamiento, fija los límites de los poderes de la razón humana y previene a la ciencia y a la filosofía para que los tenga en cuenta”.

⁷⁴ Blaise PASCAL, “Carta de Pascal a Monsieur Le Pailleur referente al Padre Noël, jesuita” en *Obras*, p. 765.

ha sido el modo de proceder de la ciencia, afirma el joven pensador, así lo ha hecho Euclides al definir las paralelas, así lo han hecho los astrónomos definiendo los distintos movimientos de los astros sin haber comprobado previamente que así fueran efectivamente sus trayectorias.

Continúa su defensa Pascal desglosando la descripción final del espacio vacío que hace Noël. Que no es *ni Dios ni criatura*: esas son cuestiones que corresponden a la fe y por ello se somete a la autoridad de quien deba juzgar sobre ellas; que no es *ni cuerpo ni espíritu, ni sustancia ni accidente*: no, no lo es, el espacio es espacio, y no deja de serlo porque no se pueda ubicarlo en las categorías aristotélicas: “para ser, no es necesario ser sustancia o accidente”⁷⁵. Queda claro el alejamiento expreso de Pascal de la física y metafísica aristotélica.

Al resto de las objeciones las ataca desde el punto de vista físico: *que transmite la luz sin ser transparente*: si se entiende por transparente la privación de todo obstáculo al paso de la luz, no ve por qué el espacio vacío por él propuesto no pueda ser transparente; *resiste sin ser resistencia*: otra vez, no encuentra razón para afirmar que el espacio vacío no opone resistencia y, si no opone resistencia, es claro que no resiste; *que es inmóvil y se traslada en un tubo*: es evidente que el vacío no se transporta con el tubo, y que la inmovilidad es inherente al espacio. El problema de fondo es la negación del padre jesuita a atribuir características al espacio vacío que él mismo considera que son propias de los cuerpos, y por eso queda enredado en sus propios conceptos al tratar de entender el espacio vacío que Pascal propone.

Para demostrar la existencia del vacío se procede de manera opuesta a la demostración o afirmación de la materia, justamente por tratarse de cosas opuestas. Para llegar al conocimiento del vacío es necesario comprender “una total privación de toda clase de cualidades y efectos”⁷⁶.

Finalmente, comparando las dos cartas escritas por Noël, Pascal critica la facilidad con la que el padre cambia sus teorías y las adapta para evitar las objeciones que se le proponen, afirmando que no es posible dar crédito a afirmaciones que nacen y se destruyen con la misma facilidad:

⁷⁵ Blaise PASCAL, “Carta de Pascal a Monsieur Le Pailleur referente al Padre Noël, jesuita” en *Obras*, p. 767.

⁷⁶ Blaise PASCAL, “Carta de Pascal a Monsieur Le Pailleur referente al Padre Noël, jesuita” en *Obras*, p. 769.

“su manera de proceder es muy diferente de la mía, porque presenta sus teorías a medida que las concibe, [...] la autoridad con que dispone de esa materia demuestra suficientemente que él es el autor y por lo tanto que sólo subsiste gracias a su imaginación”⁷⁷.

En este intercambio epistolar Pascal ha tenido la oportunidad de exponer su propia concepción acerca de la ciencia, si bien de forma asistemática. Se recogerán ahora sus observaciones, tratando de darles un cierto orden.

Una ciencia está compuesta por axiomas y por las consecuencias *necesarias* que se deducen de esos axiomas. Un axioma es aquella proposición que se presenta ante los sentidos o ante la razón de forma clara y distinta, de forma tal que no se puede dudar de ellos. Esta concepción no es nada nueva, se remonta a la antigüedad, a la geometría de Euclides, a la que Pascal presenta como el modelo a seguir de la ciencia natural, en este caso, la física. Sin embargo, el sesgo moderno está dado al exigir *claridad* y *distinción* a los axiomas de la ciencia.

Las proposiciones deben estar debidamente fundadas para poder convertirse en demostraciones de los fenómenos, de lo contrario serán sólo suposiciones, imaginación. La manera de demostrar de forma concluyente una proposición es la experimentación. Pascal critica el modo de proceder de Noël, al que acusa de hacer afirmaciones apresuradas, defender pensamientos sin demostraciones y sostener ideas que son fruto de razonamientos infundados⁷⁸. Sin embargo, al considerar los resultados obtenidos mediante la experimentación, es necesario tener en cuenta que la afirmación de

⁷⁷ Blaise PASCAL, “Carta de Pascal a Monsieur Le Pailleur referente al Padre Noël, jesuita” en *Obras*, p. 775.

⁷⁸ Se ve aquí también la influencia cartesiana en Pascal: en el *Discurso del método*, Descartes aconseja repetidamente evitar el apresuramiento a la hora de buscar la verdad. Tal es así que esta recomendación forma parte de los cuatro preceptos del método, siendo el primero: “no aceptar nunca cosa alguna como verdadera que no la conociese evidentemente como tal, es decir, *evitar cuidadosamente la precipitación y la prevención*, y no admitir en mis juicios nada más que lo que se presente a mi espíritu tan clara y distintamente, que no tuviese ocasión alguna de ponerlo en duda” (la cursiva es mía). René DESCARTES, “Discurso del Método” en René DESCARTES, *Discurso del Método. Reglas para la Dirección de la Mente*. Traducción de Antonio Rodríguez Huéscar y Francisco de P. Samaranch, Buenos Aires, Ediciones Orbis, 1983, pp. 59-60.

un efecto no implica la afirmación de su causa. Un mismo efecto puede ser producido por causas distintas.

Si de la afirmación de una hipótesis se sigue un absurdo, es evidente que es falsa; si de su negación se sigue un absurdo, es evidente que es verdadera, pero si no se encuentra en ninguno de los dos casos, se está ante una hipótesis dudosa, de la que no es prudente afirmar ni negar nada. Pascal menciona que, en caso de tener indicios a favor, se puede hablar de verosimilitud, más no de que haya una demostración. Se verá más adelante como, para Pascal, se deberá buscar experimentos concluyentes que permitan zanjar la cuestión.

El orden a seguir propuesto por Pascal parece ser el siguiente: primero se plantea la hipótesis que explica el fenómeno, o se propone una *definición*, y después se busca la prueba o demostración, recurriendo a la experimentación⁷⁹. Las definiciones juegan un papel fundamental en la ciencia, pero no proceden de las naturalezas o propiedades de las cosas, sino que son concebidas y nombradas como tal por el científico; no se parte de su existencia, sino que se las postula y luego se intenta comprobar su verdad o falsedad. Se ve en todo esto el papel creador del científico en la formulación de hipótesis y definiciones.

Podría uno preguntarse entonces quien juega el papel fundamental en la ciencia, si la experimentación o la teoría. Por todo lo que se ha venido viendo, se puede decir que son aspectos complementarios y ambos necesarios e imprescindibles para constituir la ciencia experimental. La ciencia es conocimiento *objetivo* de la naturaleza, brinda información acerca de las cosas que componen el universo y su comportamiento, sólo si está debidamente fundada en estos dos aspectos. Es esto lo que hace avanzar la ciencia y lo que garantiza la comprobación de sus teorías. La lógica es necesaria en la medida en que garantiza la correcta inferencia de los axiomas.

Para Pascal no hay duda acerca de que la ciencia se funda sobre la experiencia. No se cansa de presentar a los hechos como el último tribunal al que se debe recurrir para defender la validez de una teoría, frente a las *suposiciones* que encuentra en la metafísica aristotélica, y también en la cartesiana.

⁷⁹ El uso que hace Pascal de los conceptos definición, hipótesis, prueba, etc. no tienen, evidentemente, el significado más preciso que adquirirán luego. Es por eso que Pascal puede hablar, en un sentido general, de *demostrar* una definición, lo que en las categorías de la Filosofía de la Ciencia del S. XX sería un error.

Sin embargo, se ha visto también cómo Pascal apuesta por definir y postular hipótesis, antes de haber *experimentado* la existencia de lo que mediante la hipótesis se establece.

Estas hipótesis pueden estar reñidas con la observación ordinaria, pero no ciertamente con una correcta interpretación de la experiencia iluminada por la razón. En la consideración científica de la experiencia, la razón no se comporta de modo pasivo: “la mente no se somete a una experiencia científica, la hace, la proyecta. Y la lleva a cabo para comprobar si es verdad una suposición suya”⁸⁰. Pero la proyección de la experiencia científica tampoco se reduce a una teoría o a un conjunto de suposiciones carentes de cualquier contacto con la realidad. Las teorías se realizan ateniéndose a la realidad, el científico espera que sean verdaderas. Las teorías y las experiencias científicas se complementan y se van integrando, y una va corrigiendo y perfeccionando a la otra; este es el modo en el que avanza la ciencia.

No es posible conocer y concluir infaliblemente acerca de la naturaleza de las cosas físicas, y muchos menos atribuirle propiedades por pura deducción sin que intervenga la demostración experimental. La ciencia, en esta concepción nueva que está naciendo, no se ocupa del conocimiento de las esencias, porque escapa a la razón humana delimitarlas de tal manera que puede agotar su conocimiento. Lo único que puede hacer es conocer alguna de sus *afecciones*.

La ciencia debe limitarse a describir las cualidades de los cuerpos, pero no cualesquiera, sino aquellas que son susceptibles de medición. “La ciencia, pues, es conocimiento objetivo, conocimiento de las cualidades objetivas de los cuerpos: y éstas son cualidades cuantitativamente determinables, esto es, medibles”⁸¹. Sin embargo, ese conocimiento limitado que se puede tener es efectivo, dice algo acerca de las cosas de la realidad; esas cualidades corresponden a aquello que se está estudiando.

El recurso al argumento de autoridad no puede usarse en ciencia, si se usa, se está citando a los experimentos que los propios autores han realizado, no a su persona o al sistema teórico por ellos propuestos. Pascal considera que los conceptos aristotélicos, como ser sustancia y accidente, no abarcan todo lo que es real o puede darse en la realidad, por eso se rehúsa

⁸⁰ Giovanni REALE, DARIO ANTISERI, *Historia del pensamiento filosófico y científico*. II: Del humanismo a Kant. Traducción de Juan Andrés Iglesias, Barcelona, Herder, 2004⁴, p. 254.

⁸¹ Giovanni REALE, DARIO ANTISERI, *Historia del pensamiento filosófico y científico*. II, p. 249.

a usarlos y a hacer encajar sus definiciones dentro de estos dos modos de ser. Y en el rechazo de los conceptos aristotélicos “está implícita la desaprobación de toda la física de la tradición, de toda la ciencia especulativa del pasado”⁸². Los intentos del padre Noël de rebatir la posibilidad del vacío real se encaminan a la defensa de una noción preconcebida de la naturaleza y del cosmos. Pero el hecho de que esta teoría dé, de alguna manera, cuenta de los fenómenos, no la libera de su categoría de hipótesis, ya que no está probada experimentalmente.

Por último, es digno de mención la forma en la que Pascal define el vacío en su primera carta. La definición, ya citada más arriba, es la siguiente: “es un espacio que tiene longitud, anchura y profundidad, que es inmóvil y capaz de recibir y contener un cuerpo de igual longitud y forma; y es lo que llamamos *sólido* en geometría”⁸³. El padre Noël llama la atención a Pascal, observando que este espacio es postulado como tal sólo en la geometría; se trata de un ente de razón que no puede existir en la realidad, por lo tanto no puede ser de esa característica el vacío que se manifiesta en el tubo.

Lamentablemente, Pascal no contestó a esta objeción, y no se puede saber a ciencia cierta cuál hubiera sido su respuesta. Se puede afirmar sin embargo que el espacio con las características que estaba proponiendo era considerado por él como real. Pascal sigue al italiano Pierre Gassendi (1592-1655) en su concepción acerca del espacio. Gassendi define al espacio como infinito en tres dimensiones, en sí mismo inmóvil, el lugar de todas las cosas, que se mueven libremente en él. También identifica el espacio físico real con el abstracto e infinito espacio de la geometría⁸⁴. Pascal “reduce la naturaleza fundamental de las cosas al movimiento que tiene lugar en un espacio euclidiano vacío”⁸⁵. Así queda de manifiesto en el siguiente fragmento:

⁸² Cf. MORRIS BISHOP, *Pascal. La vida del genio*, p. 84.

⁸³ Blaise PASCAL, “Respuesta de Blaise Pascal al muy reverendo Padre Noël rector de la Sociedad de Jesús, en París”, en *Obras*, p. 750.

⁸⁴ Cf. PETRUS GASSENDI, *Opera Omnia*. I, Stuttgart, Friedrich Frommann, 1964, p. 183. Citado en A.W.S. BAIRD, “Pascal’s Idea of Nature”, *Isis* 61 (1970) 296-330 [p. 306]. Disponible en: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/229684?uid=3737512&uid=2&uid=4&sid=47698860687007> [consultado el 10/04/2012].

⁸⁵ A.W.S. BAIRD, “Pascal’s Idea of Nature”, *Isis*, p. 305: “reduces the fundamental nature of things to motion taking place in empty Euclidean space”.

“la inmovilidad es tan inherente al espacio como el movimiento al cuerpo. Para hacer evidente esta verdad, hay que observar que el espacio en general abarca todos los cuerpos de la naturaleza, de los que cada uno en particular ocupa una parte determinada; pero aunque todos sean móviles, el espacio que llenan no lo es; [...] pero este vacío o lleno siempre en igual reposo, ese vasto espacio cuya amplitud lo abarca todo es tan estable e inmóvil en cada una de sus partes como en su totalidad”⁸⁶.

Aunque el espacio encontrado por él en los tubos no fuera un espacio *absolutamente* vacío, al no trabajarse con materiales puros ni contar con la técnica adecuada para producirlo –tal como propone Koyré–, eso no impide que, si se pudiera alcanzar las condiciones ideales, el vacío absoluto se pueda conseguir. Pero sólo se puede conjeturar acerca de cómo Pascal lo entendía y lo asumía en sus experimentos y observaciones.

⁸⁶ Blaise PASCAL, “Carta de Pascal a Monsieur Le Pailleur referente al Padre Noël, jesuita” en *Obras*, p. 768.

Capítulo tres

El paso del experimento crucial a la axiomatización de la hipótesis Universalización de los principios físicos

Si bien el interés inicial de Pascal en los experimentos analizados se centró en la posibilidad de que confirmaran las tesis *vacuistas*, no fue necesario que pasara mucho tiempo para que su inquietud se dirigiera a la cuestión de qué causaba la suspensión de los líquidos en los tubos. Pascal en un primer momento explicaba este fenómeno con la antigua tesis de que la naturaleza actúa de tal manera que procura evitar la presencia del vacío, si bien de manera limitada y vencible, como ya se ha mencionado.

En este capítulo se podrá ver cómo Pascal lleva a cabo el diseño, la comprobación y descripción del por él llamado *gran experimento del equilibrio de los líquidos*, lo que permitirá seguir examinando su modo de considerar la relación entre la teoría y el experimento. También, en la segunda parte del capítulo, se analizará el *Tratado del equilibrio de los líquidos y el peso de la masa del aire*, a fin de obtener una mirada completa de su concepción acerca de la ciencia física, lo que permitirá finalmente circunscribir su visión acerca de la naturaleza, la teoría, el experimento y el método de la física.

3.1 El experimento del Puy de Dôme

Hasta aquí se ha analizado la serie de experimentos realizados por Pascal en Rouen. Poco tiempo después, regresa a París con Jacqueline, y es allí donde tienen lugar los mencionados encuentros con Descartes. Según lo que el mismo Descartes afirma, en esas conversaciones sugirió a Pascal el experimento del Puy de Dôme¹. Pascal, por su parte, niega haber recibido tal sugerencia, sosteniendo que el experimento es de su propia autoría, y

¹ Cf. MORRIS BISHOP, *Pascal. La vida del genio*, pp. 78-81.

que ya desde la publicación del opúsculo *Nuevos experimentos respecto al vacío* venía meditando sobre él².

Pascal tomó conocimiento de la idea que Torricelli había sugerido –el fenómeno es producido por la presión atmosférica– aparentemente después de realizar los experimentos descriptos. Torricelli mencionó, en una carta dirigida a su amigo y colega Michelangelo Ricci, que, no habiendo duda de que el aire pesa, es correcto suponer que en las cimas de las montañas el aire sea más puro y en consecuencia pese menos³. La idea de que la suspensión del líquido era producida por la presión del aire también podría haberle sido sugerida a Pascal por el mismo padre Mersenne⁴.

Más allá de quien fuera el que concibió la posibilidad por primera vez –siendo de por sí difícil determinar la génesis de una idea– lo cierto es que la originalidad de Pascal estuvo en el planeamiento del experimento, como así también en su explicación y la formulación de algunas de las conclusiones, volcadas en el texto publicado en 1648 con el título *Relación del gran experimento del equilibrio de los líquidos*.

En una introducción preparada por Pascal para dicho tratado, explica que en su anterior opúsculo, *Nuevos experimentos respecto al vacío*, había empleado el principio del horror al vacío “porque era universalmente aceptado y no tenía todavía pruebas convincentes de lo contrario”⁵ pero que no tenía certezas acerca de la validez de este principio, lo que lo motivó a imaginar el experimento realizado en el Puy de Dôme.

² Cf. Blaise PASCAL, “Relación del gran experimento del equilibrio de los líquidos” en *Obras*, p. 776.

³ Evangelista TORRICELLI, “Carta de Evangelista Torricelli a Michelangelo Ricci de 11 de junio de 1644” en Blaise PASCAL, *Tratados de pneumática*, p. 198: “sobre la base de ciertos cálculos muy fáciles, encuentro que la causa que yo sugiero (a saber, el peso del aire) debería por sí sola tener un efecto mucho mayor que el observado al intentar producir el vacío [...]. Vivimos sumergidos en el fondo de un océano de aire elemental, el cual sabemos que tiene peso gracias a experimentos incuestionables, [...] en las profundidades de la superficie terrestre –donde es más denso– pesa aproximadamente 1/400 parte del peso del agua. [...] en las cumbres de las altas montañas el aire es cada vez más puro y su peso es notablemente inferior al de la 1/400 parte del peso del agua”.

⁴ Cf. Michele Federico SCIACCA, *Pascal*, p. 62.

⁵ Blaise PASCAL, “Relación del gran experimento del equilibrio de los líquidos” en *Obras*, p. 776.

El nombre dado por Pascal al experimento no deja dudas acerca de la expectativa y el interés que suscitaron “le he dado el nombre de *gran experimento del equilibrio de los líquidos* porque es el más demostrativo de todos los que pueden ser hechos sobre este asunto”⁶. Como se ha mencionado ya, la esperanza de Pascal se cifraba en encontrar un experimento –o experimentos– que fueran lo suficientemente conclusivos como para poder dar por demostrada una teoría. Pascal cree haber dado, según sus propias palabras, con el experimento que le daría un conocimiento perfecto acerca del tema discutido.

A continuación incluye la carta que escribió a su cuñado, Florin Périer, con las indicaciones del experimento que éste debía realizar en su nombre. La carta fue redactada el 15 de noviembre de 1647. Hace mención en primer lugar a los experimentos llevados a cabo anteriormente, y cómo a partir de ellos ha quedado claro –al contrario de lo sostenido por los filósofos– que la naturaleza puede soportar un espacio vacío. El nuevo experimento está orientado a demostrar que los efectos que se atribuyen al horror al vacío deben atribuirse en realidad a la pesantez del aire.

Pascal hace una observación crítica acerca de las explicaciones animistas “me cuesta trabajo creer que la naturaleza, que no es animada ni sensible, sea susceptible de horror, ya que las pasiones presuponen un alma capaz de sentirlas”, pero manifiesta al mismo tiempo su respeto a la tradición “no creo que nos esté permitido apartarnos tranquilamente de los principios que hemos recibido de la antigüedad a menos que nos veamos obligados a ello por pruebas evidentes e irrefutables”, aunque “debemos tener más veneración por las verdades evidentes que obstinación en defender unas opiniones aceptadas”⁷.

El caso por él estudiado, asegura el pensador, le permitirá enunciar algo más universal acerca del equilibrio de los líquidos. Su intención claramente es buscar una regla de mayor generalidad, que incluya el análisis particular

⁶ Blaise PASCAL, “Relación del gran experimento del equilibrio de los líquidos” en *Obras*, p. 777. Este experimento ha sido considerado uno de los dos más famosos experimentos del siglo XVII, siendo el otro el experimento de Newton con el prisma, lo que lo llevó a demostrar que la luz blanca estaba compuesta por siete colores. Cf. Daniel C. FOURKE, “Pascal’s physics” en Nicholas HAMMOND (ed.), *The Cambridge Companion to Pascal*, p. 86.

⁷ Blaise PASCAL, “Relación del gran experimento del equilibrio de los líquidos” en *Obras*, p. 778.

del efecto del peso del aire (para Pascal el aire es un líquido), y promete enunciarla en el proyectado *Tratado del vacío*.

Menciona a continuación un experimento realizado sobre este propósito, con el objeto de demostrar *el vacío en el vacío*. Llenó un tubo de mercurio y cerró ambos extremos con membranas. Sumergió uno de los extremos en mercurio para luego introducir todo ello en un tubo de vidrio mayor, al que igualmente llenó con mercurio y cerró con membranas. Cuando rompió la membrana inferior del tubo más grande, el mercurio descendió a la altura habitual. Pero cuando rompió la membrana del tubo menor, el mercurio cayó por completo.

La explicación propuesta para explicar este fenómeno es la siguiente: al no estar en contacto con el aire exterior, el mercurio del tubo más pequeño desciende totalmente. Pero, a medida que el tubo mayor se fue llenando de aire, el mercurio subió proporcionalmente. No había duda, entonces, de la relación del fenómeno con la presión del aire exterior: “la pesantez y la presión del aire [...] contrabalancea la pesantez del mercurio”⁸.

De todas formas, este experimento no le parecía determinante, ya que también podría explicarse por el horror al vacío. Llega entonces a la idea del experimento decisivo que se propone hacer, que explica de la siguiente manera:

“Consiste en efectuar el experimento ordinario del vacío varias veces en el mismo día, en un mismo tubo, con el mismo mercurio, unas veces abajo y otras en la cima de una montaña de una altura por lo menos de quinientas o seiscientas toesas⁹ [entre 975 y 1170 m] para comprobar si la altura del mercurio suspendido en el tubo será la misma o distinta en esas dos situaciones”¹⁰.

Lo esperado es, evidentemente, que el espacio vacío sea mayor en la cima de la montaña, lo que es equivalente a decir que la altura del mercurio sea menor. Si el experimento funciona tal como se prevé, se podrá

⁸ Blaise PASCAL, “Relación del gran experimento del equilibrio de los líquidos” en *Obras*, p. 778.

⁹ Una toesa es una antigua medida francesa de longitud, que equivale a 1,95 m aproximadamente.

¹⁰ Blaise PASCAL, “Relación del gran experimento del equilibrio de los líquidos” en *Obras*, p. 779.

afirmar sin temor a equivocarse que la presión del aire es la única causa del fenómeno de la suspensión del mercurio –ya que el aire pesa más al pie de la montaña que en su cima–, pero sería ridículo afirmar que la naturaleza aborrece más al vacío en un sitio u otro. Así lo expresa Pascal: “si sucede que la altura del mercurio es menor arriba que abajo de la montaña, se deducirá necesariamente que la pesantez y la presión del aire es la única causa de esta suspensión del mercurio”¹¹.

La montaña del Puy de Dôme, de 1465 metros de altura, a cuyo pie se hallaba ubicada la ciudad de Clermont, le parecía ideal a Pascal para llevar a cabo el experimento. Sin embargo, tuvo que esperar casi un año completo para obtener los tan deseados resultados, ya que las condiciones climáticas impidieron a Périer llevar a cabo lo pedido por su cuñado, tal como él mismo explica en su respuesta a Pascal el 22 de septiembre de 1648¹². La carta incluye también una descripción detallada del experimento llevado a cabo.

Périer contó con la ayuda y testimonio de varias personas renombradas de la ciudad de Clermont¹³. Eligieron uno de los sitios más bajos de la ciudad, el jardín de los Padres Mínimos, para encontrarse. Utilizó entonces aproximadamente 7,25 kg (16 libras) de mercurio y dos tubos de vidrio de 1,20 m (cuatro pies) para realizar el experimento ordinario y medir el mercurio, que había quedado en cada uno de los tubos al mismo nivel. Registró que la columna de mercurio alcanzó en ambos una altura de aproximadamente 65,7 cm¹⁴ (veintiséis pulgadas y tres líneas¹⁵ y media). Repitió varias veces el mismo experimento con idénticos resultados.

¹¹ Blaise PASCAL, “Relación del gran experimento del equilibrio de los líquidos” en *Obras*, p. 779.

¹² Cf. Florin PÉRIER, “Carta del señor Périer al señor Pascal, hijo” en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 780.

¹³ Périer menciona al padre Bennier, sacerdote de la orden de los Mínimos, el señor Mosnier, canónigo, a los señores Ville y Begon, consejeros de la corte, y al señor Porte, doctor en medicina. Cf. Florin PÉRIER, “Carta del señor Périer al señor Pascal, hijo” en Blaise PASCAL, *Obras*, p. 781.

¹⁴ La longitud de la columna de mercurio presentada en los *Nuevos experimentos respecto al vacío* era de 67,5 cm. La ciudad de Clermont se encuentra a una altura respecto al nivel del mar significativamente mayor que la ciudad de Rouen, lo cual explica la diferencia encontrada en el tubo de Torricelli.

¹⁵ Una línea es una antigua medida francesa de longitud equivalente a la doceava parte de una pulgada, es decir, aproximadamente 0,2 cm.

El paso del experimento crucial a la axiomatización de la hipótesis

Dejó a continuación uno de los tubos bajo la observación de uno de los religiosos de la casa –habiendo marcado con anterioridad en el vidrio la altura del mercurio– recomendándole que observara, a intervalos regulares, si se producía algún cambio. Con el otro tubo, y una parte del mercurio, se dirigieron a la cima del Puy de Dôme con el propósito de realizar los mismos experimentos. Observaron en la cima de la montaña que el mercurio alcanzó una altura de aproximadamente 57,9 cm de mercurio (veintitrés pulgadas y dos líneas), es decir había 7,8 cm de diferencia (tres pulgadas y una línea y media).

No conforme con esto, repitieron el experimento en diversos sitios de la cumbre de la montaña un total de cinco veces, “unas veces bajo techo, otras al aire libre, tan pronto en sitio resguardado como en pleno viento, a veces con buen tiempo, a veces con lluvia y con la bruma”¹⁶ siendo la altura del mercurio siempre la misma.

Mientras estaban descendiendo, en un lugar intermedio entre la cima y el pie de la montaña, pudieron repetir el experimento, encontrando la altura de 62,5 cm aproximadamente (veinticinco pulgadas), siendo evidente que la altura del mercurio en el tubo variaba de acuerdo a la altura de los sitios, siendo mayor en la parte más baja de la ciudad y menor en el punto más alto.

Llegados otra vez al convento de los Mínimos, pudieron comprobar dos cosas: la primera, que no se había producido cambios en el tubo dejado allí, la segunda, que al repetir el experimento con el tubo que se habían llevado, el mercurio volvía a la misma altura inicial: 65,7 cm.

El experimento fue repetido al día siguiente, esta vez tomando como referencia la más alta de las torres de la iglesia Nuestra Señora de Clermont. La conclusión registrada por Périer teniendo en cuenta la totalidad de los experimentos es la siguiente: 13,65 m de elevación dan aproximadamente 0,1 cm de diferencia en la altura del mercurio; a los 52,65 m la diferencia es de 0,5 cm; a los 292,5 m de 3,5 cm y a unos 975 m, 7,5 cm, consignando sin embargo que las alturas de los sitios no son precisas. En definitiva, a medida que la altura del lugar donde se realiza la medición aumenta, la altura consignada en el tubo de mercurio disminuye, el espacio vacío es mayor.

Con toda la información procurada por Périer, Pascal mismo, tras recibir esta carta, realizó el experimento arriba y al pie de la torre Saint-Jacques-de-la-Boucherie, y también en una casa particular cuya altura era significativa

¹⁶ Blaise PASCAL, “Relación del experimento hecho por el señor Périer”, en *Obras*, p. 782.

como para producir alguna variación. Todo lo encontrado estaba de acuerdo con lo descrito por Périer.

De los experimentos pudo finalmente Pascal sacar algunas consecuencias. Son las siguientes:

1) mediante los procedimientos descritos, es posible saber si dos sitios están al mismo nivel respecto al centro de la tierra o cuál de los dos está más alto, tomando al mismo centro de la tierra como punto de referencia;

2) el termómetro¹⁷ es un instrumento bastante impreciso para señalar los grados de temperatura, ya que la altura del agua podía ser influida no sólo por la temperatura sino también por la presión atmosférica;

3) la presión del aire varía a pesar de que la temperatura se mantenga¹⁸.

Pascal promete desarrollar más estas consecuencias en su *Tratado del vacío*, y también agregar algunas otras. Finaliza por ahora esta *Relación* con una conclusión dirigida al lector. En ella manifiesta su postura acerca del vacío, que es contraria a la sostenida por los pensadores y filósofos hasta el momento, tanto aquellos que –como Aristóteles– niegan de plano la posibilidad del vacío, afirmando que la naturaleza consentiría antes en su propia destrucción a permitir el menor espacio vacío, como aquellos que –como Galileo– consideran que el horror al vacío de la naturaleza es limitado y que podría generarse vacío si se ejerciera la suficiente fuerza violenta. Su propia opinión, sin embargo –dice Pascal, en una altiva afirmación– no ha sido mantenida por nadie: “la naturaleza no tiene ninguna repugnancia del vacío, no hace ningún esfuerzo para evitarlos, y lo admite sin pena ni resistencia”¹⁹.

¹⁷ Pascal probablemente se refiera al llamado *termoscopio de Galileo* que utilizaba el fenómeno de la dilatación para dar cuenta de los cambios de temperatura. Éste consistía en un tubo lleno de agua, en cuyos extremos tenía, en la parte superior, una bola de vidrio llena de aire; la parte inferior, por su parte, permanecía abierta y colocada perpendicularmente en un recipiente lleno de agua. Según se calentara o enfriara el aire contenido en la esfera, se dilataba o contraía el aire, dando lugar a una variación en la altura del agua del tubo. Cf. David SHERRY, “Thermoscopes, thermometers, and the foundations of measurement”, *Studies in History and Philosophy of Science* 42 (2011) 509–524. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039368111000616> [consultado el 11/04/2012].

¹⁸ Cf. Blaise PASCAL, “Relación del experimento hecho por el señor Périer”, en *Obras*, p. 785.

¹⁹ Blaise PASCAL, “Relación del experimento hecho por el señor Périer”, en *Obras*, p. 785.

Pascal asume que, tras los experimentos por él realizados, es imposible seguir sosteniendo las tesis del horror al vacío y que los experimentos han destruido de forma definitiva los principios mantenidos por tantos siglos. La razón por la que se ha *inventado* esta antigua teoría es que no se conocía la verdadera causa de los fenómenos por él estudiados: la única y verdadera causa es la pesantez y la presión del aire. Habiendo encontrado la causa física, ya no es necesario recurrir a esta *imaginaria* ocurrencia.

Este modo de proceder ha sido habitual en los intentos del hombre de explicar hechos de la naturaleza: “al no encontrar la debilidad de los hombres las causas verdaderas, su habilidad las ha sustituido por otras imaginarias, que han expresado con nombres rimbombantes que llenaban las orejas, pero no la mente”²⁰.

La terminología sigue siendo la misma: causa-efecto, pero hay algo realmente novedoso en la explicación de Pascal: se niega a atribuir *propiedades* o *naturalezas* a las cosas, que expliquen el porqué de su funcionamiento, es decir, propiedades intrínsecas, sino que atribuye a causas externas –la *presión* o *pesantez* del aire– los efectos encontrados. Pascal manifiesta que se ve obligado a vencer la resistencia a abandonar las teorías que por tanto tiempo han sido sostenidas por los sabios, y en cuanto tal merecen respeto, por la “evidencia de los experimentos”²¹.

La conclusión más importante que puede sacarse de esta *Relación* es que Pascal asume que una hipótesis puede pasar a convertirse en regla si se consigue probarla experimentalmente de manera irrefutable. Este experimento por él propuesto es lo suficientemente determinante como para poder excluir todas las otras hipótesis de explicación. Además, este tipo de experimentos tienen la importancia de que a partir de ellos, que son experimentos singulares, se podrá formular una regla más general acerca de lo estudiado, en este caso en concreto, acerca del comportamiento de los líquidos.

Sin embargo, como se ha dicho más arriba, no se puede aceptar que un experimento, por más cuidado y bien planeado que esté, sirva como garantía absoluta en la demostración de una teoría. A pesar de que Pascal mismo ha dicho que un mismo efecto puede producirse por diversas causas, y no se

²⁰ Blaise PASCAL, “Relación del experimento hecho por el señor Périer”, en *Obras*, p. 786.

²¹ Blaise PASCAL, “Relación del experimento hecho por el señor Périer”, en *Obras*, p. 786.

puede aceptar, a partir de un efecto demostrado, la causa que lo produce –lo que en lógica se conoce como falacia de afirmación del consecuente–, no lleva hasta el último término su idea, ya que cree posible encontrar mediante la experimentación un resultado determinante.

Se encuentra en Pascal una contradicción: en su intento de fundar experimentalmente su teoría, cae en el error de creer haberla demostrado concluyentemente. Los científicos y filósofos de la ciencia pueden servirse de su cuidadoso modo de proceder y diseñar experimentos, de su legítimo interés de proceder en ciencia más allá de los límites que la metafísica pueda intentar imponerle, de escapar de los conceptos que pretenden determinar el tipo de fenómenos que se pueden dar en la naturaleza, y de construir la ciencia al modo geométrico, es decir, ordenando y jerarquizando definiciones, axiomas y deducciones –“la teoría física podría ‘imitar’ la certeza demostrativa de la geometría”²²–.

Pero no se puede aceptar su pretensión de haber demostrado una teoría científica de forma absoluta a partir de un experimento que él considera definitivo: “Es ahora profundamente reconocido que no hay experimentos cruciales en ciencia, si éstos son entendidos como experimentos que conclusivamente refutan hipótesis”²³.

Así lo afirma la conocida como tesis de Duhem-Quine, que muestra la imposibilidad de poner a prueba una hipótesis de forma aislada, ya que siempre se están asumiendo implícitamente algunas hipótesis auxiliares, relaciones con otras teorías e incluso hipótesis de las ciencias formales. El presunto fracaso de la predicción realizada puede atribuirse a cualquiera de esas hipótesis. Más aún, si consideramos a las teorías como un sistema global, los autores mencionados afirman que ninguna teoría puede ser refutada de forma definitiva, pero tampoco confirmada en un sentido absoluto²⁴.

²² Desmond M. CLARKE, “Pascal’s philosophy of science” en Nicholas HAMMOND (ed.), *The Cambridge Companion to Pascal*, p. 115: “physical theory could ‘imitate’ the demonstrative certainty of geometry”.

²³ Desmond M. CLARKE, “Pascal’s philosophy of science” en Nicholas HAMMOND (ed.), *The Cambridge Companion to Pascal*, p. 107: “It is now widely recognized that there are no crucial experiments in science, if these are understood as experiments that conclusively disprove hypotheses”.

²⁴ Cf. José FERRATER MORA, art. “Duhem-Quine (Tesis de)”, *Diccionario de Filosofía I*, (2009) 946-947. Este tema es ampliamente discutido en la Filosofía de la ciencia del siglo XX, aquí me limito a mencionarlo.

3.2 Tratado del equilibrio de los líquidos y el peso de la masa del aire

El *Tratado del equilibrio de los líquidos y el peso de la masa del aire* es en realidad un tratado doble sobre la base de escritos de Pascal, ordenados y completados por Périer, y publicados póstumamente de manera conjunta en 1633, un año después de su muerte. En el *Prefacio* preparado para la publicación, Périer explica que Pascal, tras publicar la *Relación del gran experimento del equilibrio de los líquidos*, condensó en estos dos breves tratados la explicación de la conclusión a la que había arribado –los fenómenos atribuidos al horror al vacío en realidad son consecuencia del peso de la masa del aire– y la respuesta a todas las objeciones, con la intención de algún día completarlos. Pero esto no sucedió nunca²⁵.

En estos tratados se ve un orden distinto en la exposición: si en los tratados anteriores se describen en primer lugar los experimentos de forma detallada y a partir de ellos y de su análisis se derivan principios más generales; aquí primero se presenta el principio general y luego se propone al lector los experimentos particulares, cuyos resultados observables son consecuencia de los principios generales. Los historiadores de la ciencia discuten acerca del papel innovador de Pascal en cuanto a la novedad de los temas tratados, pero todos están de acuerdo en la maestría con que ordena y expone los temas de forma tal de que cada enunciación y experimento va sucediéndose de manera lógica uno de otro:

“[los tratados de Pascal] son, se ha dicho a menudo y con justicia, joyas de la literatura científica en las que no se puede dejar de admirar la claridad maravillosa de la exposición, la firmeza del pensamiento, el arte con el que los experimentos son presentados uno tras otro a la atención del lector”²⁶.

²⁵ Cf. Florin PÉRIER, “Preface, containing the reasons which have called for the publication of these two Treatises after the death of Monsieur Pascal, and an account of the various Experiments which are explained therein”, en Blaise PASCAL, *The physical treatises of Pascal*, p. xix.

²⁶ Alexandre KOYRÉ, “Pascal como científico” en *Estudios de historia del pensamiento científico*, p. 364.

3.2.1 Tratado del equilibrio de los líquidos

El *Tratado del equilibrio de los líquidos*, el más breve de los dos tratados, consta de siete capítulos. Pascal reúne en él todo lo conocido hasta el momento por la hidráulica, sistematizándolo y exponiéndolos de manera ordenada. El primero se titula “Cómo el peso de los líquidos está en proporción a su altura”; en él Pascal expone el principio físico que afirma que el peso de un líquido depende de la altura que dicho líquido alcance, y no de la superficie que pueda llegar a ocupar según sea la base del recipiente en que está contenido –esto es, no depende de su expansión–. Ésta puede ser mayor o menor, pero si la altura que alcanza el líquido se mantiene constante, su peso también lo hará. Describe además una serie de experimentos que le permiten mostrar este principio, ya demostrado por Simon Stevin (1548-1620), matemático e ingeniero neerlandés, y Galileo²⁷.

El segundo capítulo explica “Por qué los líquidos pesan en proporción a su altura”. Comienza Pascal diciendo que “Todos estos ejemplos muestran que un fino hilo de agua puede balancear un peso muy grande. Queda por demostrar la causa de tal multiplicación de la fuerza”²⁸.

Para ello propone un experimento: si a un recipiente lleno de agua, sellado completamente, se le hacen dos aberturas, una cien veces más grande que la otra, y se le coloca un pistón que calza perfectamente en cada una de ellas, se puede probar que un sólo hombre presionando sobre el pistón más pequeño ejercerá una fuerza igual a la de cien hombres que presionan sobre la abertura más grande. Si en vez de ser cien los hombres fueran noventa y nueve, la fuerza del hombre que presiona solo excederá a la que generan los noventa y nueve. Esto muestra que conociendo las propiedades de los líquidos es posible generar una máquina que multiplicará la fuerza tanto como se quiera, y permitirá levantar cualquier peso.

²⁷ No se considera necesario ahondar en detalles y descripciones de todos los experimentos descritos por Pascal, ya que no afectan directamente a los objetivos de esta tesis. Se mencionarán solamente aquellos que se consideren importantes. Cf. Blaise PASCAL, “A treatise on the equilibrium of liquids”, en *The physical treatises of Pascal*, pp. 3-5.

²⁸ Blaise PASCAL, “A treatise on the equilibrium of liquids”, en *The physical treatises of Pascal*, p. 6: “All these examples show that a fine thread of water can balance a heavy weight. It remains to demonstrate the cause of such multiplication of force”.

Pascal compara esta *nueva máquina* con las estudiadas en la antigüedad, como ser la palanca, la rueda y el eje, ya que muestra la misma relación constante entre la distancia recorrida y la fuerza. En el caso del experimento propuesto, y en todos los casos que involucren líquidos:

“es la continuidad del agua entre los pistones lo que hace que sea imposible mover uno sin mover el otro. Es evidente que si el pistón pequeño se mueve una pulgada, el agua así movida presiona en el otro pistón, y puesto que la abertura de ésta es cien veces mayor, se eleva a sólo una centésima parte de la altura. Así, las distancias recorridas están en la misma proporción que las fuerzas”²⁹.

En otras palabras, la *liquidez* de la sustancia por la que una abertura se comunica con la otra causa la multiplicación de la fuerza. Un recipiente lleno de agua es una máquina mecánica que permite multiplicar la fuerza, debido a la continuidad del agua. Esta máquina recibe el nombre de prensa hidráulica. Pascal entiende por *continuidad* lo que hoy la física llama *incompresibilidad*, propiedad esencial de los líquidos y no de los gases, como se verá.

Afirma a continuación que a partir de este experimento es posible determinar la causa de que tal efecto se produzca: la peculiar cualidad de equilibrio que tienen los líquidos explica por qué es posible balancear las fuerzas. Sólo si las fuerzas ejercidas no están equilibradas se produce movimiento. Esto es así porque el agua ejerce igual presión en los dos pistones; aunque en uno de ellos es cien veces más pesada que en el otro, el otro está, por otro lado, en contacto con un área cien veces mayor.

Además de las pruebas físicas, Pascal propone una prueba puramente geométrica “que puede ser ignorada por los demás”³⁰. Se considerará la cita completa, a fin de, más allá de su contenido concreto, analizar el método de demostración usado por Pascal:

²⁹ Blaise PASCAL, “A treatise on the equilibrium of liquids”, en *The physical treatises of Pascal*, pp. 6-7: “It is the continuity of the water between the pistons that makes it impossible to move one without moving the other. It is clear that if the small piston moves one inch, the water thus moved presses on the other piston, and since the aperture of this one is one hundred time larger, it rises to only one-hundred of the height. Thus the distances traveled are in the same ratio as the forces”. La cursiva es mía.

³⁰ Blaise PASCAL, “A treatise on the equilibrium of liquids”, en *The physical treatises of Pascal*, p. 8: “may be disregarded by others”.

“Asumo como principio que nunca un cuerpo se mueve por su propio peso sin ralentizar su centro de gravedad. De esto surge la prueba de que los dos pistones [...] están en equilibrio, de la siguiente manera: su centro de gravedad común es el punto que divide la línea que une sus centros individuales de gravedad en proporción de su peso. Ahora bien, suponiendo que fuera posible que se muevan, se moverían con distancias inversamente proporcionales a sus pesos, como hemos demostrado. Y si observamos su centro común de gravedad en esta nueva posición, se encontrará precisamente en el mismo punto que antes: porque siempre está en el punto que divide la línea que une sus centros individuales de gravedad en proporción a su peso. Por lo tanto, debido al paralelismo de sus líneas de movimiento, estará en la intersección de las dos líneas que unen los centros de gravedad en cada una de las dos posiciones. Por consiguiente, el centro común de gravedad estará en el mismo lugar que antes, por lo que los dos pistones, considerados como un único sistema, se han movido sin ralentizar su centro de gravedad común, lo cual viola el principio, por lo que no pueden moverse, por lo que están en reposo, es decir, en equilibrio –que era lo que debía ser probado–”³¹.

Partiendo de un principio físico que da por supuesto –un axioma– Pascal prueba por el método del absurdo que la conclusión a la que ha llegado a partir de los experimentos acerca del comportamiento de los líquidos es

³¹ Blaise PASCAL, “A treatise on the equilibrium of liquids”, en *The physical treatises of Pascal*, pp. 8-9: “I assume as a principle that a body never moves by its own weight without lowering its center of gravity. From this follows the proof that two pistons [...] are in equilibrium, as follows: Their common center of gravity is the point that divides the line joining their individual centers of gravity in the proportion of their weights. Now, supposing it were possible for them to move, they would move through distances inversely proportional to their weights, as we have shown. And if we observe their common center of gravity in this new position, it will be found at precisely the same point as before: for it is always at the point which divides the line joining their individual centers of gravity in proportion to their weights. Therefore, owing to the parallelism of their lines of movement it will be at the intersection of the two lines joining the centers of gravity in each of the two positions. Hence the common center of gravity will be in the same place as before; hence the two pistons, considered as one system, have moved without lowering their common center of gravity, which violates the principle; hence they cannot move; hence they are at rest, that is to say, in equilibrium –which was to be proved–”.

correcta. Para demostrarlo, Pascal utiliza algunas leyes de la mecánica y la geometría, es decir, establece una serie de cálculos y operaciones a partir de los cuales llega a una conclusión. Si bien no le da el mismo peso a esta demostración geométrica que a las demostraciones a las que ha llegado a partir de los experimentos, la propone como una prueba que sólo resultará interesante a los geómetras, pero que no contradice los experimentos, sino que muestra exactamente lo mismo que se ha propuesto demostrar.

Después de las pruebas experimentales y la prueba geométrica, Pascal pide que se acepte sin ninguna duda que, en un recipiente lleno de agua y con dos aberturas, si la presión experimentada en esas aberturas está en proporción con sus áreas, entonces esas fuerzas están en equilibrio: “este es el fundamento y la razón del equilibrio de los líquidos”³², de acuerdo a las leyes de la estática.

Una vez establecida la causa de que los líquidos pesen en proporción a su altura, Pascal se propone considerar otros efectos que pueden obtenerse analizando la máquina por él propuesta. En el capítulo tres: “Ejemplos del equilibrio de los líquidos” describe experimentos realizados con otro tipo de líquido –el mercurio– y con recipientes de distintas formas, regulares o irregulares, para mostrar que “es su altura y no su ancho lo que determina el peso de los líquidos”³³.

Con respecto al mercurio, establece una comparación con el agua, mostrando que estos dos líquidos estarán en equilibrio siempre que sus alturas estén en la misma proporción que sus pesos. Al ser el mercurio catorce veces más denso que el agua, el agua tendrá que tener una altura catorce veces mayor para equilibrar el mercurio.

³² Blaise PASCAL, “A treatise on the equilibrium of liquids”, en *The physical treatises of Pascal*, p. 9: “such is the foundation and reason of the Equilibrium of Liquids”.

³³ Blaise PASCAL, “A treatise on the equilibrium of liquids”, en *The physical treatises of Pascal*, p. 12: “it is their height and not their width [largeur] that determines the pressure of liquids”. He traducido *pressure* por *peso* y no por *presión* porque el original francés utiliza *pésent*: “parce que les liqueurs ne pèsent que suivant leur hauteur, et non pas suivant leur largeur”. Blaise PASCAL, *Ceuvres complètes*, p. 239. El uso de la palabra *presión* tiene un sentido mucho más preciso que el de la palabra *peso*. Se define en física como fuerza ejercida por área. El *Principio de Pascal* hace justamente referencia a este fenómeno y establece que la presión ejercida por un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.

“E incluso si el tubo lleno de agua fuera un centenar de veces más delgado que el lleno de mercurio, ese fino hilo de agua podría equilibrar toda la gran masa del mercurio, a condición de que fuera catorce veces mayor”³⁴.

A continuación, describe una serie de experimentos con tubos llenos de mercurio del mismo estilo que el experimento de Torricelli, pero esta vez sumergiendo el tubo en un río para mostrar que, si se mantiene una parte del tubo por encima de la superficie, el mercurio descenderá hasta alcanzar un cierto nivel, esto es, hasta alcanzar un equilibrio, y permanecerá a una altura que será un catorceavo de la altura del agua. Si se sumerge completamente el tubo, el mercurio se elevará, porque la presión del agua ha aumentado. Si el tubo es levantado, el mercurio desciende, porque su peso es ahora mayor.

Sin ocuparse todavía del peso de la masa del aire —el fenómeno al que Pascal atribuye el resultado obtenido en el experimento del Puy de Dôme— con este experimento en particular deja abierta la posibilidad de comparar el comportamiento del agua del río que rodea al tubo sumergido en el río con el aire que rodea al tubo en el experimento de Torricelli, y que actúa de manera análoga.

En los capítulos IV y V, titulados “Sobre el equilibrio entre un líquido y un sólido” y “Sobre los cuerpos totalmente sumergidos en el agua”, respectivamente, estudia distintos casos en los que se examina el comportamiento de sólidos colocados en el agua, ya sea apenas sumergidos, totalmente sumergidos o bien con un extremo sobresaliente que no esté en contacto con el agua.

La conclusión general obtenida de todos estos experimentos es la siguiente: *un cuerpo en el agua se equilibra por un volumen igual de agua*; así, si se trata de un cuerpo más pesado que el agua, se hundirá, porque su peso supera al contrapeso que el agua puede oponerle. En cambio, si se trata de un material más ligero que el agua, el cuerpo asciende, y, si los pesos son iguales, el cuerpo flota, esto es, ni se hunde ni se levanta. Esto es así porque “un cuerpo en el agua es impulsado por la misma fuerza que lo levantaría

³⁴ Blaise PASCAL, “A treatise on the equilibrium of liquids”, en *The physical treatises of Pascal*, p. 12: “And even if the water-filled tube were one hundred times more slender than that filled with the quicksilver, that fine thread of water would balance the whole great mass of quicksilver, provided it were fourteen times as high”.

si estuviera en una de las dos bandejas de una balanza, mientras que la otra bandeja se ponderaría con un volumen de agua igual a la suya propia”³⁵, tal como lo establece el principio de Arquímedes.

La presión que el agua ejerce sobre los cuerpos sumergidos se da en todos los puntos que están en contacto con ella. Es por esta razón que la presión ejercida no es percibida cuando se está sumergido en agua, porque ésta se realiza de manera leve y uniforme en todo el cuerpo. Así lo explica Pascal en el capítulo V: “Sobre los cuerpos sumergidos compresibles”, en el que agrega que, en el caso de que lo que se sumerja sea un cuerpo compresible, al actuar el agua ejerciendo presión por todos los lados, la presión será hacia adentro y hacia el centro.

Finalmente, en el último capítulo, “Sobre los animales en el agua”, explica que la sola condición de que la presión circunscriba de forma total al cuerpo hace que la compresión no sea ni dolorosa ni perceptible: “esta es la única razón por la que los animales en el agua son insensibles al peso ejercido sobre ellos”³⁶.

En el tratado siguiente, *Tratado del peso de la masa del aire*, tendrá oportunidad de exponer acerca del comportamiento del aire, valiéndose del estudio de los líquidos como punto de apoyo y con el objetivo de explicar un comportamiento análogo en el caso del aire, al que considera como un líquido, si bien con una característica distinta, como se verá.

3.2.2 *Tratado del peso de la masa del aire*

El *Tratado del peso de la masa del aire* parte del supuesto de que el aire tiene peso, y basta para afirmar esto considerar que un globo pesa más con aire dentro que sin él. Demostrar esto no es lo que pretende Pascal en este tratado, lo asume como un principio, aunque cree necesario aclarar, anticipándose a objeciones del tipo de las del Padre Noël, y con el mismo tipo de definición con que definió el vacío: “yo no hablaré sino del aire en el estado en que lo

³⁵ Blaise PASCAL, “A treatise on the equilibrium of liquids”, en *The physical treatises of Pascal*, p. 17: “a body in water is buoyed up by the same force that would lift it if were in one of the trays of a pair of scales, while the other tray was weighted with a volume of water equal to its own”.

³⁶ Blaise PASCAL, “A treatise on the equilibrium of liquids”, en *The physical treatises of Pascal*, p. 26: “this is the only reason why animals in water are insensible to the pressure upon them”.

respiramos, sin preocuparse de si está compuesto o no; es a este cuerpo, sea simple o compuesto, al que yo llamo aire y al que atribuyo peso”³⁷.

De esta afirmación se pueden sacar siete consecuencias que le resultarán útiles para demostrar su tesis:

- 1) toda la masa del aire es pesada y, en tanto que no es infinita, su peso tampoco es infinito;
- 2) de manera análoga a la presión que ejerce la masa del agua del mar sobre la parte de tierra que le sirve de fondo, el aire –que recubre toda la Tierra– ejerce con su peso una cierta presión en todas partes;
- 3) el peso del aire ejerce una mayor presión en los valles que en las montañas, disminuyendo la presión proporcionalmente a la altitud:

“ello se debe al hecho de que haya más aire por encima de los valles que de las cumbres de las montañas, puesto que todo el aire que se extiende a lo largo de la montaña pesa sobre el valle más no sobre la cumbre, estando como está por encima de aquél y por encima de ésta”³⁸;

- 4) de la misma manera que el agua que tienen sobre ellos ejerce presión sobre cada parte de los cuerpos que están sumergidos en ella, todos los cuerpos que están rodeados por aire están sometidos por todos lados a la presión ejercida por el peso de la masa del aire que está sobre ellos rodeándolos;
- 5) Así como los animales acuáticos no sienten el peso del agua, de la misma manera los hombres no sienten tampoco el peso del aire: “al igual que no cabe concluir que el agua no tiene peso por el hecho de que éste no se sienta al estar sumergidos, así tampoco podemos concluir que el aire no pese por el hecho de no sentirlo”³⁹.
- 6) La masa de aire es un cuerpo que se puede comprimir, y se comprime por efecto de su propio peso. El aire que está en las regiones inferiores, está más comprimido que el de la parte superior, lo que equivale a decir que en la parte inferior hay mayor densidad de aire;

³⁷ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 135.

³⁸ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 136.

³⁹ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 137.

- 7) Si por medio de algún procedimiento fuera posible llevar el aire de las regiones inferiores a la cumbre de una montaña –sin que variara su compresión– éste se expandiría y adoptaría el mismo estado que el que se encuentra en lo alto de la montaña. Esto explica que, si se lleva a una montaña un globo inflado a medias, en la cima estará más inflado y se expandirá a medida que soporte menor presión.

Estas propiedades que se han enunciado acerca del aire establecen que se comporta como un fluido, por lo que su actuar seguirá las mismas máximas expuestas en el primer tratado acerca de los líquidos: el aire ejerce su peso sobre las cosas que rodea, ese peso está determinado por la altura y se ejerce de forma constante en todas direcciones.

Sin embargo, en el caso de las conclusiones 3), 6) y 7), la analogía con los líquidos no se mantiene. Pascal pone el ejemplo de un montón de lana que se deja caer desde una cierta altura:

“su masa se comprimiría por efecto de su propio peso –siendo mayor la compresión de lo que estuviese abajo que la de lo que estuviera en el centro o en la parte de arriba, puesto que soportaría la presión de una mayor cantidad de lana–”⁴⁰.

El aire, análogamente a la lana, es compresible; se comprime por su propio peso y se encuentra más comprimido en las zonas bajas que en las zonas altas. Esta característica del aire permitirá describir los efectos que tiene el peso de la masa del aire:

“Así como la fluidez y la incompresibilidad del agua explicaron las experiencias discutidas en el primer tratado, la fluidez y compresibilidad del aire explican las experiencias que habían sido atribuidas al horror de la naturaleza al vacío”⁴¹.

⁴⁰ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 137.

⁴¹ Daniel C. FOURKE, “Pascal’s physics” en Nicholas HAMMOND (ed.), *The Cambridge Companion to Pascal*, p. 95: “As the fluidity and incompressibility of water explained the experiences discussed in the first treatise, fluidity and compressibility of air explain the experiences that had been attributed to nature’s horror of a vacuum”.

El vínculo con el que las consecuencias mencionadas se desprenden de su principio –el aire tiene peso– es de necesidad:

“es tan necesario que es imposible que éste [el principio] sea verdadero sin que lo sean también aquéllas; y puesto que no cabe duda de que el aire que se extiende desde la superficie de la tierra hacia lo alto tiene peso, todo cuanto a partir de ahí hemos concluido es igualmente verdadero”⁴².

Sin embargo, a pesar de la certeza de estas proposiciones, es conveniente acompañarlas con experimentos que las confirmen “de la que dependen tanto como el principio mismo”⁴³. El papel dado al experimento aquí ya no es, como se ha dicho, el de primacía temporal, sino que, dado un principio, se pueden derivar con ayuda de la lógica algunas de los fenómenos experienciales que de ella se derivan. Si estos fenómenos pueden ser mostrados, entonces darán mayor certeza acerca de la validez del principio.

Si, por ejemplo, se viera que sucede con el globo exactamente lo que se ha imaginado que sucedería, no habría ya ninguna duda de que esto se debe a que el supuesto del que se ha a partido –el peso de la masa del aire– es la causa que provoca el fenómeno. Cumple además la función de ser una *demonstración* del principio del que se partió. “Y como quiera que en la física los experimentos tienen tanta capacidad de demostración como los razonamientos, no me cabe duda de que sería deseable ver éstos confirmados por aquéllos”⁴⁴.

Sin embargo, afirma Pascal, incluso en el caso de que el experimento no mostrara el resultado esperado –que no hubiera diferencia en el inflamamiento del globo, en este caso– eso no refutaría lo concluido:

“ya que podría alegar que no tiene una altura suficiente, y si observara una variación realmente considerable [...] entonces me parecería

⁴² Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 138.

⁴³ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 138.

⁴⁴ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 138.

absolutamente y no subsistiría duda ninguna acerca de la verdad de cuanto he establecido”⁴⁵.

Aquí Pascal reconoce lo débil que puede resultar una demostración experimental. El proceder desde la teoría al experimento le otorga cierta ventaja, porque si no obtuviera el resultado esperado, él de todas formas está convencido y respaldado por la teoría de manera tal que reajustaría su experimento, revisaría las hipótesis *ad hoc* y se negaría a rechazar su teoría sólo por el hecho de que un experimento concreto no resultara como lo esperaba. Lo que debe hacerse es encontrar la causa de la falla del experimento, no descartar la teoría. En definitiva, la última palabra parece tenerla la teoría.

Esto es lo desarrollado por Pascal en el capítulo I: “Que la masa del aire tiene peso y que por efecto de éste ejerce presión sobre todos los cuerpos que rodea”, además de la descripción del experimento del globo que ha llevado a cabo –y que muestra exactamente lo que pretendía mostrar–. Agrega además una nueva conclusión: el peso de la masa del aire depende también del clima –es decir, de las condiciones atmosféricas– por eso cambia con el tiempo.

En el capítulo II: “Que el peso de la masa del aire produce todos los efectos hasta ahora atribuidos al vacío” aborda de lleno el tema al que lo han conducido sus experimentos anteriores, descritos en los tratados *Nuevos experimentos respecto al vacío* y *Relación del gran experimento del equilibrio de los líquidos*.

Para mostrar lo que se propone en el título, divide el capítulo en dos secciones: en la primera, “Relación de los efectos atribuidos al horror al vacío” describe una serie de fenómenos que hasta el momento se explicaban en la física como consecuencias del horror que siente la naturaleza al vacío. Entre ellos se considerará el siguiente, a modo de ejemplo, ya que guarda grandes similitudes con el experimento de Torricelli: si se mete una botella llena de agua, en posición boca abajo, en un recipiente también lleno de agua, el agua que hay en la botella no cae, sino que permanece suspendida.

¿Cómo se explica esto, según la exposición ofrecida generalmente en las escuelas?

⁴⁵ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 139.

“Se pretende que esta suspensión sea debida al horror de la naturaleza al vacío, que habría de producirse en el espacio dejado por el agua al caer, puesto que el aire no podría penetrar en el mismo; la confirmación la tenemos en el hecho de que si se practica una abertura por la que pueda entrar el aire, toda el agua se precipita de forma incontenible”⁴⁶.

La sección dos, “Que el peso de la masa del aire produce todos los efectos atribuidos al horror al vacío” retoma los experimentos descritos en la primera sección uno por uno para explicar cómo actúa el peso de la masa del aire en cada uno de ellos, y así desterrar de una vez por todas la hipótesis del *horror vacui*. Para ello establece una semejanza entre la forma en que los líquidos afectan con su peso a todos los cuerpos que en ellos están, afirmando que el peso de la masa del aire actúa también sobre todos los cuerpos a los que rodea.

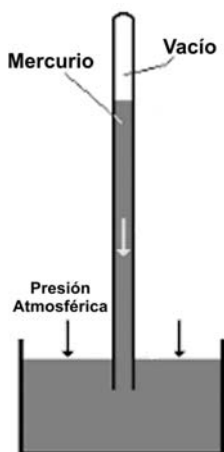
Procede Pascal de la siguiente manera: traslada la situación que analiza en la primera sección a suponer la misma situación pero sumergida en el agua. Así, muestra que el fenómeno que se atribuye al horror al vacío, en el agua se explica por el peso de la masa de la misma. Volviendo a la situación original, muestra que puede explicarse por el peso de la masa del aire. De este modo, recurrir a una hipótesis como la del horror al vacío aparece como superfluo.

Con respecto al ejemplo IV, al que se ha hecho referencia, establece que “el peso de la masa del aire es la causa de la suspensión del agua en los tubos cerrados por arriba”⁴⁷. El peso de la masa del aire mantiene suspendido a los líquidos en los tubos: el aire ejerce presión solamente fuera del tubo y no dentro, manteniendo el mercurio suspendido a una cierta altura por efecto de su peso. Si se hicieran agujeros en el tubo de tal manera que el aire pudiera entrar en su interior, el mercurio descendería rápidamente, al ser afectado en todas sus partes por el aire y al carecer ya de contrapeso por actuar éste tanto dentro como fuera del tubo.

⁴⁶ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 142.

⁴⁷ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 150.

Segundo esquema del experimento de Torricelli



En este esquema, las flechas negras representan la presión atmosférica –el peso de la masa del aire– ejercido en el exterior del tubo, mientras que la flecha blanca representa el peso del líquido.

Pascal procede, como se ha dicho repetidas veces ya, por analogía, en primera instancia del agua al resto de los líquidos y en segunda instancia de los líquidos al aire:

“[...] eso que atribuimos al agua debe hacerse extensivo a cualquier otro líquido, dado que experimentamos una resistencia parecida [...] en una tina de vino, de leche, de aceite, de mercurio o cualquier otro líquido. Se trata, pues, de una regla general y de un efecto necesario del peso de los líquidos [...]. Por consiguiente, y aplicando esta regla general al caso particular del aire [...]. De ello se deduce que la dificultad que se experimenta [...] no es más que un caso particular de la regla general referente a la dificultad [...] en cualquier clase de líquido”⁴⁸.

Volviendo sobre lo dicho, en el capítulo II Pascal ha puesto de manifiesto y demostrado lo más significativo de su tesis: la masa del aire tiene peso, y ésta produce distintos efectos en los cuerpos que se encuentran envueltos

⁴⁸ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 146.

por ella. Estos efectos han sido en teorías antiguas explicados por el horror al vacío, pero ya no es necesario recurrir a esa idea, porque, considerando que el comportamiento del aire es semejante al de un líquido, todos los fenómenos pueden explicarse perfectamente. Considerando el caso del aire como un caso particular de la regla general acerca del peso de los líquidos, el problema desaparece y puede ser fácilmente explicado.

En los capítulos siguientes va a profundizar en distintos aspectos sobre su tesis. En el capítulo III mostrará que, dado que el peso del aire es limitado, sus efectos también son limitados. Para reafirmar este principio, recurrirá también a ejemplos.

Pascal puede ya, con los conocimientos adquiridos, afirmar que la masa del aire pesa “más o menos lo que el agua a 31 pies de altura [aproximadamente 9,3 m]”⁴⁹ y, si se alcanza ese peso o se lo sobrepasa, los efectos ya no serán los mismos. En el caso del experimento de Torricelli, si la altura del agua es menor a 9,3 m, el agua permanecerá suspendida, al ser sostenida por el peso de la masa del aire. Pero si sucede que se sobrepasan los 9,3 m, una parte del agua descenderá hasta alcanzar los 9,3 m, y con ello se alcanzará también el equilibrio entre los pesos. Si el experimento se realiza con mercurio, desciende hasta una altura de aproximadamente 76 cm, que es lo que corresponde por ser el peso del mercurio catorce veces mayor.

En los capítulos IV y V Pascal mostrará cómo la variación de la composición del aire tendrá como consecuencia que varíe, naturalmente, los efectos que el peso de la masa del aire pueda producir. Dicho de otro modo, según aumente o disminuya el peso de la masa del aire por la mayor o menor cantidad de vapores que lo compongan, proporcionalmente aumentarán y disminuirán sus efectos. El peso del aire es muy variable (a mayor humedad mayor peso), y cambia de acuerdo a la región que se considere. Así afirma Pascal:

“La experiencia lo confirma y demuestra que la medida de 31 pies de agua que hemos ofrecido a título indicativo no es una medida precisa que sea siempre exacta [...] dependiendo de las variaciones atmosféricas podrá sin embargo alcanzar a veces los 31 pies y medio, bajar

⁴⁹ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 159.

después 3 pulgadas y de golpe volver a subir un pie: todo ello con la misma extravagancia con la que el tiempo se nubla o se aclara”⁵⁰.

En el capítulo V muestra Pascal como actúa el peso del aire según se esté en un lugar bajo o elevado. Con los experimentos es posible determinar las variaciones de una manera bastante exacta, tal como ha quedado de manifiesto también por las observaciones consignadas por Périer. A Pascal le preocupa especialmente un efecto práctico de su principio: las bombas de agua podrán levantar más o menos agua según las condiciones atmosféricas y la altura del lugar en que se encuentren, y el límite podrá fijarse teniendo en cuenta esos dos factores.

“Una elevación de 500 toesas [aproximadamente 975 m] produce una diferencia de 4 pies y 3 pulgadas en la altura del agua [aproximadamente 1,275 m], las alturas menores arrojarán diferencias proporcionalmente menores”⁵¹.

Continuando con la misma aplicación práctica, el capítulo VII: “Cuánto se eleva el agua en las bombas de los distintos lugares del mundo” está dedicado a examinar las variaciones que se producen según el lugar dónde se trabaje con una bomba de agua. Como son dos las variaciones a tener en cuenta –la altura y las condiciones atmosféricas– Pascal propone establecer hasta qué altura elevan las bombas el agua en París cuando el aire está medianamente cargado, ya que, partiendo del medio entre dos extremos, bastará con añadir o restar las pulgadas necesarias según el caso.

Fundamental para poder efectuar esta medición y aplicar el principio es aceptar lo siguiente:

“en todas las bombas que se encuentran a un mismo nivel el agua se eleva exactamente a la misma altura (entendiendo siempre bajo las mismas condiciones atmosféricas), puesto que al tener el aire una

⁵⁰ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 164.

⁵¹ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 167.

misma altura, y por lo tanto idéntico peso, su peso producirá efectos similares”⁵².

Para efectuar la medición, propone comenzar por los lugares que están al nivel del mar: la altura a la que se eleva el agua será idéntica en todos los lugares que estén al nivel del mar, ya que todo el mar está a un mismo nivel, igualmente distante del centro de la Tierra en todos sus puntos. A partir de allí se podrá inferir a qué altura ascenderá el agua en lugares que estén a 10, 100 o 1000 metros elevados.

¿Y cómo se determinan estas medidas y distancias? Precisamente con el tubo de Torricelli: el experimento que en primer lugar permitió a Pascal llevar a la experimentación su hipótesis se convierte ahora en un instrumento de medición idóneo para observar las variaciones. Pascal propone las siguientes modificaciones: que el tubo sea curvado por su parte inferior, y que se le pegue una tira de papel dividida en pulgadas y líneas, que permitirá medir las variaciones.

Como bien señala Thomas S. Kuhn en su conocida obra: *La estructura de las revoluciones científicas*, la relación teoría-experimento-instrumento es intrínseca. Entre las tareas de la etapa señalada como período de *ciencia normal*, una de las principales que tiene el científico es la de reunir datos y hechos; y en ello juega un papel fundamental el instrumento, hecho a medida para encontrar aquello que el científico prevé que debe ser encontrado: “Repetidas veces se han diseñado aparatos especiales y complejos para esos fines, y el invento, la construcción y el despliegue de esos aparatos han exigido un talento de primera categoría, mucho tiempo y un respaldo financiero considerable”. Es fundamental también encontrar el instrumento adecuado para medir aquello que la teoría predice, ya que: “es raro que haya muchos campos en los que una teoría científica, sobre todo si es formulada en una forma predominantemente matemática, pueda compararse directamente con la naturaleza”⁵³.

En el capítulo VI, Pascal da un paso más y propone analizar qué sucedería si se realizaran los experimentos en un lugar sin aire. Ya en el título lo anticipa: “Que dado que los efectos del peso de la masa del aire aumen-

⁵² Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 174.

⁵³ Thomas S. KUHN, *La estructura de las revoluciones científicas*, p. 55.

tan o disminuyen conforme ésta sea mayor o menor, habrían de cesar por completo en un lugar que estuviera por encima del aire o en el cual éste no existiera”.

Pascal considera lo siguiente con respecto al tubo de Torricelli: si se ascendiera con él de tal manera que se pudiera salir de la esfera de aire que rodea a la Tierra, todo el mercurio caería, al no existir el contrapeso del aire. Y propone un experimento mental:

“Lo mismo sucedería si pudiéramos extraer todo el aire de la habitación en la que se lleva a cabo el experimento en cuestión, pues al no quedar ya aire que pudiera presionar [...] es de suponer que el mercurio –a falta de su contrapeso– se precipitaría hacia abajo”⁵⁴.

Se ve aquí otra vez el uso del experimento mental: si se lograra conseguir una habitación en la que no hubiera aire, aplicando los mismos principios que ya han sido experimentados y demostrados, se puede suponer que es lo que sucedería: al no encontrar resistencia, el mercurio caería. Cómo no es posible realizar este experimento, Pascal propone otro muy ingenioso, al que se ha hecho referencia ya, el experimento del vacío en el vacío⁵⁵.

El capítulo VIII establece la relación inversa, es decir: conociendo la altura de elevación del agua en un determinado lugar, se puede saber en qué medida está *cargado* ese lugar por el peso de la masa del aire. Es la forma en que se medía en los inicios la presión atmosférica, con barómetros consistentes en tubos llenos de mercurio. La presión atmosférica es el peso por unidad de superficie ejercida por la atmósfera.

⁵⁴ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 170.

⁵⁵ En la actualidad pueden crearse lo que se conoce como *cámaras de vacío*. Una cámara de vacío es un recipiente de paredes rígidas del que se extrae el aire y otros gases mediante una *bomba de vacío*, de manera tal que se reduce la presión para distintos propósitos. Existe un amplio espectro de uso de estas cámaras, y también hay *rangos* de vacío. Un tipo de cámaras de vacío de media intensidad se emplea para la conservación de vegetales o productos farmacéuticos. En el campo de la ingeniería de naves espaciales se usa una *cámara de vacío térmico*, que ofrece un ambiente térmico que representa lo que se experimentaría dentro de una nave en el espacio. Cámaras de *ultra alto vacío* se usan para los aceleradores de partículas, experimentos de fusión termonuclear, etc. Cf. Austin CHAMBERS, *Modern vacuum physics*, New York, CRC Press, 2005.

En el capítulo IX, se pregunta Pascal “¿Cuánto pesa la totalidad de la masa del aire que hay en el mundo?”. Comienza afirmando que es imposible saberlo con exactitud, debido a que no pesa igual sobre todos los puntos de la Tierra, como ampliamente se ha mostrado.

Pero se puede conjeturar una medida aproximada, a la que llega suponiendo que todos los lugares están igualmente *cargados* de aire y, por lo tanto, sometidos a una presión equivalente a la de una columna de agua de 9,3 m. La masa del aire, a medida que se va ascendiendo en altura, es como una masa de agua de 9,3 m de altura en torno a la Tierra, pero que se hubiera rarificado y dilatado extremadamente hasta alcanzar el estado en que se encuentra. Ocupa más lugar, pero pesa exactamente lo mismo. Supone entonces Pascal que:

“si toda la esfera del aire fuera empujada y comprimida contra la tierra por una fuerza que, presionando desde arriba, la redujera a la menor extensión que pudiera ocupar [...] alcanzaría una altura de sólo 31 pies [9,3 m]”⁵⁶.

Lo que queda ahora es calcular cuantas libras pesa el agua a 9,3 m de altura y multiplicarlo por la extensión de la superficie de la Tierra, y se obtendrá el número de $3,75 \times 10^{18}$ kg aproximadamente⁵⁷.

Por último, Pascal realiza una conclusión general a sus dos tratados, conclusión que ya se ha anticipado. Afirma en primer lugar haber demostrado “de la mano de argumentaciones y experimentos absolutamente convincentes” cómo el peso de la masa del aire es “la única y verdadera causa” de los efectos atribuidos al horror al vacío. De manera que ya no es necesario recurrir a “esta razón imaginaria”⁵⁸ del *horror vacui*.

⁵⁶ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 180.

⁵⁷ Se puede consultar el detalle de los cálculos efectuados por Pascal en Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, pp. 181-182. En la actualidad se calcula que la masa atmosférica pesa unos $5,3 \times 10^{18}$ kg.

⁵⁸ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 183.

3.2.3 Conclusiones de los tratados

Ya se está en condiciones de demostrar que la naturaleza no experimenta en absoluto horror al vacío. La forma de hablar ya es errada, es metafórica, dado que “la naturaleza creada –que es de la que aquí se trata– no está animada ni puede tener pasiones”⁵⁹. Pero es necesario desterrar el lenguaje metafórico de la ciencia. Lo que se quiere significar es que en la naturaleza no se produce vacío. Si se quisiera seguir usando la misma metáfora, habría que decir que a la naturaleza le es indiferente el vacío, ya que no se esfuerza por buscarlo ni por evitarlo.

Esto alcanza para decir que la naturaleza de ninguna manera evita el vacío, por lo tanto, tal horror no existe. Los fenómenos enigmáticos han sido subsumidos a una regla general ya establecida:

“Mediante la vinculación de los efectos producidos por el agua, el aire y otros fluidos, y refiriéndolos a su vez a los principios generales de la estática, toda introducción del horror de la naturaleza para explicar un efecto se ha hecho aparecer como ridículamente *ad hoc*”⁶⁰.

Reconoce Pascal que algunos efectos parecieran producirse para evitar un vacío, pero se trata de una inferencia muy débil. Introduce aquí el concepto de resistencia para explicar cómo es que resulta difícil separar algunos cuerpos o abrir otros –un fuelle, por ejemplo– hasta que no entra aire entre ellos. La resistencia desaparece justamente en ese momento; la causa de tal resistencia es el peso de la masa del aire que, al no poder ingresar, se acumula y cuyo peso habría que levantar.

Esta resistencia, naturalmente, aumenta y disminuye proporcionalmente a la carga del aire:

“No otra cosa cabe decir de la resistencia experimentada al tratar de separar todos aquellos cuerpos entre los cuales se habría de producir

⁵⁹ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 183.

⁶⁰ Daniel C. FOURKE, “Pascal’s physics” en Nicholas HAMMOND (ed.), *The Cambridge Companion to Pascal*, p. 97: “By linking effects produced by water and air and other fluids, and relating these in turn to general principles of statics, every introduction of nature’s horror to explain an effect has been made to appear ridiculously *ad hoc*”.

el vacío: para que exista esta posibilidad [la de generar un vacío] es necesario que el aire no pueda penetrar, con lo cual sería imposible separarlos sin levantar y sostener toda la masa del aire, que es lo que ocasiona la resistencia”⁶¹.

A continuación enumera Pascal las causas por las que se ha tardado en encontrar esta explicación a los fenómenos. Para llegar a ello, ha sido necesario vencer tres opiniones tradicionales y erróneas. La primera es que el aire es ligero; nunca hubiera sido posible tomar en consideración el peso del aire mientras se siguiera pensando que el aire carecía de peso. Muchos han seguido a los antiguos en este error.

La segunda es que los elementos no pesan en sí mismos; esta noción estaba fundada en la creencia de que no se siente el peso del agua cuando se está dentro de ella. La opinión que se impuso es que el agua no pesa al estar contenida dentro de sí misma, y por lo tanto no produce ningún efecto en virtud de su peso. En el *Tratado del equilibrio de los líquidos* ha justificado ya por qué es necesario afirmar que el agua pesa, y lo mismo ha hecho con respecto al aire en el *Tratado del peso de la masa del aire*.

El tercer error es de naturaleza distinta: tiene que ver con los efectos atribuidos al horror al vacío. Por ejemplo, con respecto a las bombas de agua, se pensaba que podía lograrse que elevasen el agua a la altura que se quisiese, sin limitación alguna.

Si todos los autores, artesanos y filósofos –dice Pascal– se hubieran tomado el trabajo de intentar hacerlo a una altura de, por proponer una medida, 12 metros, se hubieran dado cuenta de que era imposible. Pero se limitaron a las bombas de 3 o 4 metros, que sí funcionaban, y no se les ocurrió ir más allá. “Jamás imaginaron, en consecuencia, que existiera un cierto límite después del cual las cosas fueran diferentes; pensaron que se trataba de una necesidad natural e inmutable”⁶². Como atribuían al horror al vacío el que el agua subiera y subiera, estaban convencidos de que seguiría ascendiendo.

Esta postura ha sido adoptada firmemente por los filósofos, y así se enseña en las escuelas hasta el momento. Pero ahora ha sido rebatida. El camino

⁶¹ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 186.

⁶² Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 188.

seguido por Pascal, propone él mismo, debe servir de ejemplo a todos aquellos que no se atreven a poner en duda una opinión que tiene el apoyo de todos los hombres en el transcurso del tiempo.

La opinión de los filósofos fue refutada por los fontaneros italianos contemporáneos a Galileo, de quienes él mismo tuvo noticia de que las bombas no elevan el agua más que a una cierta altura. Si esto no se hubiera conocido, no hubiera tenido tampoco sentido demostrar que era el peso del aire el que elevaba el agua en las bombas, “habida cuenta de que al ser limitado este peso no podía producir un efecto infinito”⁶³.

Sin embargo, no bastó con esto para llegar a la solución, ya que se advirtió que el agua sólo llega a una cierta altura, pero no que esta altura podría variar según la altura del terreno en la que se operara con la bomba y la composición del aire. Por lo que se pensó que las bombas podían levantar el agua hasta una cierta altura y que esa altura sería constante en todos los lugares del mundo.

Fue necesario entonces que se realizase un experimento como el llevado a cabo en la cima y en la base del Puy de Dôme:

“[...] al descubrir que el agua se eleva en las bombas a alturas diferentes, dependiendo de los lugares y las condiciones atmosféricas, y que es siempre proporcional al peso del aire, este experimento completó nuestro conocimiento de dichos fenómenos y puso fin a todas las dudas existentes; mostró cuál es la verdadera causa”⁶⁴.

Es conveniente ahora, después de haber tenido la oportunidad de analizar los tratados físicos de Pascal, profundizar más en su concepción de naturaleza. Esta noción es la que justificará el uso de las analogías –esto es, partir de algo conocido para explicar un fenómeno hasta ahora desconocido–. Las analogías fueron usadas para hablar del comportamiento de los líquidos y del aire; y se pueden ver en afirmaciones tales como las ya citadas: “en todas las bombas que se encuentran a un mismo nivel el agua se

⁶³ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 189.

⁶⁴ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 190.

eleva exactamente a la misma altura”⁶⁵, o “eso que atribuimos al agua debe hacerse extensivo a cualquier otro líquido, dado que experimentamos una resistencia parecida”⁶⁶. Es también su concepción de la naturaleza, además de la confianza en el método, lo que le permitirá postular con seguridad los experimentos mentales, como se tendrá oportunidad de ver.

Se ha hecho referencia ya a la concepción mecanicista de la naturaleza en Pascal, y se ha dicho también que la idea de mecanicismo es distinta en cada pensador⁶⁷. La influencia galileana en el pensamiento de Pascal es evidente, como así también la de Mersenne y el grupo de científicos reunidos a su alrededor. Para éste último la naturaleza es un “ensamble de fenómenos”⁶⁸, idea con la que Pascal está de acuerdo.

Para explicar qué significa entender la naturaleza como un ensamble de fenómenos es conveniente recurrir a un fragmento de los *Pensamientos* ampliamente estudiado, titulado “Desproporción del hombre”. El propósito de este fragmento, en su contexto apologético y exhortativo, es poner al hombre frente a la grandeza de dos infinitos: lo infinitamente grande y lo infinitamente pequeño, y mostrarle cuán vasta e incomprensible es la naturaleza, excediendo ampliamente la comprensión humana:

“Que el hombre contemple por lo tanto a la naturaleza entera en su alta y plena majestad [...]; que observe esa deslumbrante luz puesta como una lámpara eterna para iluminar el universo, que la tierra se le aparezca como algo insignificante en comparación con el amplio círculo que ese astro describe y que se asombre de que ese amplio círculo mismo no sea más que un punto casi imperceptible con respecto al que esos astros, que ruedan por el firmamento, abarcan. Pero si nuestra vista se detiene allí, que la imaginación siga más lejos; se cansará antes de concebir que la naturaleza de suministrarle motivos.

⁶⁵ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 174.

⁶⁶ Blaise PASCAL, “Tratado del peso de la masa del aire”, en *Tratados de pneumática*, p. 146.

⁶⁷ Cf. Guillermo BOIDO, Eduardo H. FLICHMAN, “Mecanicismo reduccionista y mecanicismo clásico: dos ejemplos históricos”, en José AHUMADA, Marcio PANTALONE, Víctor RODRÍGUEZ (ed.), *Epistemología e Historia de la ciencia*. Selección de Trabajos de las XVI Jornadas. Volumen XVI, pp. 101-106.

⁶⁸ Cf. BAIRD, A.W.S., “Pascal’s Idea of Nature”, *Isis*, p. 297.

Todo el mundo visible no es más que un trazo imperceptible en el amplio seno de la naturaleza. [...]

Pero, para presentarle otro prodigio igualmente asombroso, que busque en lo que conoce las cosas más insignificantes [...]. Quiero hacerle ver ahí un nuevo abismo. Quiero pintarle, no solamente el universo visible, sino la inmensidad de la naturaleza que se puede imaginar en el interior de ese átomo reducido a su mínima expresión. Que vea en él una infinidad de universos [...] y al encontrar todavía en los demás la misma cosa sin fin y sin reposo, se pierde en esas maravillas tan asombrosas en su pequeñez como las otras en su extensión.

[...] Porque, en fin, ¿qué es el hombre en la naturaleza? Una nada respecto al infinito, un todo respecto a la nada, un punto medio entre la nada y el todo. Infinitamente alejado de comprender los extremos, el fin de las cosas y sus principios están en él irrevocablemente ocultos en un secreto impenetrable, igualmente incapaz de ver la nada de que ha salido y el infinito en el que está inmerso"⁶⁹.

Más allá del objetivo específico que tiene este fragmento en el contexto de los *Pensamientos*, se puede ver una idea subyacente acerca de la naturaleza como un sistema ordenado de cosas. Así lo considera A.W.S. Baird en su ya citado artículo "Pascal's Idea of Nature":

"Cuando él dice, por ejemplo, que el fin de las cosas y sus principios están para el hombre irremediamente escondidos en un secreto impenetrable, Pascal asume que hay principios y fines en razón de los cuales las cosas que van a componer el mundo de la naturaleza encuentran explicación. Estos principios y fines pueden ser tales que se escapan al intelecto humano, pero esto no tiene ninguna incidencia en su existencia objetiva"⁷⁰.

⁶⁹ Blaise PASCAL, "Pensamientos", n. 199 (72) en *Obras*, pp. 406-408. La edición utilizada sigue la numeración de los *Pensamientos* de Louis Lafuma. Entre paréntesis se coloca el número correspondiente a la edición Brunschvicg.

⁷⁰ BAIRD, A.W.S., "Pascal's Idea of Nature", *Isis*, p. 297: "When he claims, for instance, that the end of things and their principles are for man hopelessly hidden in an impenetrable secret, Pascal assumes that there are principles and ends in terms of which the things that go to make up the world of nature find explanation. These

La inabarcable infinitud de la naturaleza que Pascal describe, no impide entonces que la conciba como un todo ordenado, regido por principios y fines. Afirma así que “las partes del mundo tienen todas tal proporción y tal concatenación unas con otras, que considero imposible conocer a la una sin la otra y sin el todo”. Y más adelante: “todas las cosas [son] causadas y causantes, ayudadas y ayudantes, mediatas e inmediatas, y todas ellas ligadas por una relación mutua natural e insensible que une a las más lejanas y a las más diferentes”⁷¹.

Se ve aquí claramente que, para Pascal, la naturaleza presenta entre sus características la de la *continuidad*, que se muestra en la relación de causa-efecto que conecta entre sí las distintas cosas. Esta concepción del universo como un todo compuesto de partes interconectadas, esta uniformidad que se mantiene en los fenómenos, será el fundamento último por el cual los fenómenos y sus principios internos –supuesto que hay principios que los rigen– podrán ser descubiertos y formulados.

En el último escrito analizado –el *Tratado del equilibrio de los líquidos y el peso de la masa del aire*– se tuvo oportunidad de ver el uso del supuesto asumido por Pascal: la naturaleza actúa de acuerdo a principios o reglas regulares. Cuando Pascal establece el funcionamiento de la *nueva máquina* hidráulica en el *Tratado del equilibrio de los líquidos*, deriva su funcionamiento a partir de otros principios anteriormente establecidos por la estática y el principio de Torricelli del centro de gravedad⁷². Así, los principios establecidos para los sólidos se utilizan para explicar el comportamiento de los líquidos, y el de los líquidos a su vez para el caso particular del aire; y un principio lleva al otro y se concatenan para establecer reglas generales: “La manera en la que Pascal describe los experimentos diseñados para probar e ilustrar este principio hace claro que lo que asume como la base de su argumento [...] es el comportamiento uniforme de las fuerzas de la naturaleza cuyos efectos está comprometido a buscar y correlacionar”⁷³.

principles and ends may be such as to elude the human intellect, but that has no bearing upon their objective existence”.

⁷¹ Blaise PASCAL, “Pensamientos”, n. 199 (72) en *Obras*, p. 410.

⁷² Este principio es enunciado por Torricelli en su obra *De motu gravium*. Cf. Michele Federico SCIACCA, *Pascal*, p. 65: “la condición necesaria y suficiente para que un sistema formado por dos pesos desiguales quede en equilibrio, reside en que entre las mutaciones no haya ninguna que baje su centro común de gravedad”.

⁷³ BAIRD, A.W.S., “Pascal’s Idea of Nature”, *Isis*, p. 300: “The way in which Pascal describes the experiments designed to prove and illustrate this principle makes it clear that what

En el segundo tratado, es evidente el uso que hace Pascal de la analogía entre los efectos que produce el peso de la masa del agua y el que produce el de la masa del aire en los objetos que rodea. El uso de este método de razonar manifiesta una vez más la asunción de Pascal de que los fenómenos de la naturaleza están interconectados por una suerte de uniformidad.

Esta confianza en la uniformidad de la naturaleza es la que le permite prever el comportamiento de los fenómenos estudiados en sus experimentos. Las predicciones realizadas tienen como antecedente la observación y análisis de fenómenos hechas con anterioridad. Así, el profundo estudio del comportamiento de los líquidos que se ve en el primer tratado analizado –*Nuevos experimentos respecto al vacío*– y los llevados a cabo posteriormente le sirven como fundamento perfecto para su estudio del comportamiento del aire.

¿Y que justifica, en último término, la confianza que Pascal pone en los experimentos mentales, si no es a su vez la confianza en la uniformidad de la naturaleza, y en que los procesos se darán *según lo esperado*? El haber inferido correctamente los efectos que iban a suceder a partir del método lógico de deducción no es suficiente si no se confía en la regularidad del actuar de la naturaleza que se manifiesta a través de sus efectos.

Los experimentos llevados a cabo –o no– por Pascal van más allá de ser meras experiencias físicas; van de la mano con abstracciones geométricas, analogías de modelos de comportamiento y principios asumidos como constantes en el comportamiento de los entes físicos: “Pascal no sólo integra sistemáticamente conocimiento ya existente, sino también la interacción entre experiencia, razón e imaginación visual”⁷⁴.

Se llega entonces a un aspecto fundamental de la concepción de naturaleza de Pascal: la naturaleza tiene una estructura geométrica subyacente. Que la naturaleza sea continua y uniforme en sus principios y procesos hace también que sea –si quiera en parte, y tras mucho esfuerzo– inteligible. Esa inteligibilidad se pondrá de manifiesto cuando se intente acceder a ella mediante el lenguaje matemático. Pascal también hace suyas las palabras del

he assumes as the basis of his argument [...] is the uniform behavior of the natural forces whose effects he is engaged in tracing and correlating”.

⁷⁴ Daniel C. FOURKE, “Pascal’s physics” en Nicholas HAMMOND (ed.), *The Cambridge Companion to Pascal*, p. 101: “Pascal not only systematically integrated existing knowledge, but interplay between experience, reason and the visual imagination”.

libro de la Sabiduría según las cuales *Deus fecit omnia in pondere, in numero, et mensura* (Sab. 11, 20).

Tres son los elementos básicos que componen el universo –el objeto propio de la geometría–, dirá en el *Del espíritu geométrico*: movimiento, número y espacio. Este trinomio subyace a todos los fenómenos, y permite al hombre descubrir la estructura de la naturaleza:

“Porque no podemos imaginar un movimiento sin ninguna cosa que se mueva; y esta cosa, al ser una, esa unidad es el origen de todos los números; en fin, al no poder existir el movimiento sin espacio, vemos esas tres cosas encerradas en la primera. El tiempo mismo está también incluido en ella: porque el movimiento y el tiempo están relacionados entre sí, ya que la rapidez y la lentitud, que son las diferencias de los movimientos, tienen una relación necesaria con el tiempo. Hay, por lo tanto, propiedades comunes a todas estas cosas cuyo conocimiento abre el espíritu a las mayores maravillas de la naturaleza”⁷⁵.

La naturaleza está escrita en caracteres matemáticos en el sentido de que sólo puede hacerse inteligible cuando es considerada bajo los aspectos de movimiento, número y espacio. “Las afinidades mecanicistas de Pascal están subrayadas en este extracto [...] por la afirmación de que todo en el mundo físico cae dentro del alcance de la geometría”⁷⁶.

Pascal es mecanicista en tanto que está convencido de la regularidad del actuar de las fuerzas de la naturaleza, y de que esta regularidad se puede expresar mediante principios matemáticos. Que los principios de la naturaleza sean regulares implica que la naturaleza actúa siempre de la misma manera⁷⁷.

Pero esto no quiere decir que la regularidad de la naturaleza sea captada de forma total por la ciencia física y sus máximas, y mucho menos que su *esencia* se agote en su regularidad. El hombre, mediante la experimentación

⁷⁵ Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la Geometría en general”, en *Obras*, p. 285.

⁷⁶ BAIRD, A.W.S., “Pascal’s Idea of Nature”, *Isis*, p. 305: “Pascal’s mechanistic affinities are underlined in this extract, [...] by the claim that everything in the physical world falls within the grasp of geometry”.

⁷⁷ Cf. Guillermo BOIDO, Eduardo H. FLICHMAN, “Mecanicismo reduccionista y mecanicismo clásico: dos ejemplos históricos”, en José AHUMADA, Marcio PANTALONE, Víctor RODRÍGUEZ (ed.), *Epistemología e Historia de la ciencia*. Selección de Trabajos de las XVI Jornadas. Volumen XVI, p. 104.

y la teoría física, intenta reflejar su actuar; pero Pascal es consciente de que aquello que el experimento revela acerca de la naturaleza es sólo una parte de aquello que la naturaleza es.

La continuidad de la naturaleza “frecuentemente nos elude, dado que sus efectos son demasiado sutiles como para que nuestros sentidos puedan detectarlos”⁷⁸. La naturaleza es para el hombre inabarcable, y es en este punto donde Pascal se distancia de Descartes, al poner a la razón límites incluso en el conocimiento del mundo material. Signo de esto es la reticencia de Pascal de aceptar el mecanicismo hasta sus últimas consecuencias. Se tendrá oportunidad de ver estas ideas más desarrolladas en el capítulo cuatro.

3.3 El concepto de vacío en la ciencia después de Pascal

Para completar el recorrido histórico realizado para entender el problema del vacío, se mostrará ahora como la ciencia ha asumido este concepto hasta llegar a estos días. Es importante señalar que, si bien el concepto utilizado es el mismo, los distintos significados que ha adquirido en las diferentes etapas de la ciencia han hecho que se transformara en un concepto casi equívoco. Se ha mostrado ya que el vacío que postula Pascal en su teoría científica no se identifica en lo absoluto con la pura nada de Aristóteles –concepto metafísico–, sino que es algo intermedio entre el ser y la nada.

El siguiente científico que se ocupó del problema es Robert Boyle (1627-1691). Boyle prosiguió con los experimentos con el aire, hasta llegar a la ley que se conoce con el nombre de Ley de Boyle-Mariotte. Dicha ley relaciona el volumen y la presión de una cierta cantidad de gas mantenida a temperatura constante, afirmando que el volumen es inversamente proporcional a la presión. El mérito de Boyle está en afirmar que el aire se comporta no como un líquido, sino como un gas, lo que le permite distinguir “entre la presión del aire y su *peso* o, lo que es lo mismo, entre la presión elástica de un gas y la no elástica de un líquido, y a explicar por el *peso* del aire fenómenos producidos por la presión”⁷⁹.

⁷⁸ BAIRD, A.W.S., “Pascal’s Idea of Nature”, *Isis*, p. 302: “often eluding us since its effects are too subtle for our senses to detect”.

⁷⁹ Alexandre KOYRÉ, “Pascal como científico” en *Estudios de historia del pensamiento científico*, p. 376.

Según el modelo *cinético* de explicación propuesto por este científico para explicar la compresibilidad y expansibilidad del aire, “las partículas se hallan en violenta agitación sumergidas en un fluido sutil o éter que lo llena todo”⁸⁰. Como se ve, Boyle se encuentra de nuevo en la posición cartesiana de postulación de un éter que permite el movimiento de partículas.

Isaac Newton (1642-1727) inicialmente rechazó la idea de un fluido o éter que llena todo el espacio, pero finalmente vio necesario postular un medio que llenara los espacios vacíos dentro de los cuerpos y por fuera de ellos. El éter newtoniano era necesario también para explicar la propagación de la luz. Christian Huygens (1629-1695) también lo aceptó, aunque propuso una teoría distinta acerca de la propagación de la luz. Newton era partidario de una teoría *corpúscular*, mientras que Huygens lo era de la teoría *ondulatoria*.

En el siglo XVIII quien se opone a la existencia del éter es Daniel Bernouilli (1700-1782). Este científico holandés-suizo propone que las partículas de los gases se mueven en un espacio vacío. En la posición contraria se encuentra Leonhard Euler (1707-1783).

En el siglo XIX, con el resurgimiento de la teoría del carácter ondulatorio de la luz, se vio la necesidad de exigir al éter que fuera lo suficientemente rígido como para que la luz se transmitiera por vibraciones transversales, y, al mismo tiempo, lo suficientemente sutil como para permitir el movimiento de los cuerpos celestes y de los átomos.

Se le debe a Michael Faraday (1791-1867) la fructífera idea de *campo*, imaginada por el científico en un primer momento para explicar las fuerzas que actúan entre las cargas eléctricas y los imanes: “llegó a pensar en el espacio como un campo, un lugar que permite todas las interacciones (gravitatorias, eléctricas y magnéticas), y que el éter no era sino el espacio tal y como él lo entendía”⁸¹. Este concepto se extendió luego a distintas áreas de la física, con características puramente abstractas y geométricas, pero propias del campo en sí mismo, y no de los cuerpos u objetos que pueden encontrarse dentro de él. Estas características se alejan cada vez más de aquellas que podían llegar a imaginar Pascal y sus contemporáneos.

⁸⁰ Joan Josep SOLAZ-PORTOLÈS, “El espacio vacío y sus implicaciones en la historia de la ciencia”, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, p. 201.

⁸¹ Joan Josep SOLAZ-PORTOLÈS, “El espacio vacío y sus implicaciones en la historia de la ciencia”, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, p. 204.

La demostración de que la velocidad de la luz es constante en la teoría de la relatividad de Albert Einstein (1879-1955) y otros experimentos, terminaron de expulsar definitivamente la idea de éter de la ciencia. Para los científicos de este siglo, todas las interacciones están aseguradas por los campos de fuerza, que son una de las formas de existencia de la materia. En consecuencia, ya no hay espacio absolutamente vacío, pues todo está lleno de campos⁸².

La noción de éter, que tanto ha variado a lo largo de la historia, ha venido a ser reemplazada, de alguna manera, por la idea de campo. Así lo afirma Albert Einstein en un escrito del año 1930:

“Esta palabra éter ha cambiado su significado muchas veces en el desarrollo de la ciencia [...] Su historia, de ningún modo terminada, es continuada por la teoría de la relatividad [...]. Existe un argumento importante a favor de la hipótesis del éter. Negar la existencia del éter significa, en último análisis, negar todas las propiedades físicas al espacio vacío”⁸³.

En un escrito anterior, *Über den Äther* había afirmado: “en lugar de hablar de un éter, podríamos igualmente bien, hablar de cualidades físicas del espacio”⁸⁴. Y en 1954: “En relatividad general un espacio [...] no es más un espacio sin campo, [...]; un espacio vacío, es decir, un espacio sin campos no existe”⁸⁵.

⁸² Cf. Joan Josep SOLAZ-PORTOLÈS, “El espacio vacío y sus implicaciones en la historia de la ciencia”, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, pp. 205-206.

⁸³ Albert EINSTEIN, *Forum Philosophicum*, 1, p. 180-184 (1930) citado en Pedro W. LAMBERTI, Víctor RODRÍGUEZ, “Einstein y el éter: la curiosa vida de un concepto” en José AHUMADA, Marcio PANTALONE, Víctor RODRÍGUEZ (ed.), *Epistemología e Historia de la ciencia*. Selección de Trabajos de las XVI Jornadas. Volumen XVI, p. 320.

⁸⁴ Albert EINSTEIN, *Über den Äther*, citado en Pedro W. LAMBERTI, Víctor RODRÍGUEZ, “Einstein y el éter: la curiosa vida de un concepto” en José AHUMADA, Marcio PANTALONE, Víctor RODRÍGUEZ (ed.), *Epistemología e Historia de la ciencia*. Selección de Trabajos de las XVI Jornadas. Volumen XVI, p. 318.

⁸⁵ Albert EINSTEIN, “La realidad y el problema del espacio” citado en Pedro W. LAMBERTI, Víctor RODRÍGUEZ, “Einstein y el éter: la curiosa vida de un concepto” en José AHUMADA, Marcio PANTALONE, Víctor RODRÍGUEZ (ed.), *Epistemología e Historia de la ciencia*. Selección de Trabajos de las XVI Jornadas. Volumen XVI, p. 319.

La mecánica cuántica, por su parte, postula un vacío cuántico, que se caracteriza por ser el estado cuántico con menor energía posible. El vacío cuántico no está absolutamente vacío sino que contiene campos cuánticos. La electrodinámica cuántica postula campos dentro de los cuales las partículas se crean y se aniquilan, aún en el estado con menor energía posible, por ejemplo en la desintegración de un neutrón, o la aniquilación de un electrón en fotones. Según las modernas teorías de las partículas elementales, el vacío es un objeto físico, se puede cargar de energía y se puede convertir en varios estados distintos. Dentro de su terminología, los físicos hablan de vacíos diferentes. El tipo de partículas elementales, su masa y sus interacciones están determinados por el vacío subyacente⁸⁶.

¿Qué ha quedado entonces, de la concepción pascaliana de vacío en la física contemporánea? Muy poco, ya que para Pascal era imposible imaginar las características y abstracciones que podrían llegar a hacerse en este campo. Sin embargo, algunas de sus intuiciones e hipótesis se orientaban de alguna manera a la concepción actual.

Para Pascal, el vacío no significaba la nada absoluta, sino que representaba, en definitiva, la ausencia de resistencia del aire o de cualquier otro fluido al movimiento de los cuerpos. Eso lo llevo a imaginar que sucedería si pudiera contarse con una habitación a la que pudiera extraérsele todo el aire, y como eso haría que el comportamiento de los cuerpos fuera distinto.

Tampoco tenía sentido para Pascal postular el éter como un medio necesario para la transmisión de la luz, como se ha visto ya. Para Pascal, al no ser conocida la naturaleza de la luz, no era posible afirmar, pero tampoco negar, que necesitara un medio para su transmisión.

Finalmente, Pascal ha logrado salir del esquema aristotélico de sustancia-accidente, afirmando que el espacio no es ni una cosa ni la otra, sino que se lo puede definir y asignarle características en sí mismo, que no dependen de los objetos que lo ocupen. Esas características son la de tener longitud, anchura y profundidad, ser inmóvil y ser capaz de recibir y contener un cuerpo de iguales dimensiones.

⁸⁶ Cf. art. "Quantum Field Theory" en *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Disponible en: <http://plato.stanford.edu/entries/quantum-field-theory/> [consultado el 05/11/2012].

Capítulo cuatro

Método científico y conocimiento

Los escritos de Pascal examinados hasta el momento se circunscriben a las cuestiones físicas particulares que lo ocuparon, si bien ha podido obtener a partir de ellas importantes conclusiones más generales, como se ha visto. En este capítulo se analizarán otros escritos de índole más filosófica, que permitirán completar la visión de Pascal sobre el conocimiento propiamente científico y los límites del mismo.

4.1 Prefacio sobre el *Tratado del Vacío*

Los opúsculos y tratados de Pascal acerca del vacío fueron escritos por su autor con el propósito de ir informando a la comunidad científica, y a todo aquel que estuviera interesado, acerca del desarrollo de sus principales experimentos y sobre algunas conclusiones a las que iba arribando. Pero su intención final era escribir un gran tratado, como ya se ha mencionado, en el que pudiera ahondar en detalle, y de modo más sistemático, los problemas que sólo había llegado a plantear en estos escritos.

Sólo se conserva el Prefacio del tan proyectado *Tratado del Vacío*. Durante los años que van de 1649 a 1651, Pascal se dedicó a seguir recolectando datos, realizar experimentos y apuntar notas acerca del tema. Se analizará ahora este prefacio que contiene algunas importantes nociones sobre cómo el hombre se encuentra frente al conocimiento de las cosas. Si bien es anterior al ya analizado *Tratado del equilibrio de los líquidos y el peso de la masa del aire*, se ha creído conveniente considerarlo dentro del conjunto de los textos de índole gnoseológica.

Pascal comienza reflexionando sobre el papel de los autores y escritos de la antigüedad en el conocimiento actual. Procura adoptar una posición intermedia, sin dar a los antiguos un exagerado reconocimiento pero tampoco anulando su autoridad. Para eso cree adecuado hacer una distinción:

hay algunos conocimientos que dependen meramente de la memoria y son de índole histórico, por lo que su único objeto es conocer lo que escribieron los autores, y hay otros tipos de conocimientos que dependen del razonamiento y tienen por objeto descubrir las verdades ocultas¹.

Ubica entre los primeros tipos de conocimiento a la historia, la geografía, la jurisprudencia, las lenguas, y sobre todo a la teología; todas ellas “tienen por principio el simple hecho o la institución divina o humana, hay que recurrir necesariamente a sus libros, puesto que todo lo que podemos saber está contenido en ellos”².

En el caso de los asuntos del pensamiento, en cambio, la autoridad es inútil. Sólo la razón puede ser utilizada:

“los asuntos de esta clase guardan proporción con el alcance de la mente, está encuentra una libertad total para extenderse sobre ellos; su fecundidad inagotable crea continuamente y sus inventos pueden ser a un tiempo sin fin y sin interrupción”³.

Coloca entre estas ciencias a la geometría, la aritmética, la música, la física, la medicina, la arquitectura y todas las ciencias que tengan que ver ya sea con el razonamiento puro –como la geometría y la aritmética–, o con la experiencia, cuyo caso paradigmático es la física. El deber de todos los hombres es acrecentar estas ciencias mediante el razonamiento y la experimentación, aceptando lo que se ha recibido de los antiguos pero procurando entregarlas a los que vendrán de un modo más perfecto.

Es el esfuerzo conjunto el que logrará un mayor progreso en el conocimiento. En estas ciencias, es más conveniente seguir a los modernos que a los antiguos, ya que los modernos han podido llegar más lejos en su desarrollo, con nuevos métodos que permitieron perfeccionar el conocimiento, dado que abandonaron el método de las autoridades a favor del método experimental y matemático.

En el caso particular de la física, se debe anteponer el razonamiento y la experimentación a los argumentos de autoridad. Es de lamentar que cualquier nueva opinión en física sea atacada en nombre de las opiniones pre-

¹ Cf. Blaise PASCAL, “Prefacio sobre el Tratado del Vacío”, en *Obras*, p. 722.

² Blaise PASCAL, “Prefacio sobre el Tratado del Vacío”, en *Obras*, p. 723.

³ Blaise PASCAL, “Prefacio sobre el Tratado del Vacío”, en *Obras*, p. 723.

viamente establecidas. Se respeta más el espíritu de los antiguos filósofos, afirma Pascal, si se acepta la necesidad de los nuevos inventos y se procede tal como ellos mismos hicieron con los conocimientos recibidos:

“[...] ellos sólo se sirvieron de los que les habían sido legados como de medios para hacer otros nuevos inventos [...] debemos tomar los que ellos nos han dejado de la misma manera y [...] convertirlos en el medio y no en el fin de nuestros estudios, y de esta suerte tratar de superarlos imitándolos”⁴.

No es la propia capacidad de los investigadores actuales la que les ha permitido encontrarse en un grado superior respecto a los investigadores antiguos, sino que, tomando como referencia lo que ellos les han legado, se pueden dar grandes pasos sin quizás tan grandes esfuerzos –en consonancia con la conocida frase usada por Newton “Si he visto más lejos es porque estoy sentado sobre los hombros de gigantes”–. Los antiguos han dejado muchas verdades por descubrir, y es honrarlos proceder de esta manera.

Es además tratar indignamente la razón del hombre el no permitirle ahondar en sus conocimientos. El hombre “ha sido creado para lo infinito”⁵, y en el transcurso de su vida aprende, no sólo de su propia experiencia, sino que tiene la capacidad de conservar en su memoria la de los que le precedieron. Lo mismo que sucede en la historia individual de cada hombre sucede en la humanidad en su conjunto, “no sólo cada uno de los hombres avanza día tras día en las ciencias, sino que todos los hombre juntos hacen un continuo progreso”⁶.

En el ya citado fragmento de los *Pensamientos*, explica Pascal cómo entiende la infinitud en la naturaleza y, consecuentemente, en la ciencia:

“Cuando se tiene instrucción se comprende que la naturaleza, al haber grabado su imagen y la de su autor en todas las cosas, éstas tienen todas su doble infinitud [la de lo infinitamente grande y lo infinitamente pequeño]. Por eso vemos que todas las ciencias son infinitas en la extensión de sus investigaciones, ¿pues quién duda de que la

⁴ Blaise PASCAL, “Prefacio sobre el Tratado del Vacío”, en *Obras*, p. 724.

⁵ Blaise PASCAL, “Prefacio sobre el Tratado del Vacío”, en *Obras*, p. 725.

⁶ Blaise PASCAL, “Prefacio sobre el Tratado del Vacío”, en *Obras*, p. 726.

geometría, por ejemplo, tiene una infinidad de infinitudes de proposiciones que exponer? Son también infinitas en la multiplicidad y la complicación de sus principios, ¿pues quién no ve que los que se proponen como últimos no se sostienen por sí mismos y se apoyan en otros que, teniendo a su vez otros por apoyo, no toleraran jamás un último principio?"⁷.

No debe culparse a los antiguos por no haber visto lo que ahora se hace claro a los hombres de ciencia, más bien debe admirárselos por lo que han logrado conocer a pesar de los pocos medios con los que contaban. Pero, por el contrario, no es posible disculpar a aquellos hombres de estos tiempos que se niegan a aceptar los nuevos conocimientos, incluso cuando estos se les presentan de modo evidente, refugiándose en la autoridad de los antiguos.

Rechaza también la postura de Descartes de *empezar de nuevo* en el conocimiento⁸, dándole valor a la acumulación de saberes que el desarrollo de la historia y de la cultura permiten. "Pascal defiende los derechos de la razón sin caer en el racionalismo"⁹; para ello toma una postura que da su justo valor a los conocimientos descubiertos por los antiguos y desarrollados por ellos en teorías, pero sosteniendo que éstos no pueden limitar los progresos y descubrimientos que se puedan ir llevando a cabo en el presente. La ciencia actúa de modo *crítico*, no aceptando aquello que no se le presente como razonable y resistible a ser puesto a prueba, apartándose muchas veces de lo que para los antiguos era un dogma.

En efecto, en esta delimitación de tipos de conocimiento y del modo de acceso a ellos, Pascal se aparta no solamente de aquellos que utilizan el argumento de autoridad en ciencias, apoyándose principalmente en Aristóteles, sino también de Descartes y su rechazo a cualquier conocimiento que

⁷ Blaise PASCAL, "Pensamientos" n. 199 (72), en *Obras*, p. 408.

⁸ Descartes, tal como él mismo narra en el *Discurso del Método*, se determina a dejar de lado todo el conocimiento que las escuelas o los maestros podrían darle, y procura conocer sólo aquello que pueda adquirir por su cuenta y se presente ante su entendimiento con claridad y distinción. Se propone no hacer caso sino a lo que pudiera obtener por sí mismo, empleando para ello su pensamiento, poniendo todo su empeño y cuidado en adquirir ideas de tal manera que no pueda colarse el error en ninguna de las proposiciones que aceptará como verdaderas. Cf. René DESCARTES, "Discurso del Método" en René DESCARTES, *Discurso del Método. Reglas para la Dirección de la Mente*, pp. 43-51.

⁹ Michele Federico SCIACCA, *Estudios sobre filosofía moderna*, p. 147.

no provenga de las ideas claras y distintas que la mente intuye, o de las deducciones que pueda hacer a partir de ellas¹⁰. Para Pascal los principios de la física provienen de la experiencia, no pueden ser de ninguna manera anteriores. No es el caso de Descartes, que rechaza que la experiencia pueda ser fuente de algún conocimiento cierto, y prefiere fundar la física en las matemáticas, en el siguiente sentido: “No admito en física principios distintos a los de las matemáticas, porque todos los fenómenos de la naturaleza pueden explicarse y demostrarse a partir de ellos”¹¹.

Para Pascal, en las ciencias físicas es más importante la experiencia que la especulación teórica. Se trata de conocer acerca de *hechos*, por lo que el trabajo del científico siempre debe estar presente, mediante la inventiva y la creatividad puestas al servicio de un más profundo conocimiento. La física es “ciencia progresiva, en devenir, perfectible, fundada en la experiencia y en el razonamiento. Por esto progresa y se enriquece con el progreso y el enriquecimiento de la experiencia”¹². Sólo a través de la verificación experimental se puede afirmar algo de cierta manera universal acerca del modo de comportarse de la naturaleza.

Es perdonable que los antiguos afirmaran que la naturaleza no tolera el vacío, pero Pascal expresa su convencimiento de que, si hubieran podido conocer los experimentos por él realizados, habrían tenido motivos para afirmar lo contrario. En esto también se ve su respeto a los antiguos: sus teorías sólo pueden ser rechazadas en la medida en que son desmentidas por nuevas observaciones cuya realización no estuvo a su alcance. Ellos hablaron de la naturaleza sólo en el estado en que la conocieron, es decir, en las circunstancias que alcanzaron a descubrir.

Pero no alcanza con experimentar en cien, o mil circunstancias, lo que se pretende defender “ya que si quedase un solo caso por examinar, ese

¹⁰ René DESCARTES, “Principios de filosofía”, en René DESCARTES, Gottfried LEIBNIZ, *Sobre los principios de la filosofía*. Traducción y notas de E. López y M. Graña, Madrid, Gredos, 1989, p. 75: “las percepciones de los sentidos sólo se refieren a esa conjunción del cuerpo humano con la mente, y ordinariamente nos muestran en qué pueden favorecerla o perjudicarla los cuerpos exteriores; pero no nos enseñan, a no ser alguna vez y accidentalmente, cómo son en sí mismos. Teniendo esto en cuenta, abandonaremos fácilmente los prejuicios de los sentidos, y sólo usaremos aquí el entendimiento, que examinará las ideas que hay en él por naturaleza”.

¹¹ René DESCARTES, “Principios de filosofía”, en René DESCARTES, Gottfried LEIBNIZ, *Sobre los principios de la filosofía*, p. 121.

¹² Michele Federico SCIACCA, *Pascal*, p. 85.

único caso bastaría para impedir la definición general, y si uno sólo fuese contrario, ese solo [bastaría para afirmar que es falsa]¹³. Cuando se afirma algo, por ejemplo, que el oro es el más pesado de todos los cuerpos, se hace referencia solamente a los cuerpos conocidos, pero sería una temeridad afirmar esto acerca de los cuerpos de la naturaleza que no se conocen todavía.

Este último es un principio importante de la filosofía de la ciencia de Pascal: no se pueden conocer todos los casos particulares; la naturaleza es demasiado amplia como para examinar uno por uno los casos. La ciencia comprende una parte de la verdad que la naturaleza manifiesta, pero siempre es perfectible porque no la abarca de modo completo.

Vale la pena considerar completo el fragmento en el que Pascal sintetiza de alguna manera su concepción acerca de la naturaleza y el modo de conocimiento que se tiene acerca de ella, porque que, como se ha dicho ya, de acuerdo a como el científico conciba la naturaleza, orientará sus actividades para conocerla:

“Los secretos de la naturaleza están ocultos; aunque ésta siempre actúa no descubrimos siempre sus efectos: el tiempo los revela de época en época y, aunque siempre igual a sí misma, no siempre es igualmente conocida. Las experiencias que nos dan su conocimiento se multiplican continuamente; y como son los únicos principios de la física, las consecuencias se multiplican en proporción¹⁴.”

La naturaleza siempre actúa de la misma manera, la naturaleza siempre se mantiene igual a sí misma. Hay en el modo de hacer ciencia de Pascal un presupuesto metafísico, ya mencionado: hay principios que rigen el actuar de la naturaleza, y esos principios son constantes y uniformes. La naturaleza consiste para Pascal en una cierta disposición ordenada de las cosas. Hay también una concatenación de causas y efectos. El hombre no siempre puede conocer los principios, porque se les escapan debido a una limitación de su entendimiento, pero eso no significa que no existan: “la naturaleza

¹³ Blaise PASCAL, “Prefacio sobre el Tratado del Vacío”, en *Obras*, p. 726. El texto que se conserva se interrumpe, por lo que he considerado necesario terminar la idea de acuerdo a lo que evidentemente quiere argumentar Pascal.

¹⁴ Blaise PASCAL, “Prefacio sobre el Tratado del Vacío”, en *Obras*, p. 723.

exhibe una continuidad en la conexión causal que une a todas las cosas"¹⁵. Esto se encuentra ya en el límite de una concepción científica que abre paso a una consideración más filosófica.

Todas estas características acerca de la naturaleza hacen que ésta sea inteligible, es decir, pueda ser conocida por el hombre; y ese conocimiento puede ordenarse a partir de máximas que reflejan su *actuar*. Pero afirma Pascal que ese actuar siempre idéntico no es a su vez siempre visible para el hombre, debido a la limitación de su intelecto. El método que permite el acceso a los *secretos* de la naturaleza es la experimentación; por eso se constituye en el único principio de la física.

En este breve fragmento se puede observar tanto la regularidad del actuar de la naturaleza, que permite su conocimiento mediante la ciencia, como aquello que hay de oculto, aquello que permanece como un *secreto* en su desarrollarse. En esta descripción de la naturaleza como un *actuar* y un *desarrollo* en el tiempo ve A.W.S Baird una concepción de la naturaleza que se aparta decididamente de una consideración mecanicista de la misma, y que puede aparecer incluso como contradictoria con la subyacente en los textos de Pascal anteriormente analizados.

El hecho de que la naturaleza sea inabarcable, inagotable por el pensamiento humano, tal como Pascal lo propone, es un signo ya de que ve en ella más que la pura *res extensa* que Descartes postula y que está seguro de llegar a conocer si se parte de los principios correctos. Es necesario que haya en Pascal una idea más profunda acerca de la naturaleza para que él pueda afirmar que esta es incognoscible.

Se ha hecho mención a como la naturaleza refleja la *infinitud* de su creador. Si se examina en profundidad un pequeño organismo, a medida que indagemos más y más en él siempre encontraremos nuevas partes, nuevos compuestos, nuevas formas de organización de la materia. La complejidad y diversidad hablan de una irreductibilidad a reglas de la naturaleza: "Pascal tiene un profundo sentido del carácter irreducible de las especies individuales y de la inmensa complejidad de los fenómenos que forman el mundo físico"¹⁶.

¹⁵ BAIRD, A.W.S., "Pascal's Idea of Nature", *Isis*, p. 298.

¹⁶ BAIRD, A.W.S., "Pascal's Idea of Nature", *Isis*, p. 319: "Pascal has a deep sense of the irreducible character of individual species and of the immense complexity of the phenomena which go to make up the physical world".

Otros fragmentos de los *Pensamientos* dan cuenta de la naturaleza como un principio de actividad y diversificación:

“La naturaleza vuelve a empezar siempre las mismas cosas, los años, los días, las horas y los espacios también. Y los números son correlativos, van uno detrás del otro: así se forma una especie de infinito y de eterno”¹⁷.

“La diversidad es tan amplia que todos los tonos de voz, todos los andares, toseres, moqueos, estornudos... Distinguimos entre las frutas, las uvas y entre ellas los moscateles y luego Condrieu, y luego Desargues, y luego aquel injerto. ¿Es todo? ¿Ha producido alguna vez dos racimos iguales, y un racimo dos granos iguales, etc.?”¹⁸

“La naturaleza actúa por progresión. *Itus y reditus*, va y vuelve, luego va más lejos, luego dos veces menos, luego más que nunca, etc. El flujo del mar se hace así, el sol parece andar así”¹⁹.

Se puede entonces caracterizar la continuidad de la naturaleza en Pascal no como una mera uniformidad, sino como una *continua actividad*, que se desarrolla y expresa a través de distintas individualidades, según su propio modelo inmanente:

“así describe Pascal la continuidad, la uniformidad, perceptibles en todo el mundo de la naturaleza; no en términos de ninguna sustancia material subyacente, pero en términos de los procesos de crecimiento y cambio”²⁰.

Concebida así la naturaleza, en términos de proceso y movimiento, ciertamente que no puede ser descrita con un modelo de máquina, propio del mecanicismo. Esta figura del mecanicismo no da cuenta de su particular desarrollo y cambio periódico. Una última cita tomada de los *Pensamientos*

¹⁷ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 663 (121), en *Obras*, p. 545.

¹⁸ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 558 (114), en *Obras*, p. 525.

¹⁹ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 771 (355), en *Obras*, p. 565.

²⁰ BAIRD, A.W.S., “Pascal’s Idea of Nature”, *Isis*, p. 303: “Thus Pascal describes the continuity, the uniformity, discernible throughout the world of nature, not in terms of any underlying material substance, but in terms of the processes of growth and change”.

mostrará hasta qué punto es problemático definir una postura acerca de la naturaleza en Pascal, siendo que a textos marcadamente mecanicistas se le contraponen otros tales como:

“Cuando vemos que un efecto se repite siempre igual, concluimos que se trata de una necesidad natural, como que mañana habrá luz, etc.; pero con frecuencia la naturaleza nos desmiente y no se somete a sus propias leyes”²¹.

La clave de una naturaleza entendida desde un punto de vista mecanicista está en la invariancia de las reglas que la rigen. Esto no es de ninguna manera compatible con la *indeterminación de la naturaleza* que Pascal plantea en este fragmento.

Sin embargo, es esta particular dicotomía que se hace patente en los textos de Pascal la que da cuenta de la riqueza que ve el pensador en la naturaleza y que lo sitúa en una posición distinta de algunos de sus contemporáneos. Esta misma mirada es la que le permitirá tener una visión más amplia acerca de los límites y los alcances de la razón humana, y le permitirá abrir su horizonte a nuevos modos de conocimiento.

Finalmente, en este prefacio se ve a Pascal reclamando y restituyendo los derechos a la razón humana para lanzarse con autonomía al descubrimiento del mundo físico. Y en esta tarea la razón tiene sólo el límite que ella misma supone para sí: puede, circunscripta a su propio campo de acción, explayarse tanto como quiera y poner al servicio del descubrimiento de la verdad todo el talento y el ingenio que posea.

Concluye Pascal el prefacio con una afirmación acerca de la verdad:

“por mucha fuerza que, en fin, tenga esa antigüedad, la verdad debe llevar siempre ventaja, aunque haya sido descubierta recientemente, puesto que es siempre más antigua que todas las opiniones que se

²¹ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 660 (544), en *Obras*, p. 544. El original francés no usa la palabra leyes, sino reglas (*règles*): “Quand nous voyons un effet arriver toujours de même nous en concluons une nécessité naturelle, comme qu’il sera demain jour, etc. mais souvent la nature nous dément et ne s’assujétit pas à ses propres règles”. Cf. Blaise PASCAL, *Œuvres complètes*, p. 589.

han tenido sobre ella, y sería ignorar su naturaleza imaginar que ha empezado a existir en el momento en que empezó a ser conocida”²².

Pascal se sitúa en una postura realista²³ en cuanto a la verdad, en el siguiente sentido: la verdad es eterna, no depende de los descubrimientos y opiniones que se hagan acerca de ella, porque ella siempre los precede. No empieza a ser en el momento en que se la conoce, sino que se la conoce en la medida en que preexiste a su descubrimiento. Y es por eso que el experimento encuentra la verdad, porque ésta existía antes de toda experimentación y de toda teorización. La verdad es la vara con la que se medirán las teorías, y así puede ser más acorde a ella una afirmación acerca de la naturaleza descubierta recientemente que una que goza del prestigio dado por los autores o los años transcurridos.

La ciencia es un sistema abierto que se va desarrollando en el tiempo y enriqueciéndose con nuevos aportes, pero esto no excluye que la verdad acerca de la que trata sea objetiva y extratemporal. Lo que es histórico es el conocimiento que los hombres van teniendo acerca de ella. Y siempre será así, porque la verdad es infinita, y por lo tanto son infinitos los pasos que el hombre va dando para conocerla cada vez más, sin nunca llegar a abarcarla.

4.2 *Del espíritu geométrico y del arte de persuadir*

En los años 1658-1659, durante su estadía con los *solitarios* de Port-Royal, Pascal escribe dos breves opúsculos: *Del espíritu geométrico* y *Del arte de persuadir*, para uso interno de las *petites écoles*, reunidos bajo el nombre de *Reflexiones sobre la geometría en general*. Estos dos aspectos aparentemente distintos –la geometría y la persuasión– están reunidos por Pascal como partes fundamentales de los objetivos principales en el estudio de la verdad: descubrirla cuando se la busca, demostrarla cuando se la posee y distinguirla de lo falso cuando se la examina²⁴.

En este tratado se ocupará sobre todo del segundo objetivo, y para demostrar las verdades ya descubiertas “y explicarlas de tal suerte que la de-

²² Blaise PASCAL, “Prefacio sobre el Tratado del Vacío”, en *Obras*, p. 727.

²³ Cf. respecto a esto: Michele Federico SCIACCA, *Pascal*, pp. 87-89.

²⁴ Cf. Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, p. 278.

mostración sea irrefutable”²⁵ no hay otro método mejor que el de la geometría. En la primera parte de este tratado, entonces, se dedicará a lo que se refiere a probar las proposiciones; en la segunda, destinada a la persuasión, a la forma de disponer las proposiciones en el mejor orden: “haré dos secciones, una de las cuales contendrá sobre la forma de establecer demostraciones geométricas, es decir, metódicas y perfectas, y la segunda comprenderá las del orden geométrico, es decir metódico y completo”²⁶.

Es importante destacar que en *Del espíritu geométrico* Pascal propone a la geometría como modelo de ciencia a seguir. Sin embargo, admite que el método seguido por ella no es perfecto, aunque sí el más perfecto dentro de lo que el hombre puede aspirar²⁷.

Un método que permitiera alcanzar demostraciones perfectas consistiría en dos cosas principalmente: 1) no emplear ningún término cuyo significado no se haya definido con claridad, 2) no exponer ninguna proposición que no se haya demostrado con verdades conocidas. Este método exige, por lo tanto, definir todos los términos y demostrar todas las proposiciones.

Pero la dificultad de llevarlo a cabo se hace prontamente evidente: para definir un término, siempre se usan otros anteriores y, para demostrar una proposición, se dan por supuestas algunas previas, y no es posible llegar nunca a las primeras. Se encuentran, entonces, palabras que no se pueden definir y proposiciones tan claras que no es posible demostrar por otras.

Los hombres, afirma Pascal, se encuentran imposibilitados por su propia naturaleza de tratar acerca de cualquier ciencia en un orden completamente perfecto. Sin embargo, no hay que resignarse a no expresar la ciencia del modo más cercano posible al método anteriormente descrito. La geometría es ejemplo de lo que el hombre puede lograr y a su vez modelo a seguir por las otras ciencias:

²⁵ Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, p. 278.

²⁶ Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, p. 278.

²⁷ Conviene recordar aquí lo dicho anteriormente: la geometría de Pascal es más cercana a la de Euclides que a la de Descartes; este último pretende basar toda la física en el análisis y la deducción. Para Pascal, en cambio, los datos de la naturaleza no son deducibles *a priori*: “la geometría pascaliana tenía que servir a las mentes que procedieran paso a paso en la investigación de esta Naturaleza que es fundamentalmente impredecible”. Etienne GILSON, Thomas LANGAN, *Historia de la filosofía*. III: Filosofía moderna. Traducción de Demetrio Nánñez, Buenos Aires, Emecé Editores, 1967, p. 121.

“quiero pues hacer comprender en qué consiste la demostración con el ejemplo de la geometría que es casi la única de las ciencias humanas que las produce infalibles, porque ella sola observa el verdadero método, mientras que todas las otras están por una necesidad natural en cierta clase de confusión que sólo los geómetras saben descubrir perfectamente”²⁸.

La geometría, si bien no puede definirlo ni demostrarlo todo, está basada sólo en cosas que son claras e indubitables por la luz natural, por lo que todo lo que se afirma en ella es totalmente verdadero “ya que la naturaleza es la que le sostiene en lugar del razonamiento”²⁹. Su modo de proceder consiste en no definir aquello que es claro para todos los hombres –y a partir de estas definiciones definir los demás términos, no dejando ninguno sin definir–, y en no demostrar lo que es conocido por todos –y tomar esto como punto de partida para realizar todas las demás demostraciones que tratan de su objeto–: “La razón no está en situación de establecer su propio fundamento, sino que éste viene dado por la naturaleza”³⁰.

Reniega así de los filósofos que pretenden definir, en un sentido estricto, palabras primitivas, como por ejemplo hombre, o ser. Esto no es necesario, ya que está suficientemente claro que es lo que se quiere designar con este nombre, porque tenemos de estas cosas una idea natural, mucho más clara que las definiciones que puedan intentar darse. Así, la geometría no considera necesario definir qué cosa sea el espacio, el tiempo, el número y todas las cosas similares a éstas.

Pascal deja bien claro que esto no quiere decir que se conozcan las *naturalezas* de todas las cosas que no pueden ser definidas: ha señalado al comienzo del tratado que el objetivo de la definición es meramente imponer

²⁸ Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, pp. 279-280.

²⁹ Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, p. 281. Cuando Pascal se refiere a la naturaleza en este fragmento, está usando el término en el sentido de aquello que se está por naturaleza *inclinado* a creer. Cf. Jaime Andrés WILLIAMS, *El argumento de la apuesta de Blaise Pascal*, EUNSA, Navarra, 2002, pp. 104-105: “razonar ‘según las luces naturales’ incluye cualquier tipo de actividad intelectual, sea intuitiva o discursiva. En otras palabras, estamos frente a una razón que engloba en su desarrollo la acción de la naturaleza. Por tanto, en el conjunto de su obra, Pascal designa como ‘luz natural’ todo conocimiento que el hombre puede alcanzar por sí mismo, sin necesidad de la fe”.

³⁰ Jaime Andrés WILLIAMS, *El argumento de la apuesta de Blaise Pascal*, p. 104.

nombres a las cosas que se han designado, con el fin práctico de aclarar y abreviar el razonamiento, sin provocar ningún cambio en la idea de la cosa sobre la cual se está tratando. Y ahora agrega: “las definiciones solamente se hacen para designar las cosas que nombramos, y no para demostrar su naturaleza”³¹. Es la relación entre el nombre y la cosa lo que es conocido por todos³².

Se ve aquí clara y fuertemente fundamentado que, para Pascal, la ciencia no se ocupará de esencias, ya que éstas son imposibles de conocer, sino de aquella porción de la realidad que el hombre ha restringido para hacer de ella su objeto de estudio. Es importante poner de manifiesto que la definición que se pudiera proponer de una cosa no concuerda *en naturaleza* con ella, sino que habrá más bien dos cosas a las que se hará referencia cuando se utilice la palabra definida. Pascal lo ejemplifica con la palabra tiempo, definida por los teólogos muchas veces como “movimiento de una cosa creada”:

“después de esta definición habrá dos cosas que llamaremos con el nombre de tiempo: una es la que todo el mundo comprende naturalmente con esa palabra y que todos aquellos que hablan nuestra lengua designan con este término; la otra será el movimiento de una cosa creada porque la llamaremos también con este nombre siguiendo esta nueva definición”³³.

La geometría evita fácilmente este error al no pretender definir las palabras primitivas. Pero todos los otros términos sí se definen, de manera

³¹ Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, p. 283.

³² Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, pp. 282-283: “Vemos claramente con esto que hay palabras imposibles de definir; y si la naturaleza no hubiera suplido esta carencia con una idea semejante que ha dado a todos los hombres, todas nuestras expresiones serían confusas [...] porque la naturaleza nos ha dado en ella misma, sin palabras, una comprensión más clara que la que el método nos proporciona por medio de nuestras explicaciones. No es que todos los hombres tengan la misma idea de la esencia de las cosas que yo digo que es imposible e inútil definir [...] no es la naturaleza de esas cosas lo que yo digo que es conocido de todos: es simplemente la relación entre el nombre y la cosa [...] todos dirigen el pensamiento hacia el mismo objeto, lo que es suficiente para hacer que ese término no tenga necesidad de ser definido”.

³³ Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, p. 283.

tal que no quede lugar para la duda o el error. Para definirlos, el geómetra procede de forma arbitraria:

“en geometría hay términos que son absolutamente primeros... por la sencilla razón de que es la mente del geómetra quien los hace. Él tiene la libertad de partir de cualquier definición que se le ocurra y puede dar a su objeto cualquier nombre, con tal que siempre use el mismo nombre para significar la misma cosa. Manteniéndose fiel a ese sistema de signos que él ha establecido libremente evitará el geómetra toda equivocación”³⁴.

Aquellos términos que son indefinibles lo son en razón de su simpleza; su extrema evidencia hace que sea innecesario definirlos, ya que se tiene sobre ellos absoluta certeza. La geometría entonces se dedica sólo a descubrir las *maravillosas propiedades* que hay en el movimiento, en los números y en el espacio. Estos tres objetos de la geometría tienen en sí la característica de lo infinitamente grande y lo infinitamente pequeño, a la que ya se ha hecho referencia.

Con respecto a las demostraciones, la geometría sólo demuestra las proposiciones que no son evidentes. Toma como punto de partida las primeras verdades conocidas, que son para todos evidentes, y pide que se las acepte sin demostración: “Todas estas verdades no se pueden demostrar y son sin embargo los fundamentos y los principios de la geometría”³⁵.

En *Del arte de persuadir* se preocupa Pascal de los modos que tienen los hombres de aceptar las verdades que se le exponen. Lejos de proponer las verdades geométricas como las más fáciles de ser aceptadas, debido a su simpleza, reconoce que en el hombre hay dos caminos por los cuales las opiniones son aceptadas, y se corresponden con las dos principales potencias: el entendimiento y la voluntad. Y le da un papel preponderante a la voluntad que, a pesar de no ser la más indicada para juzgar la verdad, es por la que todos se inclinan en la mayoría de los casos:

“La más natural es la del entendimiento porque no deberíamos aceptar nunca más que las verdades demostradas; pero la más corriente,

³⁴ Etienne GILSON, Thomas LANGAN, *Historia de la filosofía*. III, pp. 122-123.

³⁵ Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, p. 286.

aunque contraria a la naturaleza, es la de la voluntad, porque todos los hombres que existen en el mundo están casi siempre inclinados a creer no por la demostración sino por el agrado”³⁶.

El modo de demostrar geométrico, que es ampliamente aceptado para las cuestiones científicas, perderá su eficacia cuando las demostraciones que el hombre busque estén relacionadas con su felicidad, con sus deseos naturales. En ese caso, aquello que mejor convenga con lo que se busca será lo primeramente aceptado³⁷.

Dejando de lado la consideración de las verdades divinas –que exceden a la razón y dependen de la voluntad de Dios, quien las da a conocer del modo que le place– señala que tanto la inteligencia como la voluntad tienen sus propios principios por los que se rigen.

En el caso de la inteligencia, estos principios son las verdades naturales y conocidas por todos, como por ejemplo el axioma: el todo es mayor que su parte, y otros axiomas particulares que, si bien no son aceptados por todos, una vez aceptados tienen tanta fuerza como los demás, incluso en el caso de que sean falsos.

La voluntad está a su vez regida por principios que son ciertos deseos naturales y comunes a todos los hombres, como el deseo de ser feliz, y otros deseos particulares, que pueden variar de hombre en hombre, pero que son tan fuertes que inclinan a la voluntad a actuar tan vehementemente como el deseo de felicidad.

Con respecto a las opiniones acerca de las cosas que se deben aceptar, se encuentra también una doble condición. Pascal las señala: 1) algunas se sacan de manera necesaria de los principios comunes y las verdades conocidas, y éstas son siempre admitidas, porque mediante la demostración que

³⁶ Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, p. 293.

³⁷ Para Pascal, y según la concepción jansenista, la razón está irremediablemente marcada por la huella del pecado original. Jaime Andrés WILLIAMS, *El argumento de la apuesta de Blaise Pascal*, p. 99: “[Para] Pascal [...] todas nuestras potencias de conocer y de desear se hallan orientadas hacia lo falso y lo vicioso, aunque no en su capacidad natural, pero sí en su ejercicio. [...] la inteligencia no está corrompida sino en cuanto subordinada a la voluntad; a su vez, ésta última está dominada por la concupiscencia, que le impide dirigirse hacia Dios y la tiene constantemente vuelta hacia las criaturas, es decir, hacia ella misma. En otras palabras, se trata del amor propio, que enceguece al hombre constantemente”.

se puede hacer de ellas “hay una necesidad inevitable de convencer”³⁸; 2) otras están estrechamente unidas a los objetos que satisfacen la voluntad, y también son siempre admitidas, porque se le presentan como aquello que pueden llevarla a la felicidad.

Pero puede suceder que aquello que se encuentra firmemente demostrado por verdades establecidas, sea al mismo tiempo contrario a algunos placeres que atraen la voluntad, y en ese caso la voluntad inclina más de lo que quisiera el hombre admitir, y sucede que:

“ese alma imperiosa, que se jactaba de obrar solamente por razonamiento, se somete por una elección vergonzosa y temeraria a lo que desea una voluntad corrompida, por mucha resistencia que un espíritu muy esclarecido pueda oponer”³⁹.

Esto es lo que justifica en última instancia que sea necesario un arte de persuasión, que no considera solamente las verdades que han de ser demostradas –que serán admitidas por aquél que es depositario de ella–, sino también al hombre que se quiere convencer: “hay que conocer la mente y el corazón, cuáles son los principios que acepta, qué cosas ama, y luego observar, en la cosa de que se trata, qué relaciones tiene con los principios reconocidos, o con los objetos deliciosos por los encantos que le damos”⁴⁰.

Propone entonces el pensador dar algunas reglas para convencer, tomando como punto de partida la aceptación de algunos principios. Este arte consiste en hacer ver la relación de las verdades con sus principios, que son de por sí muy reducidos, ya que hay pocos principios que sean aceptados por todos. Y este método tiene que ver con el método geométrico que ya ha enunciado, siendo sus objetivos principales: 1) definir los términos que se utilizarán de forma clara; 2) demostrar lo que se pretende demostrar a partir de principios evidentes; 3) poner siempre mentalmente en la demostración las definiciones en lugar de los definidos “ya que de otro modo podríamos abusar de los diversos sentidos que coinciden en los términos”⁴¹.

³⁸ Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, p. 294.

³⁹ Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, pp. 294-295.

⁴⁰ Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, p. 295.

⁴¹ Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, p. 296.

La fuerza del método reside justamente en que, no habiendo equívocos en las definiciones y estando de acuerdo las proposiciones con los principios aceptados, la evidente vinculación que se pone de manifiesto en las conclusiones cuando se reemplazan las definiciones por sus definidos, no puede sino convencer.

Resume Pascal las ideas contenidas en ambas partes del tratado proponiendo las siguientes reglas, que han de ser respetadas de manera absoluta, ya que sin ellas no es posible llevar a cabo el método completo del *arte de persuadir al modo geométrico*, recordando que sólo en esta ciencia se encuentran verdaderas demostraciones. Las reglas que la lógica quiera agregar y proponer son, para él, inútiles y perjudiciales:

“Reglas necesarias para la definición: no admitir ninguno de los términos un poco oscuros o equívocos sin definición. No emplear en las definiciones más que cosas perfectamente evidentes.

Reglas necesarias para los axiomas: no considerar como axiomas más que cosas perfectamente evidentes.

Reglas necesarias para las demostraciones: demostrar todas las proposiciones sin emplear en su demostración más que axiomas muy evidentes por sí mismos o proposiciones ya demostradas o aceptadas. No abusar nunca del equívoco de los términos dejando de sustituir mentalmente las definiciones que los restringen y los explican”⁴².

Ninguna de las reglas propuestas por Pascal es nueva; *la novedad radica en proponer extender estas reglas propias de la geometría al resto de los ámbitos de conocimiento*. Pero no cae en el, a su juicio, error –propio de los racionalistas como Descartes– de pretender que la evidencia del conocimiento geométrico se extienda a todos los ámbitos, y, yendo más lejos todavía, *los mismos límites que ve en la geometría los asigna a toda ciencia*, ya que la limitación del conocimiento humano mismo es la que determina hasta dónde se puede llegar a conocer.

Cada ciencia podrá tener su grado de certeza, pero solamente si parte de los principios evidentes que le da la naturaleza y no pretende ir más allá:

⁴² Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, pp. 297-298.

“en todos los órdenes del conocimiento la mente se detendrá cuando llegue aquí, y entonces todo lo que sostenga será cierto, o porque es naturalmente evidente, o porque ha sido demostrado con absoluta corrección”⁴³.

Queda ver, entonces, cuál es el origen de las *certezas no demostradas*, cómo se las adquiere, si es que se las adquiere, y qué papel juegan en el desarrollo de las ciencias físicas.

4.3 Límite de la razón humana y conocimiento del corazón

Tras lo anteriormente expuesto, las preguntas que exigen una respuesta son las siguientes: ¿cómo conoce el hombre los términos no definibles y los axiomas no demostrados? ¿De dónde le viene al hombre la certeza que tiene sobre ellos?

La clave de la respuesta está en el uso que hace Pascal de la palabra *corazón*, al que da una especial importancia en sus escritos posteriores. El término *corazón* no hace referencia en Pascal a lo volitivo, ni meramente al sentimiento, sino que viene a ser la *parte o lugar* más noble y más espiritual del alma, fuente de conocimiento pero no al modo demostrativo.

Aunque pueda parecer extraño, la geometría *depende* de las intuiciones del corazón: las primeras verdades matemáticas son intuitivas inmediatamente no por la razón, sino por el corazón, y no pueden profundizarse ni demostrarse. El corazón aparece como un modo de conocimiento distinto al de la razón, más relacionado con lo intuitivo y lo sentido, y por esto más sublime. El corazón capta de modo inmediato verdades a las que la razón discursiva no llega.

Allí donde la razón se enfrenta a su impotencia, aparece la intuición del corazón para darle las certezas que necesita para llevar a cabo sus demostraciones. Así, razón y corazón juegan cada uno su papel específico en el conocimiento. Para Pascal no hay rivalidad entre lo racional y lo intuitivo, captado por el corazón; ambos aspectos del conocimiento trabajan en conjunto para alcanzar la verdad, y cada uno tiene su ámbito de certeza. Las certezas que se perciben con el corazón tienen la misma validez que aquellas que se deducen por razonamientos, porque independientemente de que procedan

⁴³ Etienne GILSON, Thomas LANGAN, *Historia de la filosofía*. III, p. 124.

de la razón o del corazón, se presentan como evidentes e indubitables. Se verá todo esto expresado en otro conocido fragmento de los *Pensamientos*:

“Conocemos la verdad, no solamente por la razón, sino también por el corazón. De esta última manera es como conocemos los primeros principios y es en vano que el razonamiento, que no tiene ninguna parte en ellos, trate de combatirlos. [...] Porque el conocimiento de los primeros principios: espacio, tiempo, movimiento, números, es tan firme como ninguno de aquellos que nos dan nuestros razonamientos. Y en esos conocimientos del corazón y del instinto es donde es preciso que se apoye y base todo nuestro razonamiento. El corazón siente que hay tres dimensiones en el espacio y que los números son infinitos, y la razón demuestra luego que no hay dos números cuadrados de los que uno sea el doble del otro. Los principios se sienten, las proposiciones se deducen y todo ello con certeza, aunque por diferentes medios. Y es tan inútil y tan ridículo que la razón pida al corazón pruebas de sus primeros principios para querer aceptarlos, como sería ridículo que el corazón pidiese a la razón un sentimiento de todas las proposiciones que éste ha demostrado para querer aceptarlas”⁴⁴.

Si bien el que más interesa a los propósitos de este trabajo es el papel del corazón en el ámbito del conocimiento de las ciencias físicas, éste es un concepto que atraviesa transversalmente toda la obra del pensador francés. El autor Jaime Williams señala los distintos ámbitos en los que se hace referencia al corazón en la obra de Pascal⁴⁵.

En relación con la moral, el corazón es el órgano o potencia por el que son conocidos los principios del obrar, iluminado por la luz divina. Pascal quiere distanciarse de la moral casuística que había sido propagada por los jesuitas y estaba en boga en ese momento. La moral del corazón se contrapone a la moral propia del análisis y la ciencia. La moral del corazón rechaza las razones y sigue el instinto y la espontaneidad del sentimiento: “Frente

⁴⁴ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 110 (282), en *Obras*, p. 379.

⁴⁵ Cf. Jaime Andrés WILLIAMS, *El argumento de la apuesta de Blaise Pascal*, pp. 204-216: “En los escritos de Pascal, el corazón dice relación con diversos términos: fe, instinto, voluntad, principios, costumbre, naturaleza y otros” (p. 204).

a la moral del espíritu que enuncia preceptos en nombre de la razón y aplica deducciones, se exige una moral diferente: la moral del juicio que se guía por el sentimiento”⁴⁶.

Por el corazón también se intuye y se capta la belleza. Para el gusto estético no valen las leyes universales. Pascal ha dejado claro que no es lo mismo demostrar que persuadir, que en el agrado juegan factores subjetivos, emocionales e históricos. El artista debe buscar conmover más que un ideal estético.

El corazón es además el lugar en el que actúa uno de los modos principales que Pascal postula como modos de conocer: el espíritu de sutileza. El espíritu de sutileza o fineza (*esprit de finesse*) y el espíritu de geometría (*esprit de géométrie*) son modos diferentes y complementarios de conocer mediante los cuales el hombre aborda distintos aspectos de la realidad.

Pascal los describe en otro extenso fragmento de los *Pensamientos*, titulado “Diferencia entre el espíritu de geometría y el espíritu de sutileza”:

“En el primero los principios son palpables pero alejados del uso común, de manera que nos cuesta trabajo volver la cabeza hacia ese lado por falta de costumbre, pero a poco que la volvamos veremos los principios de lleno [...].

Pero en el espíritu de sutileza los principios son de uso común y están a la vista de todo el mundo. No es necesario volver la cabeza ni violentarse; sólo se trata de tener buena vista, pero hay que tenerla buena, porque los principios son tan sutiles y tan numerosos que es casi imposible que no se escape alguno”⁴⁷.

Los principios propios de la geometría y de las ciencias son difíciles de conocer, ya que no corresponden al lenguaje y uso cotidiano en el que el hombre se maneja por lo general. Para poder conocerlos es necesario dedicarles tiempo y razonar sobre ellos. Pero Pascal asegura que una vez que se han captado es fácil proceder luego de uno a otro.

Los principios propios del espíritu de sutileza, del corazón, son accesibles a todos los hombres, pero precisamente al ser tan comunes y estar tan

⁴⁶ Alicia VILLAR EZCURRA, *Pascal: ciencia y creencia*. Prólogo de Sergio Rabade Romeo, Madrid, Ediciones Pedagógicas, 2002, p. 105.

⁴⁷ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 512 (1), en *Obras*, pp. 515-516.

a la vista, es fácil que algunos se escapen y casi imposible tenerlos todos a la vista. Para conocerlos no es necesario un razonamiento extenso, sino que se los siente de una manera casi inmediata. Mientras que el espíritu geométrico demuestra, el espíritu de sutileza comprende. Pascal profundiza en su descripción:

“Casi no se los ve; se les siente más que se les ve; cuesta muchísimo hacérselos sentir a aquellos que no los sienten por sí mismos. Son cosas tan delicadas y tan numerosas que hay que tener un sentido muy sensible y muy neto para sentirlas y juzgar con rectitud y precisión, de acuerdo con ese sentimiento, sin poder demostrarlo casi nunca por orden, como en la geometría, porque no se poseen así los principios y sería una cosa interminable intentarlo. Hay que ver la cosa de golpe, de una sola mirada y no por progresión y razonamiento, por lo menos hasta cierto grado”⁴⁸.

Todo lo que tiene que ver, entonces, con la condición humana, la particular situación en que se encuentra el hombre en este mundo, la fe, la moral, la estética y los principios matemáticos se conocen de este modo. Sin el conocimiento del corazón, el acceso a la realidad del hombre queda truncado. La verdad de las razones del corazón no se demuestra: “Su evidencia no es la de las conclusiones demostradas, pues la mente no ve por qué son verdad, pero ve que son verdad”⁴⁹.

Por último, el corazón es el medio por el cual el hombre entra en contacto con Dios; no con el Dios de los filósofos ni de las demostraciones metafísicas, sino con el Dios personal del cristianismo. La fe tiene lugar en el corazón: “es el corazón el que siente a Dios y no la razón, en esto consiste la fe: Dios sensible al corazón, no a la razón”⁵⁰. Pascal refiere la fe al corazón movido e iluminado por la gracia. La fe no es una operación discursiva, ni una conclusión a la que se llega después de un razonamiento, sino una especie de intuición de Dios que se revela, aunque siga permaneciendo como incognoscible. El corazón es así más noble que la razón discursiva porque es el lugar dónde el hombre es tocado por la fe para conocer al Dios escondi-

⁴⁸ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 512 (1), en *Obras*, p. 516.

⁴⁹ Etienne GILSON, Thomas LANGAN, *Historia de la filosofía*. III, p. 126.

⁵⁰ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 424 (278), en *Obras*, p. 463.

do⁵¹. En el corazón el hombre tiene contacto con lo que lo sobrepasa, con lo sobrenatural, y puede asomarse a una realidad que lo excede.

¿Cómo reunir estas múltiples características que se atribuyen todas al mismo concepto: corazón? La autora Alicia Villar Ezcurra, como muchos otros autores, señala el carácter originario del corazón en la concepción pascaliana –que a su vez refleja el significado bíblico del concepto– que se constituye como una unidad entre lo intelectual y lo volitivo, el pensamiento y el sentimiento, lo intuitivo y lo demostrado, previo a cualquier distinción de facultades y potencias:

“Más allá de las imprecisiones y ambigüedades, Pascal recoge la idea de núcleo y centro que tiene esta palabra en el lenguaje corriente [...]. El corazón, órgano que biológicamente se considera el centro del cuerpo humano, es también el centro de actividad, el núcleo y raíz de la persona, lo más genuino de cada hombre [...]. Esta es la significación que subyace en los diferentes empleos del término y que da unidad a la multiplicidad de acepciones”⁵².

Al depender del conocimiento del corazón –como se vio en el pasaje anteriormente citado: “en esos conocimientos del corazón y del instinto es donde es preciso que se apoye y base todo nuestro razonamiento”⁵³– la razón se ve enfrentada a sus propios límites. A diferencia de Descartes, que tiene una plena confianza en la capacidad demostrativa de la razón, Pascal cree que es absolutamente necesario que el hombre tome conciencia de sus limitaciones. Se ha hecho referencia a como la consideración de los dos infinitos pone al hombre frente a la incomprendibilidad de la realidad. Esta consideración, ahora puede afirmarse, la puede hacer el hombre sólo desde el corazón⁵⁴:

⁵¹ Cf. Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 242 (585), en *Obras*, pp. 419-420.

⁵² Alicia VILLAR EZCURRA, *Pascal: ciencia y creencia*, pp. 151-152.

⁵³ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 110 (282), en *Obras*, p. 379.

⁵⁴ Etienne GILSON, Thomas LANGAN, *Historia de la filosofía*. III, p. 126: “Infinito es una noción fundamental que representa una propiedad común a todas las cosas de la Naturaleza, y su conocimiento muestra a la mente las más sorprendentes maravillas del mundo. Tal noción sólo puede ser captada por la mente, pero no demostrada; lo cual equivale a decir que es un principio percibido por el ‘corazón’ ”.

“[...] Porque, en fin, ¿qué es el hombre en la naturaleza? Una nada respecto al infinito, un todo respecto a la nada, un punto medio entre la nada y el todo. Infinitamente alejado de comprender los extremos, el fin de las cosas y sus principios están en él irrevocablemente ocultos en un secreto impenetrable, igualmente incapaz de ver la nada de que ha salido y el infinito en el que está inmerso”⁵⁵.

Se comprende así también porque Dios –que es infinito– sólo puede ser conocido por el corazón. “Así pues, el corazón es el fondo más profundo del alma, donde alcanzamos a la vez lo que hay de más esencial en la propia naturaleza y aquello por lo que ésta se junta y se abre a lo sobrenatural”⁵⁶.

Además, el conocimiento que el hombre puede tener acerca de las cosas es siempre limitado en razón misma de la infinitud del objeto de que se ocupa. Esa infinitud tiene su origen mismo en Dios, autor de la naturaleza que, siendo Él mismo infinito, les da esa cualidad a lo por Él creado: “la naturaleza, al haber grabado su imagen y la de su autor en todas las cosas, éstas tienen todas su doble infinitud. Por eso vemos que todas las ciencias son infinitas en la extensión de sus investigaciones”⁵⁷.

La grandeza de la razón –que Pascal también quiere resaltar– está en reconocer que hay cosas que la sobrepasan. Varios fragmentos de los *Pensamientos* así lo señalan. Pascal se ha dado a la tarea de asignarle a la razón su lugar preciso, señalando que hay “dos excesos: excluir la razón; no admitir más que la razón”. Y añade seguidamente: “El último paso de la razón consiste en reconocer que hay infinidad de cosas que la rebasan. Es más bien débil si no llega a comprenderlo”⁵⁸.

Sin embargo, aunque no pueda demostrar los principios en los que basa todo su conocimiento, el hombre confía absolutamente en ellos, con una firmeza igual a que si pudiera demostrarlos. Es por eso que la capacidad para hacer ciencia del hombre está legítimamente fundamentada. La razón no es el único camino para alcanzar certeza.

La dignidad del hombre radica en su capacidad de pensamiento. En este punto, Pascal sí está de acuerdo con Descartes: el hombre se distingue por

⁵⁵ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 199 (72), en *Obras*, p. 407.

⁵⁶ Jaime Andrés WILLIAMS, *El argumento de la apuesta de Blaise Pascal*, p. 227.

⁵⁷ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 199 (72), en *Obras*, p. 408.

⁵⁸ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 188 (267), en *Obras*, p. 403.

su pensamiento de las demás cosas creadas y éste constituye su esencia. Considera que puede concebirse al hombre sin su cuerpo, pero no al hombre sin pensamiento. El hombre es ajeno a la extensión, a la que puede dominar con el pensamiento:

“El hombre es sólo una caña, la más débil de la naturaleza; pero es una caña que piensa. No hace falta que el universo entero se arme para aplastarlo; un vapor, una gota de agua basta para matarle. Pero aunque el universo le aplastase, el hombre seguiría siendo superior a lo que le mata, porque sabe que muere y la ventaja que el universo tiene sobre él, el universo no la conoce”⁵⁹.

Con todas estas reflexiones, Pascal quiere traer ante el hombre la realidad de su situación en el mundo: no conoce todo, pero si puede llegar a conocer algo. Y esa tensión entre el conocer y el no conocer es lo que constituye la condición humana. El profundo anhelo del hombre por conocer es lo que lo impulsa, pero al mismo tiempo se enfrenta con la realidad de que, apoyado sólo en su razón, no puede alcanzar las certezas que busca:

“Este es nuestro verdadero estado. Es lo que nos hace incapaces de conocer verdaderamente y de ignorar totalmente. Bogamos en un medio vasto, siempre inseguros y flotantes, llevados de un extremo a otro; cualquier mojón al que pensemos atarnos y asegurarnos se menea, nos deja, y si le seguimos, no nos deja asirnos a él, se escurre de nuestras manos y huye en eterna huida: nada se detiene a esperarnos. Este es el estado que nos es natural y, sin embargo, el más opuesto a nuestra inclinación. Ardemos en deseos de encontrar unos fundamentos sólidos, una última base firme para edificar sobre ella una torre que se eleve hasta el infinito, pero todos nuestros cimientos se resquebrajan y la tierra se abre hasta los abismos”⁶⁰.

La particular condición dual del hombre, que es espíritu unido a materia, explica también la limitación del conocimiento humano: “Y lo que completa nuestra impotencia para conocer las cosas es que ellas son simples en

⁵⁹ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 200 (347), en *Obras*, p. 412.

⁶⁰ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 199 (72), en *Obras*, pp. 409-410.

sí mismas y nosotros estamos compuestos de dos naturalezas opuestas y de diverso género, de alma y de cuerpo”⁶¹.

El hombre, que es un compuesto, no puede comprender las cosas que son simplemente materia o simplemente espíritu. Esta dualidad lo lleva a la confusión continuamente; es también por esto que el hombre atribuye a la materia cosas que son propias del espíritu, como el ampliamente criticado *horror al vacío*, y al revés, asume ideas absurdas como que el espíritu ocupa un lugar en el espacio. Finalmente, como se ha visto ya desde otros puntos de vista, no comprende ni siquiera su propia condición:

“ ¿Quién nos creará, al vernos componer todas las cosas de espíritu y de cuerpo que esa mezcla nos sería comprensible? Es, sin embargo, la cosa que menos comprendemos; el hombre es para sí mismo el más prodigioso objeto de la naturaleza, porque no puede concebir lo que es un cuerpo y todavía menos lo que es un espíritu. Esto constituye el colmo de las dificultades y, sin embargo, eso es su propio ser: la manera como el espíritu está unido al cuerpo no puede ser comprendida por el hombre, y sin embargo el hombre consiste en eso precisamente”⁶².

Pascal fija así otro límite a la razón: sólo se puede conocer aquello que es *proporcionado al intelecto*. El espíritu está condicionado en su conocimiento porque está inserto en un cuerpo. Las disposiciones que a éste último le corresponden en tanto que es sustancia extensa afectan el modo de ver y conocer el mundo.

Hay aquí un nuevo giro en el pensamiento de Pascal; si antes el hombre conocía la naturaleza con el lenguaje de la matemática, ahora toma conciencia de que *lo que conoce sólo lo conoce bajo los conceptos que le vienen dados por su condición de espíritu en un cuerpo*. Así lo manifiestan algunos audaces pasajes de los *Pensamientos*: “Nuestra alma está metida en el cuerpo en el que encuentra número, tiempo, dimensiones; razona sobre ello y lo llama naturaleza, necesidad, y no puede creer otra cosa”⁶³. Poseer las características propias de la materialidad corporal, entonces, es la razón por la que

⁶¹ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 199 (72), en *Obras*, p. 411.

⁶² Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 199 (72), en *Obras*, p. 411.

⁶³ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 418 (233), en *Obras*, p. 458.

los conceptos básicos de tiempo, espacio y número se imponen al conocer la realidad, esto “explica por qué se los considera como los componentes básicos de la naturaleza”⁶⁴.

Finalmente, Pascal desarrolla también en los *Pensamientos* otra concepción que está presente en Descartes. Esta es la concepción del animal como un autómata, condición que afecta al mismo ser humano y también, consecuentemente, a su modo de conocer:

“Porque no hay que confundirse, somos tanto autómata como espíritu. Y de ahí viene que el instrumento por el que se produce la persuasión no es la sola demostración. ¡Qué pocas cosas hay demostradas! Las pruebas sólo convencen al espíritu”⁶⁵.

Si bien por el espíritu el hombre conoce los principios y las demostraciones a las que puede acceder ya sea por la razón o el corazón, por el cuerpo la costumbre es la que lo rige y lo arrastra en la mayoría de sus convicciones: “la costumbre hace de nuestras pruebas las más fuertes y las más creídas. Inclina al autómata que arrastra al espíritu sin que se dé cuenta”⁶⁶.

Por eso es necesario que la demostración esté acompañada por la persuasión, como ha señalado en *Del espíritu geométrico y del arte de persuadir*. Cuando se ha descubierto una verdad –ya sea un principio matemático o la misma verdad de la fe– hay que confirmarla por la costumbre. Junto a la capacidad crítica del hombre, se encuentra la inclinación a creer. El problema es que esa inclinación puede ser hacia lo verdadero o hacia lo aparente. Sin embargo, el hombre debe educarla para que actúe a su favor:

“Hay que adquirir una creencia más fácil, que es la de la costumbre, que sin violencia, sin método, sin argumentos nos hace creer las cosas e inclina todas nuestras potencias a esta creencia, de modo que nuestra alma caiga en ella espontáneamente. Cuando sólo se cree por la fuerza de la convicción y el autómata está inclinado a creer lo contrario, no es bastante. Hay que hacer que crean nuestras dos piezas:

⁶⁴ BAIRD, A.W.S., “Pascal’s Idea of Nature”, *Isis*, p. 311: “explains why it comes to regard them as the basic constituents of nature”.

⁶⁵ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 821 (252), en *Obras*, p. 577.

⁶⁶ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 821 (252), en *Obras*, p. 577.

el espíritu por la razón de que basta haber visto una vez en la vida, y el autómatas por la costumbre, y no permitiéndole que se incline a lo contrario⁶⁷.

Así va cerrando Pascal el círculo del conocimiento humano: preocupado por el correcto modo de conocer en el ámbito científico, ha delimitado bien los principios de la física; se ha ocupado de distinguirla de otros tipos de saberes históricos y teológicos en los que rige la autoridad y ha establecido que la experiencia –entendida como el resultado cuantificable obtenido a partir de la experimentación– es su único principio. Le ha presentado a la geometría como modelo de orden a seguir por una ciencia, si ésta quiere exponer de modo correcto sus proposiciones y conclusiones.

Al mismo tiempo ha dejado claro que, incluso dentro del ámbito de la geometría, la razón en tanto discursiva tiene sus límites, y que no todo es demostrable y deducible. Sin embargo, el hombre posee un órgano superior, un órgano de certeza, por el que el hombre *siente* que algunos axiomas son verdaderos, aunque no pueda demostrarlos. Es en las verdades del corazón donde el hombre puede afirmarse como punto de partida para construir la ciencia. Para hacerlo de manera correcta, el hombre debe tener en claro los límites que le vienen de su propia condición de espíritu unido en cierta forma a, y funcionando en, un cuerpo. Grandeza y miseria del hombre deben estar siempre presentes en su percepción de sí mismo: “Si se ensalza, le humillo. / Si se humilla, le ensalzo. / Y le contradigo siempre. / Hasta que comprenda que es un monstruo incomprensible⁶⁸.”

Pascal ilustra muy bien la vanagloria del pensamiento que cree poder erguirse como juez de la verdad, pero que sucumbe a las mínimas distracciones:

“El espíritu de ese soberano juez del mundo no es tan independiente que no esté expuesto a ser turbado por el primer ruido que se produce en torno a él. No es necesario el estruendo de un cañón para impedir sus pensamientos. Basta con el chirriar de una veleta o de una polea. No os extrañéis de que en este momento no razone bien: una mosca zumba en sus orejas; eso basta para hacerle incapaz de coordinar sus ideas. Si que-

⁶⁷ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 821 (252), en *Obras*, p. 578.

⁶⁸ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 130 (420), en *Obras*, p. 383.

réis que pueda encontrar la verdad, espantad ese insecto que mantiene su razón en jaque y turba esa poderosa inteligencia que rige ciudades y reinos. ¡Vaya un rey de pacotilla! ¡O *ridicolosissimo eroe!* “⁶⁹.

⁶⁹ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 48 (366), en *Obras*, p. 365.

Conclusión

Grandezas y límites del conocimiento científico

En la introducción a este trabajo se postuló que en los escritos físicos de Blaise Pascal se encuentran los elementos suficientes para, a partir de ellos, extraer una concepción acerca de la ciencia, especialmente en lo relativo al método científico y al papel que juega el experimento dentro de las ciencias físicas. Se ha dicho además que esa concepción refleja el modo de proceder de la ciencia moderna –al menos según una corriente de pensamiento– en oposición a la defendida por algunos continuadores del aristotelismo y, se puede agregar ahora, en oposición a la concepción cartesiana. Finalmente, se ha propuesto también que esas reflexiones pueden arrojar algunas luces sobre el modo de concebir la ciencia hoy. Todo esto ha quedado suficientemente demostrado en el desarrollo de esta tesis. Resta ahora sintetizar y organizar las conclusiones a las que se ha arribado.

En el experimento de Torricelli, Pascal encuentra la justificación experimental que estaba buscando para dar por tierra el viejo axioma aristotélico del *horror vacui*, y todas las concepciones heredadas de este sistema, consideradas por él como caducas. A fin de erradicar de una vez por todas esta explicación –a su entender– carente de sentido y marcadamente animista, diseña toda una serie de ingeniosos experimentos que ponen de manifiesto la inconsistencia de los principios aristotélicos y los argumentos de los que pretendían seguir defendiéndola.

La novedad de su planteo radica en oponer a una justificación meramente teórica y derivada de todo un sistema –como es el aristotélico– una refutación basada en un experimento expresamente diseñado para tal fin. Un experimento, entonces, es para Pascal suficiente para rechazar una hipótesis de índole teórica. El experimento se transforma en el juez último de los postulados científicos.

Este modo de proceder no dará información acerca de la *esencia* de los fenómenos estudiados, que para Pascal no es posible alcanzar, sino acerca de su comportamiento en el conjunto de los objetos de la naturaleza. Recurrir a una metafísica de conceptos y deducciones ya no será entonces necesario. De hecho, a Pascal no le interesa determinar la esencia del vacío, sino que le basta con establecer bajo qué condiciones se genera.

Es por esto que Pascal postula no sólo la posibilidad del vacío en la naturaleza, sino que muestra claramente cuál es la fuerza necesaria para generarlo en un tubo o vaso: aquella que sea mayor a la fuerza con la que la columna del líquido tiende a descender. Una fuerza mayor, incluso apenas mayor, basta para que se genere un vacío. La naturaleza evita el vacío –dirá en esta primera instancia Pascal– cuando la fuerza que intenta generar el vacío es menor a la fuerza con la que el líquido desciende. Cuando esa fuerza es superada, se puede producir un vacío, todo lo grande que se quiera.

Propone entonces un nuevo modo de proceder en la ciencia, basado en la invención y comprobación de hipótesis, que deben ser corroboradas mediante experimentos. Dichos experimentos no se limitan a la observación de la naturaleza, sino que deben estar específicamente planificados por los científicos para responder a los interrogantes acerca de la naturaleza que se pretende resolver a partir de ellos.

Pero los experimentos sólo tienen sentido en el marco de una teoría científica que los interpreta, y que en la mayoría de los casos antecede a la experimentación. La sistematización e interpretación de los hechos científicos obtenidos mediante experimentos es lo que les da el carácter de teoría científica. A su vez, mediante la comprobación experimental, las hipótesis científicas podrán pasar a transformarse en principios o máximas. Lo que se busca mediante los experimentos científicos son justamente resultados a partir de los cuales puedan, a su vez, obtenerse reglas universales; esto se logrará mediante la generalización de los casos particulares. Estos resultados deben ser susceptibles de ser formulados de forma matemática.

Los experimentos se llevarán a cabo en situaciones modélicas imaginadas por el científico en el que las variables están controladas. De los resultados obtenidos, el científico se quedará sólo con aquellas cualidades cuantificables que serán objeto de su estudio. Pascal tiene como ideal la geometría euclidiana: busca establecer relaciones y proporciones entre los datos obtenidos y todos aquellos que puedan entrar, mediante analogía, dentro del caso general. Pascal está todavía en un primer intento de formalización de la física que no hace uso de formulaciones algebraicas.

La confianza de los investigadores estaba puesta, por un lado, en la capacidad propia de la razón para examinar por sus propios medios el comportamiento de la naturaleza y, por otro, en que el lenguaje más adecuado para acceder a ella era el matemático, que permitiría expresar lo que se descubriera en un lenguaje puramente científico. Pascal es un representante claro del pen-

samiento moderno en esto: la razón es la que determina el criterio de certeza; la evidencia y la indubitabilidad con la que las proposiciones se presenten ya sea a los sentidos o a la razón son garantía suficiente para que sean aceptadas.

Es en este contexto donde son posibles los experimentos mentales, que superaron muchas veces las dificultades técnicas a las que se enfrentaron los científicos en la etapa más joven de la ciencia moderna –aunque no cumplen sólo esa función, ya que su uso es mucho más amplio que el de salvar las dificultades técnicas, y son usados también en las teorías actuales–. Los experimentos mentales tienen su fundamentación en la teoría y en la estructura matemática subyacente a los fenómenos. La predicción del actuar de la naturaleza se sustenta sobre todo en la teoría y el método matemático.

Esta forma de proceder mediante experimentos mentales, que eran aceptados y asumidos como tales –de una forma mucho menos ingenua que la que podría pensarse ahora–, era muy habitual en los científicos de la Edad Moderna, y dan cuenta del carácter fuertemente especulativo y modelizado de la ciencia.

Resulta importante destacar –y en esta tesis se pretende ponerlo de manifiesto– que la ciencia moderna es un modo de conocimiento que desde sus orígenes ha sido concebido como controlado y delimitado por los científicos. Intenta ser conocimiento acerca de los fenómenos de la realidad, sí, pero reconociendo los límites de ese conocimiento, que está dado tanto por la inabarcabilidad del objeto como por los límites de la razón humana. El conocimiento científico se caracteriza por ser exacto, preciso y capaz de producir predicciones, pero siempre que se lo considere dentro de su propio campo de acción. Las variables tienen que estar controladas, los resultados obtenidos se acotarán a las condiciones previamente impuestas.

El camino marcado por los científicos modernos funciona hasta la actualidad; el método es el acertado, se puede afirmar esto porque dio resultados y los sigue dando. No hace falta mencionar las muchísimas aplicaciones de las grandes teorías científicas a cuestiones prácticas de nuestra vida cotidiana en el ámbito de la medicina, el transporte y la comunicación, por nombrar sólo algunas. En el siglo XXI, las teorías se han complejizado cada vez más y son mucho más abstractas de lo que cualquier científico moderno podría haber llegado a concebir, pero siguen cumpliendo con el requisito de dar cuenta de los fenómenos de la naturaleza y permitir aplicaciones prácticas.

En el caso particular de Pascal, la imposibilidad de comprender la naturaleza en su totalidad está dada por la infinitud de la misma, que revela la infinitud de su Creador. Los límites de la razón también están dados por la condición de

creatura del hombre, compuesta tanto de espíritu como de materia: “Una nada respecto al infinito, un todo respecto a la nada [...]. Infinitamente alejado de comprender los extremos, el fin de las cosas y sus principios están en él irrevocablemente ocultos en un secreto impenetrable”¹. La condición de espíritu en un cuerpo determina incluso el modo de conocer las cosas reales en sí mismas.

La apertura de Pascal a modos de conocimientos de tipo más inmediatos e intuitivos, pero no por eso irracionales, y al conocimiento de la fe, le ha permitido mirar a la ciencia desde otro punto de vista y no dejarse encan-dilar por sus resultados ni pretender extender su ámbito de validez –no siendo éste, sin embargo, el único modo de llegar a esta concepción–.

Propone también Pascal cómo debe estar organizado el conocimiento científico. Toda ciencia parte de axiomas, que son evidentes y se presentan ya sea a los sentidos o a la razón como claros y distintos, a partir de los cuales se deducen necesariamente todas sus proposiciones. Postular definiciones y proposiciones que no estén debidamente fundadas, extralimitando el campo de lo que la razón puede conocer, lleva a grandes confusiones e hipótesis *ad hoc* cuando se trata de defender un sistema. Mucho menos pueden aceptarse las conclusiones que se extraigan de esas definiciones y proposiciones que no son más que *suposiciones* sin fundamento, generalmente adquiridas sin criterio. Este es el caso, para Pascal, de la asunción de la mayoría de los conceptos y axiomas que son heredados del sistema aristotélico.

Tampoco es posible en las ciencias físicas hacer uso de definiciones heredadas por la tradición y fundamentadas en la autoridad. Las definiciones con las que se trabaja en estas ciencias son arbitrariamente propuestas por el científico, en el sentido de que no responden a la *naturaleza* o *esencia* de la cosa: “no hay nada más libre que las definiciones”², afirmará Pascal. El científico postula una definición, le da un nombre, y en último lugar analiza la realidad que confirmará o no su hipótesis.

El modelo de ciencia que propone Pascal es un ideal, reconocido por él como tal: el de la geometría. Pero ni siquiera esta ciencia cumple con el objetivo de definir todos los términos y demostrar todas las proposiciones. Siempre necesita partir de conocimientos previos que, para Pascal, son conocidos por todos *por naturaleza*, es decir, por la intuición del corazón.

¹ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 199 (72), en *Obras*, p. 407.

² Blaise PASCAL, “Reflexiones sobre la geometría en general”, en *Obras*, p. 283.

El método de la geometría puede extenderse a otros ámbitos de conocimiento, pero también se extienden sus limitaciones, que consisten en depender de los principios dados por naturaleza, más allá de los cuales no se puede avanzar. La lógica contemporánea considera que los axiomas no necesariamente deben cumplir con el requisito de ser universales y generales como se pretendía, son más bien elegidos arbitrariamente por el científico para cumplir con el papel de proposiciones indemostrables³.

Según la particular concepción de Pascal, el hombre conoce los principios de la geometría –y de todos los modos de conocimiento– por el corazón. El conocimiento del corazón no es demostrativo ni discursivo, sus verdades se captan inmediatamente. No se las puede demostrar, pero se tiene tanta certeza sobre ellas como si hubieran sido obtenidas por demostración.

Una vez delimitados los términos indefinidos y las proposiciones indemostrables, es importante proceder a partir de ellos para definir el resto de los términos y demostrar todas las proposiciones. El ideal planteado por la geometría euclidiana es una mínima cantidad de términos y proposiciones muy generales a partir de los cuales se puedan definir todos o casi todos los términos y demostrar la mayor parte de las proposiciones.

Pero Pascal es consciente de que un método tan cuidadosamente seguido no puede ser usado en todos los ámbitos del conocimiento. Las proposiciones de la geometría son simples en sí mismas, pero no por eso son accesibles a todos. Los objetos del *espíritu de geometría* “son palpables pero alejados del uso común, de manera que nos cuesta trabajo volver la cabeza hacia ese lado por falta de costumbre”⁴.

Propone por eso usar, aún en ciencias como la geometría, un método para persuadir, dirigido a inclinar también la voluntad de aquel a quien se quiere convencer. Para ello parte de los conocimientos previos que el interlocutor po-

³ Cf. Irving M. COPI, *Lógica simbólica*. Traducción de Andrés Sestier Boulier, México, Compañía Editorial Continental, 1993, pp. 185-201. “En esta tradición [la de la geometría euclidiana] todo enunciado es considerado ‘axiomático’ cuando su verdad está más allá de cualquier duda, siendo evidente en sí mismo y no requiriendo demostración alguna. [...] No se pretende aquí que los axiomas de un sistema cualquiera sean verdaderos de manera autoevidente. Toda proposición de un sistema deductivo que se suponga, sin demostración en el sistema, es un axioma de ese sistema. Este punto de vista moderno ha surgido en gran medida como consecuencia del desarrollo histórico de la geometría y la física” (p. 189).

⁴ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 512 (1), en *Obras*, pp. 515-516.

see, de los principios que acepta, y busca mostrar cómo se subsumen las conclusiones a los principios, de modo que no queda otra opción que aceptarlos.

En el caso de las ciencias físicas, las hipótesis no pueden ser aceptadas *a priori* como verdaderas o falsas, por eso se hace necesaria la confrontación experimental. Pero para que una hipótesis sea realmente explicativa de los fenómenos, no basta con que todas las conclusiones que se derivan de ellas sean verdaderas, ya que, afirma Pascal, un mismo efecto puede ser producido por causas diferentes. El grado de certeza que alcanza esa hipótesis es el de verosimilitud o posibilidad, más no el de una absoluta demostración.

Estas ciencias necesitan tanto de la teoría como de los experimentos para poder dar un conocimiento matematizable de los entes físicos, capaz de brindar información acerca de su comportamiento y de obtener predicciones. En estos dos pilares se apoya un conjunto de conocimientos para constituirse en una ciencia debidamente fundada y que cumple con los objetivos que se han propuesto. Se ve aquí el rol activo del científico en la ciencia moderna, ya que no se limita a observar la realidad, sino que es él quien postula las hipótesis y planea los experimentos para comprobarlas.

Este modo de proceder responde ciertamente a otra concepción de la naturaleza, distinta de la aristotélica, que en un primer momento parece responder a la concepción mecanicista galileana. A Pascal le preocupa determinar la *fuerza* que actúa de modo externo al cuerpo –y con todo el peso y la importancia que tiene y va tener en el contexto de la física mecanicista este concepto– que permite vencer la supuesta resistencia al vacío.

Pero Pascal no se limita a esto, sino que avanza desde su preocupación acerca de la posibilidad del vacío a plantear toda una teoría física que explique el comportamiento de los líquidos y del aire –para Pascal todavía un líquido, pero con características distintas a las del resto–. Del análisis de un caso particular –este es, la observación del comportamiento del tubo de Torricelli en la cima y al pie del Puy de Dôme– pretende obtener una regla general acerca del comportamiento de los líquidos.

Tras realizar el experimento del Puy de Dôme, Pascal considera que nadie puede seguir sosteniendo la tesis del horror al vacío. Recurrir a esta hipótesis puramente imaginaria ya no es necesario, porque el efecto ha sido suficientemente explicado por el experimento por él realizado. El experimento que Pascal ha imaginado y ejecutado es, según sus propias palabras, un experimento crucial, que permite concluir de forma definitiva la verdad de su hipótesis: los efectos que se atribuyen al horror al vacío se deben en realidad al peso de la masa del aire.

Pero Pascal no es consecuente con sus propias observaciones, sostenidas en el intercambio de cartas con el padre Noël acerca de la imposibilidad de probar de forma absoluta una teoría mediante un experimento, y está convencido de que su hipótesis ha quedado del todo demostrada, y de que no es posible encontrar otra explicación al fenómeno que ha analizado. La historia de la Filosofía de la ciencia se encargará de mostrar que es discutible que haya experimentos cruciales en ciencia en el sentido en que Pascal los piensa, ya que comprobar una hipótesis en su individualidad más allá de su marco teórico es imposible.

Sin embargo, en otros tratados vemos que Pascal es consciente de que, en el caso en el que el resultado no fuera el esperado, es decir, que el experimento no fuera consecuente con lo que la hipótesis proponía, no por ello se desecha la teoría, sino que debe revisarse las causas por las cuales el experimento podría haber salido mal. La teoría seguiría respaldando las observaciones aun cuando el experimento concreto no resultara según lo esperado.

En el *Tratado del equilibrio de los líquidos y el peso de la masa del aire* se tiene oportunidad de ver a Pascal como un gran sistematizador de los descubrimientos físicos en torno a los líquidos y la presión atmosférica. Se vale de leyes de la estática, de la mecánica y de la hidráulica, y también de comparaciones geométricas, para poder concluir acerca del comportamiento de los fluidos. Allí está enunciado su principio que afirma que la presión aplicada sobre un fluido incompresible dentro de un recipiente se transmite con igual intensidad en todas las direcciones a todos los puntos del mismo. También está enunciada su consecuencia práctica más importante, que es la del funcionamiento de la prensa hidráulica, cuya construcción el mismo no pudo realizar pero sí prever.

Con respecto al aire, señala su comportamiento especial al tratarse de un fluido compresible, que se comprime por su propio peso, y sienta también la característica de dilatación de los gases. El considerar que la masa de aire tiene peso también es un principio novedoso, aunque ya postulado por Torricelli, que le permite llegar a importantes conclusiones: dado que el aire pesa más en las zonas bajas que en las montañas, esto producirá una variación de presión que afectará la altura de la columna de mercurio o del líquido utilizado en los experimentos.

Pero más allá de los aportes físicos concretos, en este tratado de Pascal se ve reflejado otro ideal de la ciencia moderna: *poder sintetizar, mediante la explicación de la menor cantidad de principios posibles, un gran conjunto de fenómenos*. Si se considera el caso de la masa del aire como un caso particular de la regla general que explica el comportamiento de los líquidos, no es necesario

recurrir a ningún otro tipo de explicación. Así lo expresa Morris Bishop en su biografía sobre Pascal:

“el objeto es el conocimiento de una de esas pocas simples fuerzas que gobiernan al mundo físico. La ciencia [...] es la disposición de los fenómenos en principios, y la finalidad del hombre de ciencia es ir más allá de la diversidad desconcertante a fin de descubrir las relaciones, la unidad, de principios. Su gran éxito consiste en reducir dos principios a uno solo [...]. Ni el mismo Descartes llegó, en su obra científica, a alcanzar claridad tan admirable. Como dice Émile Picard, Pascal nos dio en esos dos memorables tratados el modelo de estilo científico”⁵.

Los principios descriptos y sistematizados por Pascal le permitirán a su vez llevar a cabo otra de las tareas fundamentales de la ciencia moderna: *predecir comportamientos en situaciones ideales*. Así es como Pascal puede ir más allá de los experimentos que estaban a su alcance realizar y proponer por ejemplo que, en una habitación a la que pudiera extraérsele todo el aire, el líquido del tubo no se encontraría con la resistencia del aire, y caería.

La concepción de naturaleza con la que Pascal trabaja en estos tratados aparece ahora con más fuerza que en los escritos anteriores. Pascal asume como un presupuesto metafísico que la naturaleza es continua y que sus fenómenos están conectados por la relación causa y efecto. La uniformidad de los fenómenos y de las reglas que los rigen garantiza que esas reglas puedan ser descubiertas y expresadas en teorías científicas, y también la posibilidad de establecer analogías en las explicaciones de los fenómenos a fin de reducirlos a máximas generales. Todas estas características son las que permiten la predicción de fenómenos. La legitimidad de los experimentos mentales descansa también en la uniformidad de la naturaleza.

Pero Pascal pone un límite a esta consideración. Si bien la naturaleza es continua en su actuar, su continuidad y uniformidad es mucho más sutil y compleja que lo que las reglas de la ciencia pueden reflejar; la naturaleza las excede ampliamente y muchos de sus efectos escapan de los ojos del investigador. La naturaleza no se agota, de ninguna manera, en aquello que de ella se puede conocer, esto es, las reglas obtenidas mediante la experimentación que manifiestan de algún modo su actuar.

⁵ Morris BISHOP, *Pascal. La vida del genio*, pp. 96-97.

Una de las conclusiones más importantes que se pueden extraer de estas afirmaciones, y que están en consonancia con las anteriores, es que la ciencia es siempre perfectible. Pascal hace una encendida defensa de la autonomía de la ciencia frente a los argumentos de autoridad, pero no por eso rechaza los conocimientos que se han ido adquiriendo a lo largo de la historia y que son los que han permitido a los investigadores actuales llegar hasta donde están.

No se pueden conocer todos los casos en su complejidad y multiplicidad: la ciencia siempre será infinita en su objeto. Pero el hombre tiene la suficiente capacidad para, a través de su razón, aumentar el conocimiento de las ciencias, que en sí mismo es infinito e inagotable. Este es su deber para con los antiguos que legaron su conocimiento y para los hombres que vendrán. No se debe poner límites a la razón en nombre de antiguas tradiciones o corrientes de pensamiento, se le tiene que dar la libertad para que despliegue al máximo sus potencialidades. El hombre debe utilizar su capacidad crítica a fin de aceptar todo aquello que le parezca razonable y mejorar aquello que se le presente como dudoso.

El medio para lograrlo en la ciencia física será, se ha dicho ya, la experimentación. La física es una ciencia fáctica que no puede deducirse *a priori* sino que siempre será necesario recurrir a la experiencia. Es importante e ilustrativo volver sobre una de las frases centrales del Prefacio al *Tratado del Vacío*: “Los secretos de la naturaleza están ocultos [...]. Las experiencias que nos dan su conocimiento se multiplican continuamente; y como son los únicos principios de la física, las consecuencias se multiplican en proporción”⁶.

La naturaleza entonces no es puro comportamiento mecánico, sino que es en sí misma compleja, diversa e irreductible a las leyes mecánicas. Pascal, también por su apertura a la fe, ha logrado salir de los parámetros del mecanicismo. El autor ha estado ampliamente expuesto a esta doctrina en el grupo de Mersenne, pero no permaneció dentro de ella, ni compartió del todo sus presupuestos. La concepción de la naturaleza como *creada* es clave para entender esta perspectiva de Pascal.

Es importante destacar también al Pascal defensor de las posibilidades de la razón, en la que radica la grandeza del hombre. El punto para considerarla en su justa dimensión es precisamente conocer sus grandezas y sus límites; es tan grave negar a la razón la posibilidad de investigar como creer que todo puede ser conocido por ella. El hombre no hace justicia a su propia esencia si no intenta conocer la naturaleza; tiene la capacidad para hacerlo y a eso debe

⁶ Blaise PASCAL, “Prefacio sobre el Tratado del Vacío”, en *Obras*, p. 723.

dedicar todas sus potencialidades. Recordar esto es útil hoy en un mundo de posiciones extremas que dan a la ciencia o la categoría del saber más absoluto y fundado, o el desprecio por tratarse de un saber demasiado especializado y al mismo tiempo abstracto y ajeno a la realidad cotidiana.

Como límites de la concepción pascaliana, se debe hacer referencia nuevamente a cómo no es capaz de llevar hasta las últimas consecuencias sus afirmaciones acerca de los límites de las hipótesis científicas, que no pueden ser demostradas conclusivamente por ningún experimento. Él mismo hace demasiado énfasis en lo determinante del experimento del Puy de Dôme, y no da lugar a posteriores investigaciones posibles. Pero muchas otras de sus afirmaciones manifiestan una postura más cercana a las posiciones que toma la filosofía de la ciencia actual.

Pascal es, junto con Fermat, el fundador de la teoría de las probabilidades. El uso que Pascal hizo de la probabilidad se limitó al cálculo numérico, el cual le permitía determinar la mayor o menor admisibilidad de ciertas situaciones a partir de datos conocidos. Hoy es ampliamente utilizada en distintos ámbitos de las ciencias en general, teniendo aplicación en la consideración de las leyes científicas, por ejemplo en la mecánica y sus leyes estocásticas, esto es, no deterministas en el sentido clásico del término.

A partir de mediados del siglo XX, con las investigaciones del Círculo de Viena, la Filosofía de la ciencia procuró aplicar la teoría de la probabilidad como herramienta metodológica para medir los criterios que permiten determinar el campo de validez o certeza que se le da a los enunciados de las ciencias empíricas. Si bien este intento reduccionista de explicación fracasó, los epistemólogos consideran la teoría de probabilidades como una parte fundamental en la predicción de los enunciados científicos, sin ser ésta una explicación absoluta. Pero Pascal no pudo aplicar este importante trabajo a sus propias consideraciones científicas⁷, ya que no estaba a su alcance prever que pudiera medirse la probabilidad de un hecho o de un enunciado científico. Sin embargo, da un primer paso al afirmar que las teorías científicas tienen un grado de *posibilidad*, cosa que Descartes no acepta: para Descartes, no hay lugar en la ciencia para la probabilidad.

Hay que dejar señalado hasta qué punto se puede afirmar que los experimentos de Pascal realmente refutan la teoría aristotélica acerca del vacío. Se

⁷ Cf. Desmond M. CLARKE, "Pascal's philosophy of science" en Nicholas HAMMOND (ed.), *The Cambridge Companion to Pascal*, p. 109.

tratan de dos ámbitos teóricos distintos, con concepciones también distintas de naturaleza. La preocupación de Pascal es meramente física, la de Aristóteles es metafísica, pero llevada por sus continuadores hasta sus últimas implicancias en el mundo de la física. La concepción acerca del vacío que sostiene Aristóteles es completamente coherente con su sistema teórico. La de Pascal tiene el mérito de romper con una tradición que estaba impidiendo que se abriera todo un campo de posibilidades para la investigación, pero se encuadra también dentro de un sistema teórico. A Pascal no le interesa, además, formular un sistema metafísico, ya que no cree que eso sea posible.

En esta tesis se ha tratado de dar orden a los conceptos pascalianos, encontrándose, muchas veces, la dificultad de la ambigüedad con la que el autor se maneja en el transcurrir de los textos. Además, hay que tener en cuenta el contexto en el cual cada uno está escrito, ya que aquellos que son mayormente polémicos –como el caso de las cartas al Padre Noël– están llenos de afirmaciones que exageradamente enfatizan una postura, a fin de dejar en claro su posición. Los escritos tomados de los *Pensamientos*, a su vez, tienen como base un contexto apologético y persuasivo, y hacen uso de un lenguaje no tan riguroso pero sí expresivo de aquello que se quiere manifestar.

Pero, fundamentalmente, los escritos de Pascal no son sistemáticos, porque él expresamente así lo desea. No cree posible un sistema filosófico, no es partidario de encontrar *el* método de conocimiento, sino que hay un método adecuado para acceder a cada fragmento de la realidad, esto es, hay multiplicidad de métodos. El pensamiento sólo puede descubrir verdades parciales. Para Pascal es fundamental distinguir los ámbitos de los distintos saberes. No hay que tomarse en serio las grandes pretensiones filosóficas: “Burlarse de la filosofía es en realidad filosofar”⁸.

Es por esto también que se ha podido señalar semejanzas y diferencias con el pensamiento de Descartes. Pascal ciertamente lo ha conocido y ha tomado muchos de sus principios, pero los ha asumido según sus propias convicciones. Lo que más critica de Descartes es su pretensión de fundar un sistema metafísico. Así lo afirma en un fragmento de los *Pensamientos* titulado justamente “Descartes”, referido a su sistema filosófico: “es inútil, e incierto, y penoso. Y, aunque fuese verdad, no consideramos que toda la filosofía valga una hora de esfuerzo”⁹.

⁸ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 513 (4), en *Obras*, p. 517.

⁹ Blaise PASCAL, “Pensamientos” n. 84 (79), en *Obras*, p. 373.

¿Por qué Pascal no sigue el camino que le plantea el racionalismo cartesiano, que parece el más natural a seguir por un pensador científico? ¿Por qué vuelve la espalda a la razón demostrativa y torna a las *razones del corazón*? Porque se da cuenta de que dicho camino no lo lleva a conocer las verdades más importantes y para él fundamentales: la condición humana y Dios.

El hombre se afana por conocer las cosas exteriores, pero conoce muy poco acerca de sí mismo. Y cuando quiere hacerlo, se da cuenta de que la razón discursiva no le sirve, no responde a las preguntas acerca de la situación del hombre. Sólo el corazón le dará los principios para tener una mirada de su ser que no es ni todo ni nada, ni bestia ni ángel, que no puede demostrar las certezas que tanto anhela pero que puede sentir las, percibir las. En el corazón finalmente encontrará a Dios, que sólo se revela a quienes le buscan humildemente. En este contexto, las ciencias pierden todo el valor que pudieran tener, ya que no aportan en nada a la vocación religiosa del hombre, que es la que debe animar todo su obrar. Testimonio de esto es la siguiente cita de una carta que escribe a Pierre Fermat en el año 1660, ya al final de su breve vida:

“para hablaros con franqueza de la geometría, la considero el más alto ejercicio del espíritu, pero al mismo tiempo la tengo por tan inútil que establezco poca diferencia entre un hombre que solamente es geómetra y un hábil artesano. Por eso la llamo el más bello oficio del mundo, pero, en fin, no es más que un oficio [...] estoy metido en estudios tan alejados de esta materia que apenas me acuerdo de que existe”¹⁰.

Por último, queda abierto para una futura investigación el análisis de las obras matemáticas de Pascal, que han quedado excluidas en el desarrollo de este trabajo. Dichas obras tratan acerca de cuestiones de geometría proyectiva, teoría de las probabilidades, sucesiones numéricas, aplicación del triángulo aritmético –que lleva su nombre– a la resolución de raíces de polinomios, y también el cálculo de áreas y volúmenes por el método de los indivisibles, anticipándose así al cálculo diferencial e integral. La consideración de estos temas darían mayores precisiones y completarían lo analizado en este trabajo, permitiendo tener una mayor claridad acerca del papel de la matemática en el ámbito de las teorías físicas.

¹⁰ Blaise PASCAL, “Carta a Fermat”, en *Obras*, p. 334.

Bibliografía

Fuentes

Blaise PASCAL, *Œuvres complètes*. Préface d'Henri Gouhier, présentation et notes de Louis Lafuma, Paris, Éditions du Seuil, 1963.

—, *The physical treatises of Pascal. The equilibrium of liquids and the weight of the mass of the air*. Translated by I. H. B. and A. G. H. Spiers, with introduction and notes by Frederick Barry, New York, Columbia University Press, 1937.

—, *Obras. Pensamientos. Provinciales. Escritos científicos. Opúsculos y cartas*. Prólogo de José Luis Aranguren, traducción y notas de Carlos R. de Dampierre, Madrid, Alfaguara, 1981.

—, *Tratados de pneumática*. Prefacio, introducción y notas de Alberto Elena, Madrid, Alianza Editorial, 1984.

Bibliografía secundaria

Nicolás ABBAGNANO, *Historia de la filosofía*. II: La filosofía del Renacimiento. La filosofía moderna de los siglos XVII y XVIII. Traducción de Juan Estelrich y J. Pérez Ballestar, Barcelona, Montaner y Simón, 1978³.

ARISTÓTELES, *Física*. Libros I y II. Traducción, introducción y comentario de Marcelo D. Boeri, Buenos Aires, Editorial Biblos, 1993.

—, *Física*. Introducción y notas de Guillermo R. de Echandía, Madrid, Gredos, 1995.

—, *Acerca de la generación y la corrupción. Tratados breves de historia natural*. Introducciones, traducciones y notas de Ernesto La Croce y Alberto Bernabé Pajares, Madrid, Gredos, 1998.

Morris BISHOP, *Pascal. La vida del genio*. Traducción de Mariano de Alarcón, México, Editorial Hermes, s/año.

Bibliografía

- Guillermo BOIDO, Eduardo H. FLICHMAN, "Mecanicismo reduccionista y mecanicismo clásico: dos ejemplos históricos", en José AHUMADA, Marcio PANTALONE, Víctor RODRÍGUEZ (ed.), *Epistemología e Historia de la ciencia*. Selección de Trabajos de las XVI Jornadas. Volumen XVI, Córdoba, Área Lógico-Epistemológica de la Escuela de Filosofía, Centro de Investigaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, 2006, p. 101-106.
- Hélène BOUCHILLOUX, Pascal. *La force de la Raison*. Paris, Librairie Philosophique J. Vrin, 2004.
- Léon BRUNSCHVICG, *Le génie de Pascal*. Paris, Librairie Hachette, 1924.
- Ernst CASSIRER, *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia moderna*. I: El renacer del problema del conocimiento. El descubrimiento del concepto de la naturaleza. Los fundamentos del idealismo. Traducción de Wenceslao Roces, México, Fondo de Cultura Económica, 1974.
- Austin CHAMBERS, *Modern vacuum physics*, New York, CRC Press, 2005.
- Ángel CHICA BLAS, *Descartes. Geometría y Método*. Tres Cantos [Madrid], Nivola, 2001.
- Irving M. COPI, *Lógica simbólica*. Traducción de Andrés Sestier Boulier, México, Compañía Editorial Continental, 1993.
- René DESCARTES, *Discurso del Método. Reglas para la Dirección de la Mente*. Traducción de Antonio Rodríguez Huéscar y Francisco de P. Samaranch, Buenos Aires, Ediciones Orbis, 1983.
- René DESCARTES, Gottfried LEIBNIZ, *Sobre los principios de la filosofía*. Traducción y notas de E. López y M. Graña, Madrid, Gredos, 1989.
- Mariano FASIO, Daniel GAMARRA, *Historia de la filosofía*. III: Filosofía moderna. Madrid, Ediciones Palabras, 2002.
- José FERRATER MORA, *Diccionario de Filosofía*. Edición revisada, aumentada y actualizada en 1994 por Josep-Maria Terricabras, Barcelona, Editorial Ariel, 2009.
- Galileo GALILEI, *El ensayador*. Traducción del italiano, prólogo y notas por José Manuel Revuelta, Buenos Aires, Aguilar, 1981.

- Félix GARCÍA MERAYO, *Pascal. Un genio precoz*. Tres Cantos [Madrid], Nivola, 2007.
- Etienne GILSON, Thomas LANGAN, *Historia de la filosofía*. III: Filosofía moderna. Traducción de Demetrio Náñez, Buenos Aires, Emecé Editores, 1967.
- William K. C. GUTHRIE, *Los filósofos griegos. De Tales a Aristóteles*. Traducción de Florentino M. Torner, México, Fondo de Cultura Económica, 2005².
- Nicholas HAMMOND (ed.), *The Cambridge Companion to Pascal*, New York, Cambridge University Press, 2003.
- Alexandre KOYRÉ, *Estudios de historia del pensamiento científico*. Traducción de Encarnación Pérez Sedeño y Eduardo Bustos, México, Siglo Veintiuno Editores, 1990.
- , *Del universo cerrado al universo infinito*. Traducción de Carlos Solís Santos, México, Siglo Veintiuno Editores, 2005.
- , *Estudios Galileanos*. Traducción de Mariano González Amboú, México, Siglo Veintiuno Editores, 2005.
- Thomas S. KUHN, *La estructura de las revoluciones científicas*. Traducción de Agustín Contin, México, Fondo de Cultura Económica, 1998¹⁰.
- Pedro W. LAMBERTI, Víctor RODRÍGUEZ, “Einstein y el éter: la curiosa vida de un concepto” en José AHUMADA, Marcio PANTALONE, Víctor RODRÍGUEZ (ed.), *Epistemología e Historia de la ciencia*. Selección de Trabajos de las XVI Jornadas. Volumen XVI, Córdoba, Área Lógico-Epistemológica de la Escuela de Filosofía, Centro de Investigaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, 2006, p. 314-320.
- Peter MACHAMER (ed.), *The Cambridge Companion to Galileo*, New York, Cambridge University Press, 1998.
- Giovanni REALE, Darío ANTISERI, *Historia del pensamiento filosófico y científico*. II: Del humanismo a Kant. Traducción de Juan Andrés Iglesias, Barcelona, Herder, 2004⁴.
- Robert RESNICK, David HALLIDAY, Kenneth S. KRANE, *Física*, I. Traducción de Francisco Andiñon Uz, revisión técnica de Francisco Medina Nicolau y Consuelo Gómez. México, Compañía Editorial continental, 2001³.
- Michele Federico SCIACCA, *Pascal*. Traducción de Juan José Ruiz Cuevas, Barcelona, Luis Miracle Editor, 1955.

Bibliografía

—, *Estudios sobre filosofía moderna*. Traducción de Juan José Ruiz Cuevas, Barcelona, Luis Miracle Editor, 1966.

Alicia VILLAR EZCURRA, *Pascal: ciencia y creencia*. Prólogo de Sergio Rabade Romeo, Madrid, Ediciones Pedagógicas, 2002.

Jaime Andrés WILLIAMS, *El argumento de la apuesta de Blaise Pascal*, Navarra, EUNSA, 2002.

Artículos de publicaciones periódicas (consultados en Internet)

A.W.S. BAIRD, "Pascal's Idea of Nature", *Isis* 61 (1970) 296-330. Disponible en: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/229684?uid=3737512&uid=2&uid=4&sid=47698860687007> [consultado el 10/04/2012].

Luciano BOSCHIERO, "Natural Philosophizing inside the Late Seventeenth-Century Tuscan Court", *The British Journal for the History of Science* 35 (2002), 383-410. Disponible en: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/4028274?uid=3737512&uid=2&uid=4&sid=56004101073> [consultado el 07/04/2012].

E. FAURÉ-FREMIET, "Les Origines de L'académie des Sciences de Paris", *Notes and Records of the Royal Society of London* 21 (1966) 20-31. Disponible en: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/530815?uid=3737512&uid=2&uid=4&sid=21101262438513> [consultado el 06/02/2012].

David SHERRY, "Thermoscopes, thermometers, and the foundations of measurement", *Studies in History and Philosophy of Science* 42 (2011) 509-524. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039368111000616> [consultado el 11/04/2012].

Joan Josep SOLAZ-PORTOLÈS, "El espacio vacío y sus implicaciones en la historia de la ciencia", *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 14 (1997) 194-208. Disponible en: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7033/6509> [consultado el 06/02/2012].

Otras Consultas en Internet:

Guillermo BORDO, "Entre cartesianos y jesuitas: a la búsqueda de Blaise Pascal". Publicado en H. FAAS y L. SALVÁTICO (ed.), *Epistemología e Historia*

de la ciencia. Volumen IV, Córdoba, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, 1998. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/45458764/Guillermo-Boido-Entre-cartesianos-y-jesuitas-a-la-busqueda-de-Blaise-Pascal> [consultado el 25/10/11].

Egidio FESTA, "Torricelli, Pascal y el problema del vacío", en José Luis MONTESINOS SIRERA (dir.), *La ciencia europea desde 1650 hasta 1800*. Fundación Orotava de Historia de la Ciencia, Actas años XIII y XIV, Encuentros Educativos, Canarias, Ediciones Educativas Canarias, 2007, pp. 1-17. Disponible en http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/Usrn/fundoro/archivos%20adjuntos/publicaciones/actas/13_14/conferencias/egidio_festa.pdf [consultado el 25/10/2011].

Art. "Quantum Field Theory" en *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Disponible en: <http://plato.stanford.edu/entries/quantum-field-theory/> [consultado el 05/11/2012].

Índice

Nota sobre la edición.....	3
Introducción.....	5

Capítulo uno

Biografía intelectual	13
------------------------------------	----

Capítulo dos

La posibilidad del vacío en la naturaleza

2.1 Estado de la cuestión	23
2.2 Primeros experimentos de Pascal	29
2.3 Intercambio de cartas con el padre Noël	41

Capítulo tres

El paso del experimento crucial a la axiomatización de la hipótesis

Universalización de los principios físicos

3.1 El experimento del Puy de Dôme	57
3.2 <i>Tratado del equilibrio de los líquidos y el peso de la masa del aire</i>	66
3.2.1 <i>Tratado del equilibrio de los líquidos</i>	67
3.2.2 <i>Tratado del peso de la masa del aire</i>	72
3.2.3 Conclusiones de los tratados	84
3.3 El concepto de vacío en la ciencia después de Pascal	92

Capítulo cuatro

Método científico y conocimiento

4.1 Prefacio sobre el <i>Tratado del Vacío</i>	97
4.2 <i>Del espíritu geométrico y del arte de persuadir</i>	106
4.3 Límite de la razón humana y conocimiento del corazón	114

Conclusión

Grandezas y límites del conocimiento científico	125
--	-----

Bibliografía	137
---------------------------	-----

La reflexión filosófica acerca de la ciencia llevada a cabo por Blaise Pascal (1623-1662) se desprende de los experimentos científicos por él mismo realizados; experimentos motivados por la necesidad de dar respuesta a los cuestionamientos que la física de la tradición aristotélica ya no podía responder. A esto se debe el valor y la particular perspectiva que estas reflexiones tienen.

En este libro se realiza un recorrido por los principales escritos científicos del autor, que giraron principalmente en torno al problema del *vacío*, lo que permitió delimitar sus concepciones acerca de qué es el método científico y cuál es el papel de los experimentos en las ciencias físicas.

Pascal supo ver los límites de una física deducida de un modo puramente teórico y establece como principio fundamental de la física a los experimentos. Éstos, acompañados por la *sistematización* de definiciones y demostraciones al modo geométrico y la *construcción* de modelos teóricos mediante la *matematización* de las leyes constituyen la característica central de la ciencia.

Pero el pensador se encarga de mostrar también que el ideal del conocimiento científico es en sí mismo inalcanzable. El hombre necesita para fundar su conocimiento de certezas que no se da a sí mismo y que conoce de una manera intuitiva e inmediata: las *razones del corazón*. Sin embargo, la capacidad para hacer ciencia del hombre está legítimamente fundamentada en las certezas que le vienen dadas por el corazón.

ISBN 978-987-1662-57-9



9 789871 662579



Editorial
UNSTA

9 de Julio 191
Tel. Fax: 54 381 4101 154
E-mail: editorial@unsta.edu.ar
T4000IHC - San Miguel de Tucumán
Argentina