

MECÁNICA, CIENCIA Y PRINCIPIOS. UNA INTERPRETACIÓN DESDE POLO

SANTIAGO COLLADO

Documento recibido: 22-XI-2006

Versión definitiva: 4-XII-2006

BIBLID [1139-6660 (2007) n° 9; pp. 215-231]

RESUMEN: La física que nació en el siglo XVII se constituyó pronto como paradigma científico. La clave de su éxito fue el uso que Newton hizo de las matemáticas. Sostengo que el análisis de la mecánica newtoniana encerraba los motivos de la crisis que atravesó en el siglo XIX, y también los recursos para superarla. Estudiamos en este artículo las razones de carácter epistemológico que explican estos avatares desde la gnoseología poliana.

Palabras clave: Leonardo Polo, mecánica, Newton, epistemología, gnoseología, filosofía de las matemáticas, filosofía de la ciencia, filosofía de la naturaleza, teoría del conocimiento.

SUMMARY: Modern physics was born in the XVII century and soon became the principal scientific paradigm. The key to its success was the use that Newton made of mathematics. I hold that Newton's analysis of mechanics contained flaws which led to its crisis at the end of XIX century and at the same time had resources to overcome this crisis. I study in this paper the epistemological reasons for these vicissitudes using Polo's theory of knowledge.

Key words: Leonardo Polo, mechanic, Newton, epistemology, philosophy of mathematics, philosophy of science, philosophy of nature, gnoseology, theory of knowledge.

Introducción

La situación actual de la ciencia en general, y de la física en particular, dista mucho de ser el lugar tranquilo y sin sobresaltos, el paisaje completamente explorado y conocido, que esperaban los científicos y pensadores del siglo XIX. El nacimiento de la mecánica cuántica y de la teoría de la relatividad vinieron a resolver problemas nacidos entonces en el seno de la misma ciencia, pero abrieron también nuevos territorios hasta entonces completamente ignotos, plantearon nuevos interrogantes y rompieron las expec-

tativas de tranquilidad que descansaban sobre la consolidada física newtoniana.

Hoy nadie se atreve a poner fechas, como se hiciera antaño, a la consecución del antiguo ideal de unificación del saber, que ahora se llama teoría unificada, o bien, teoría del todo. Hemos aprendido la lección que nos enseñó la llegada del siglo XX. Actualmente la ciencia ciertamente constituye el tipo de racionalidad más prestigioso. Se podría decir que ella en solitario sostiene a muchos en la esperanza de un futuro mejor. Pero el predominio del pensamiento científico no es capaz de ocultar también grandes sombras que se proyectan sobre el porvenir y que tienen como telón de fondo las experiencias que la humanidad ha vivido durante el siglo XX y que han sido posibles por los avances de la ciencia.

Es lógico que los cambios que el nuevo siglo trajeron consigo empujaron a la filosofía a fijar su mirada en la ciencia. Se puede decir que en esos años nace una nueva rama de la filosofía que se ha ocupado desde entonces de comprenderla: dónde reside el poder tan asombroso de ese modo de conocimiento nacido en el siglo XVII y que no ha parado de progresar hasta nuestros días, qué productos pueden llevar la etiqueta de científico, cuál es su alcance, hasta dónde nos podemos fiar de ella,... son algunas de las muchas cuestiones que se han planteado y que en gran medida quedan por contestar. No son pocos los que piensan que la filosofía misma está herida de muerte por la ciencia, al ser aquella acorralada por la ciencia en un rincón que cada vez será más angosto.

En la lectura de la obra de Polo he encontrado importantes y numerosas indicaciones que permiten afrontar la comprensión de la ciencia misma, su éxito y sus limitaciones, o cómo ha tenido que ver con el curso mismo de la historia desde su aparición. Me parece que la aportación de Polo constituye una ayuda valiosísima en la tarea que la filosofía de la ciencia se propuso desde sus inicios. En su teoría del conocimiento se contiene una filosofía de la ciencia de gran calado que me atrevo a calificar de innovadora.

Cuando Polo explica las diversas operaciones de la inteligencia, busca en la historia un refrendo de sus ideas. Es muy interesante comprobar cómo sus afirmaciones sobre la abstracción, y sobre el resto de las operaciones del entendimiento, permiten ver como desde un palco lo que ocurre en los albores de la filosofía. Pienso que es también posible asomarse con gran fruto al balcón de la historia de la ciencia desde la luz que proyecta sobre ella la epistemología poliana. No se trata por supuesto de explicar la historia colocándola en los estrechos moldes de una teoría. No es esto lo que él hace cuando ilumina el nacimiento de la filosofía con sus averiguaciones sobre el incoar del pensamiento. Lo que ofrece son argumentos que permiten ver la

coherencia y oportunidad de sus propuestas. Si las indicaciones que nos ofrece en su epistemología son verdaderas, también tendrían que ser contrastables con la historia del pensamiento que está implicada en el desarrollo, consolidación y crisis de la ciencia.

Lo que trato de hacer en este trabajo es rastrear esas indicaciones que me parecen claves para una mejor comprensión de la ciencia y su historia. La extensión de este trabajo me obliga a abordar esta tarea desde la brevedad de unas pocas páginas. Esto condicionará indudablemente la estructura del trabajo. Pienso que lo que Polo ha dejado ya escrito sobre estas cuestiones permitirá abordar estudios mucho más extensos y profundos. Lo que viene a continuación es una interpretación propia en la que la fuente de inspiración son los escritos de Polo. A él debo, por tanto, los aciertos que puedan quedar aquí escritos. Las carencias interpretativas, tanto de la historia de la ciencia como de la filosofía de Polo, expuestas en este trabajo son de mi exclusiva responsabilidad.

1. Newton derrota a Aristóteles

Parece que hay acuerdo en señalar que la ciencia experimental comienza su recorrido en sentido propio en el siglo XVII. La mecánica de Newton es la teoría científica que consigue para la ciencia el prestigio que ha ostentado desde entonces. Es cierto que Newton mismo reconoció que llegó tan alto porque fue “a hombros de gigantes” que le precedieron (Copérnico, Kepler, Descartes, Galileo, etc.), pero no se le puede negar a Newton el haber conseguido formular y poner las bases de lo que la ciencia (y no sólo la física) es hoy en día. Aunque su obra más importante, *Los principios matemáticos de la filosofía natural*, contenga en el título el nombre de filosofía, su modo de pensar se mueve en una órbita bien distinta y puede considerarse ya estrictamente ciencia en el sentido moderno de la palabra, lo cual fue avalado pronto por los éxitos y el progreso que la acompañaron hasta nuestros días.

En el comienzo de la modernidad existe el sentimiento generalizado, entre los pensadores más importantes del momento, de que están dando inicio a un nuevo modo de pensar. La filosofía griega había explorado una gran extensión del mundo de las ideas y descubierto gran parte de los problemas que han sido recurrentes a lo largo de la historia del pensamiento, pero no inició la ciencia, aunque algunos de sus representantes pensaron en términos científicos. Se puede decir que los griegos ejercieron la mayor parte de los

métodos¹, sin embargo, lo pensadores griegos no dieron origen a la ciencia tal como hoy la entendemos, aunque sí ejercieran actos intelectuales propios de la ciencia. En realidad se hace más justicia con la ciencia si se trata de entender como una actividad en lugar de sólo como método. Y se trata, además, de una actividad de extraordinaria complejidad, que exige el ejercicio de una pluralidad de actos intelectuales, que posee características propias y exige también una actitud peculiar en quienes la practican y desarrollan².

Con la madurez de la ciencia que representa Newton, el pensamiento de Aristóteles parecía definitivamente desplazado. Ciertamente, los elementos de la obra aristotélica que podríamos llamar científicos habían quedado ampliamente superados, en particular su visión del universo o cosmovisión. El pensamiento de Aristóteles estaba apoyado, en gran parte, por el conocimiento que podían aportar los sentidos desnudos de instrumentos y carente del bagaje de experimentación que se había acumulado ya en el comienzo de la modernidad. Pero la capacidad de Aristóteles de leer en esa experiencia es difícilmente superable. En Aristóteles se daban la mano elementos que ahora consideramos científicos (representaciones de carácter observacional, por ejemplo) y elementos que pueden ser considerados puramente filosóficos. La filosofía aristotélica no es un tipo de racionalidad que parte de un nivel completamente separado de la experiencia común o, con las limitaciones de entonces, de la experiencia de carácter científico, sino que estaba firmemente afianzada en el conjunto de los conocimientos disponibles en su tiempo. Sus conclusiones de carácter filosófico pueden tener plena validez hoy en día, aunque sus elementos científicos sean caducos, superados e incluso falsos. En cualquier caso no parece sensato rechazar *a priori* su filosofía por el sólo hecho de que su ciencia esté superada. Pero los pensadores que iniciaron la modernidad rechazaron el pensamiento aristotélico globalmente³, lo cual pienso que no ha dejado de tener consecuencias desde entonces hasta nuestros días: trataremos de poner de manifiesto algunas de ellas.

1. En esta ocasión empleo la noción de método en el sentido en que la expone Polo: "Método es una noción equivalente a la de acto intelectual", *Curso de teoría*, II, Eunsa, Pamplona 1989, 216. "Método equivale a acto intelectual", *Antropología*, I, Eunsa, Pamplona, 2003, 103.
2. Un estudio sistemático y detallado de lo que supone la actividad científica con todas sus exigencias y características se pueden encontrar en: M., ARTIGAS, *Filosofía de la Ciencia Experimental*, Eunsa, Pamplona, 1999 (3ª ed.). En la primera página de este volumen se afirma lo siguiente: "En 1687, Isaac Newton publicó sus *Principios matemáticos de la filosofía natural*, donde se encuentra la primera teoría física en el sentido moderno".
3. Cfr. J. M. POSADA, *La física de causas en Leonardo Polo*, Eunsa, Pamplona, 1996, 57-64.

Aunque el inicio de la revolución que llevó a la sustitución de la ciencia aristotélica por la moderna pueda llevar el nombre de Copérnico, se puede decir también que fue Newton quien la llevó a su triunfo definitivo. El cambio obrado en el pensamiento en ese momento de la historia iba a condicionar drásticamente su futuro y encerraba ya, en germen, las crisis que ha tenido que afrontar, como la ya mencionada de finales del siglo XIX. Pienso que también en esos años podemos rastrear la causa de la extraña mezcla de sentimientos que podemos experimentar al considerar la extraordinaria eficacia de la ciencia junto con su, tantas veces cuestionada desde comienzos del siglo XX, relación con la verdad. Paradójicamente, me parece que podríamos afirmar que el poder y eficacia de la ciencia y su extraña relación con la verdad están vinculados, en cierta manera, con el relativismo.

2. Los logros de la mecánica

La mecánica newtoniana consiguió importantes logros, como se desprende del hecho de su eficaz uso y aplicación hasta nuestros días. Su triunfo fue tan importante que también indujo un modo de ver globalmente la realidad material, una cosmovisión, que fue dominante durante casi tres siglos⁴. Sus logros podríamos resumirlos en los siguientes dos apartados:

1. Unificación del mundo estelar con el mundo sublunar aristotélico. A partir de entonces ya no era necesario el recurso a un quinto elemento, el éter, que hiciera posible el peculiar y más perfecto movimiento circular de los cuerpos astrales. Aunque, paradójicamente, después hubo que recurrir nuevamente a la hipótesis de la existencia de otro tipo de “éter” para salvar la coherencia de la teoría mecánica frente a los fenómenos de propagación de la luz. Ya no era necesario recurrir a la existencia de dos mundos con movimientos distintos entre sí. Se habían roto las barreras que separaban la armoniosa región celeste de la correspondiente a nuestro mundo, escenario de continuos movimientos “violentos”.
2. Unificación de la experiencia ordinaria con las matemáticas. Dicho de otra manera, consiguió cuantificar la realidad material con la que nos tenemos que enfrentar a diario. Curiosamente los mayores logros mate-

4. Esa cosmovisión recibe el nombre de mecanicismo, el cual constituye a la mecánica como paradigma de conocimiento en el mundo físico, dando de ella una formulación dogmática. Uno de los artífices de la instauración de una visión mecanicista del mundo es el físico matemático de finales del siglo XVIII Pierre Simon Laplace (1749-1827). La cosmovisión mecanicista tiene pocos rivales hasta finales del siglo XIX. Sostengo que, en sus aspectos nucleares, no nos hemos desembarazado todavía de ella.

máticos entre los pensadores griegos se habían visto impulsados por la aspiración a una descripción de los movimientos astrales. Fue precisamente esta compleja descripción la que siglos más tarde propició que se viniera abajo el edificio ptolemaico. Con Newton no sólo se alcanzó a describir y calcular los movimientos astrales sino que, con los mismos principios matemáticos, se podía calcular, por ejemplo, las trayectorias de los proyectiles. Era lógico que la cosmovisión aristotélica quedara hecha añicos en manos de la nueva mecánica.

Las consecuencias positivas que estos logros trajeron consigo fueron, por una parte, alcanzar una comprensión general y coherente de toda la realidad material. La simplicidad en la formulación de las teorías, sobre todo si aumenta su capacidad descriptiva, siempre ha sido una aspiración y un indicio claro de corrección. La segunda unificación mencionada dio la posibilidad de ejercer un efectivo control experimental sobre los movimientos que ocurren a nuestro alrededor. Esto último fue, a mi juicio, lo que hizo posible el verdadero inicio de la ciencia experimental. La clave de la nueva ciencia está en la posibilidad efectiva de experimentación. Pero dicha posibilidad está sustentada en el alto grado de conocimiento de las matemáticas alcanzado. Fueron, pues, las matemáticas la verdadera clave del cambio.

En Newton se da una auténtica opción por las matemáticas, por lo que en la realidad podemos describir matemáticamente. Importa menos lo que las cosas son en sí que la descripción matemática que se pueda hacer de las cosas. Esto ya es patente en el título de su obra más importante: *Principios matemáticos de la filosofía natural*. El título responde realmente a su contenido en el que, cuando se refiere a los términos que supuestamente son conocidos por todos como: tiempo, espacio, lugar, y movimiento, señala que el vulgo concibe esas magnitudes respecto a lo sensible y que eso comporta ciertos prejuicios que necesitan ser destruidos mediante su distinción en “*absolutas y relativas, verdaderas y aparentes, matemáticas y vulgares*”⁵.

Se puede decir, ciertamente, que la novedad aportada por la nueva ciencia procede de su método hipotético deductivo que culmina con la contrastación experimental. Pero eso sólo es posible por la peculiar unificación que se alcanza entre las matemáticas y la experiencia ordinaria⁶. Se puede en-

5. I. NEWTON, *Principios matemáticos de filosofía natural*. En *A hombros de gigantes. Las grandes obras de la física y la astronomía*. Edición comentada de Stephen Hawking, Crítica, Barcelona, 2003, 655.

6. Así también parece que lo piensa Polo cuando dice: “Leibniz (...) pensó que si descubría una relación definida en un intervalo muy pequeño de una curva, conocería cómo es la curva entera. Esto dio lugar al cálculo diferencial, un gran avance en la matemática de su tiempo que permitió la física de Newton”, *Introducción*, Eunsá, Pamplona, 1995, 208.

fatizar la importancia del experimento, pero el experimento alcanza su valor, es realizable en el sentido moderno, porque se encuentra un modo de experimentar en el que se recurre, directa o indirectamente, al número. En virtud de las nuevas herramientas de cálculo se puede experimentar en el mundo que a mí me interesa desde el punto de vista práctico, no en el alejado mundo de las esferas celestes, sino en el que podemos construir artefactos. La nueva física además permitirá con el tiempo construir artefactos que sirvan para ejercer nuestro control también en el mundo celeste. Pero la clave del experimento está en el número. Verificar experimentalmente en la ciencia que nace con Newton, directa o indirectamente, se resuelve en un ajuste de números. Este nuevo planteamiento da lugar a una auténtica revolución científica⁷ pero, curiosamente, en esa unión de número y experiencia está ya implícita la crisis que vendrá unos siglos más tarde y, al mismo tiempo, en la opción neta de Newton por las matemáticas se encuentra el recurso para que dicha crisis pueda ser, al menos en parte, superada.

Los logros conseguidos por la mecánica descansan sobre la base de un nuevo método en el que las matemáticas constituyen la piedra angular y el experimento la confirmación de que nuestras hipótesis son acertadas. Según Polo, junto con lo anterior, el éxito de la mecánica descansa sobre dos postulados que, en rigor, no son comprobables: la isotropía del espacio y la isocronía del tiempo. Ninguno de estos postulados es de carácter matemático pero su asunción es necesaria para que los principios matemáticos formulados por Newton sean aplicables y el experimento tenga sentido.

Donde Newton se juega la eficacia del conjunto teórico que expone es en su análisis de la realidad, es decir, en las simplificaciones que introduce y a través de las cuales va a entender la realidad material y sus movimientos, que son los que se pretenden controlar. Las nociones principales que resultan de su análisis son la masa, la fuerza, el espacio y el tiempo. Estas objetivaciones son para Newton magnitudes fundamentales. Es decir, en ellas se resuelve la descripción de la realidad material⁸ —son fundamentales— y, además, son magnitudes porque ha conseguido cuantificarlas, asignarles números. De esta manera ha logrado un modo de cuantificar la totalidad de la realidad material y sus movimientos. El éxito del análisis dependerá de que

7. Hay autores que no admiten tan fácilmente la existencia de una auténtica revolución científica en el siglo XVII. Por ejemplo Steven Shapin comienza su libro *La revolución científica. Una interpretación alternativa* diciendo “La revolución científica nunca existió, y este libro trata de ella”, 16. Lo que en cualquier caso no se puede negar es la consolidación de este nuevo tipo de racionalidad del que Newton representa su expresión ya madura.

8. Estrictamente fundamentales son sólo tres. Cualquiera de las cuatro se podría derivar de las otras tres.

los experimentos confirmen las distintas hipótesis que sobre la realidad física se formulen. Newton ha hecho una especie de “bosquejo” de la realidad, pero cuando comparamos el bosquejo con el modelo al que representa (el experimento) el resultado es de un asombroso parecido: los números daban la razón a Newton.

3. Comprender el cambio desde la jerarquía

En toda simplificación o análisis hay una parte en la realidad analizada que se mantiene, y otra que omitimos porque no se considera relevante para los objetivos que se persiguen. El análisis conseguido por Newton constituyó un método eficaz para tratar el movimiento de la realidad física que se presenta a nuestra experiencia ordinaria. El desarrollo experimentado por la física desde entonces y el acierto en las predicciones hechas respecto a los movimientos entonces observables de los cuerpos celestes, y también de los que están más cerca de nosotros, convirtió a la mecánica en paradigma de la ciencia: un ejemplo a imitar por cualquier disciplina que aspire a ser científica y, con el tiempo, una aspiración de todo tipo de racionalidad. El ideal de poder comprobar con certeza la verdad de lo que se afirma parecía haber sido alcanzado por la física. El dominio sobre el mundo material estaría entonces garantizado y, con él, también el progreso. En este contexto, en el siglo XIX, muchas voces pronosticaron el agotamiento de lo que en el mundo físico quedaba por descubrir. Esta especie de euforia científica comenzó a ensombrecerse a finales del siglo XIX y pareció disiparse completamente durante el XX. Durante el siglo pasado, a pesar de los muchos interrogantes que suscitó la crisis de la física newtoniana y su sustitución, o mejor, corrección por parte de la física cuántica y relativista, la ciencia empírica no ha dejado de progresar hasta nuestros días. A la vez, los interrogantes sobre la verdad de lo que llegamos a conocer con la ciencia física, no han disminuido⁹. Paradójicamente, podría decirse que esos interrogantes y cuestiones abiertas al pensamiento por la física crecen al ritmo del progreso y los logros que ha ido cosechando.

¿Cómo explicar los cambios a los que se ha hecho alusión en los párrafos anteriores? Me refiero al que se produce en el siglo XVII, con el periodo de bonanza que le sigue, y las tormentas que se levantaron en el mar de la ciencia y de la filosofía de la ciencia en los siglos XIX-XX, cuyas turbu-

9. Es bien conocida la frase de uno de los científicos que más ha contribuido al desarrollo de la física cuántica durante el siglo XX y premio Nobel de física en 1965 Richard P. Feynman (1918-1988): “Creo poder decir con seguridad que nadie entiende la mecánica cuántica”.

lencias se mantienen hoy día e incluso, en algunos aspectos, podría decirse que han aumentado. Para tratar de responder a esta pregunta recurrimos ahora a la gnoseología poliana. Como mencionábamos al principio, la coherencia de su teoría del conocimiento con los hechos expuestos significaría una cierta confirmación del acierto de sus propuestas.

Considero que una de las aportaciones más originales de Polo es la distinción de una pluralidad de operaciones que, como sabe cualquiera que haya trabajado en su gnoseología, se distribuyen en dos líneas operativas (racional y generalizante)¹⁰, cada una de las cuales constituye una jerarquía operativa distinta. La explicitación temática de las distintas operaciones, así como de la doble línea operativa, no sólo no rompe con la tradición gnoseológica de la filosofía clásica, sino que constituye una notable ampliación que aporta importantes novedades. Solamente haremos uso de ella en la medida que nos sirva para alcanzar el propósito de este artículo.

4. Matemáticas e imaginación frente a frente

La apuesta que Newton hace por las matemáticas es la clave del éxito del análisis propuesto en su mecánica. ¿Por qué? Las matemáticas se corresponden con un tipo de operaciones del entendimiento que Polo denomina *logos*¹¹. Estos actos cognoscitivos consiguen unificar gradualmente —según la jerarquía de las dos líneas operativas—, mediante actos intelectuales operativos, los objetos de las dos líneas señaladas. Aunque no entremos en los detalles, podemos resumir las características de este tipo de objetos diciendo que son objetos a los que Polo llama “puros objetos” o propiedades relacionales¹², su tipo de intencionalidad es hipotética¹³ y, esto es lo más importante

10. “Propongo la siguiente tesis: la prosecución operativa sigue una doble línea. Existen dos tipos de prosecución: la generalización por negación, y la razón. Estos dos tipos son distintos por cuanto divergen (a partir de la operación incoativa) y sus objetos versan de distinta manera sobre los objetos abstractos. En cambio, no versan entre sí”, *Curso de teoría*, II, 307-308.

11. “Llamo logos a la unificación de los objetos de las operaciones prosecutivas, que se logra a tenor de sus distintos modos de compensar. De acuerdo con esto, la razón se refiere, pero no antes de la explicitación de las causas, sino desde sus compensaciones, a las ideas generales y a sus determinaciones. La índole peculiar de los objetos matemáticos se explica así”, *Curso de teoría*, IV, Eunsa, Pamplona, 2004, 53.

12. “La matemática es la ciencia de las formas que son puros objetos. Las formas puras son propiedades relacionales”, *Curso de teoría*, IV, 480.

13. Aquí lo hipotético no se refiere a lo probable, a un postulado, o a una opinión o conjetura, sino al modo preciso en que el número se refiere intencionalmente a la realidad física. Este tipo de intencionalidad es una novedad cognoscitiva que sólo cabe descubrir ejerciéndola, cosa que ocurre al pensar, por ejemplo, tres objetos cualesquiera.

para nosotros en este momento, son los únicos objetos mentales que versan directamente, aunque sin dejar de ser objetos intencionales, sobre lo real físico. Esto último exige una explicación algo más amplia.

Para Polo existen realmente los números físicos. La realidad material tiene números a los que Polo llama números físicos. Estos números son el modo en el que los principios físicos (las cuatro causas descubiertas por Aristóteles) concausan entre sí, por eso podemos decir que la realidad “tiene” números. Polo afirma que “el número físico es el éxito de la concausalidad”¹⁴. Pero el modo en que nosotros conocemos el número físico es mediante el número pensado, que versa sobre el número físico con un tipo de intencionalidad que es precisamente la hipótesis. No conocemos los números como conocemos los principios. Estos últimos, para Polo, no se conocen intencionalmente, es decir con actos operativos, sino mediante actos que son hábitos. El conocimiento de los principios físicos, de las causas, es un conocimiento de lo real físico, pero no es eficaz en orden a su control. Un conocimiento que es operativo o intencional y que además versa sobre lo físico sí nos permite ejercer un control sobre la realidad material ya que las operaciones del *logos* no versan intencionalmente sobre el abstracto, cómo ocurre con los otros objetos de la inteligencia, sino sobre lo que la realidad tiene, es decir, sobre los números de la realidad. Pero conviene insistir en que los números pensados no son los números físicos: hay más números físicos que los que podemos pensar. El modo en que referimos el número pensado al número físico es precisamente, para Polo, la hipótesis. Esta es posible como hipótesis precisamente porque hay más números físicos que pensados. Las hipótesis, por tanto, son números pensados, pero que versan, son intenciones, sobre los números físicos a los que no agotan¹⁵.

Entre otras cosas, lo que Polo está haciendo en este punto, desde la perspectiva de su gnoseología, es poner de manifiesto el por qué los objetos matemáticos parece que son puras invenciones o novedades que se dan en nuestra mente y que son “a priori” respecto del mundo físico: de hecho no son pocos los matemáticos o físicos, incluso algunos muy importantes, que

14. *Curso de teoría*, IV, 487.

15. “En suma, los números pensados son intenciones sobre el modo de tenerse entre sí las causas en las concausalidades. Llamo a esa tenencia (que de ninguna manera comporta consolidación de la concausalidad) número físico. Los números físicos se descubren intencionalmente de modo hipotético, porque por pertenecer a las concausalidades, más que conocerse se descubren: lo conocido son los números pensados, intencionalmente hipotéticos sobre los números físicos. Con un juego de palabras diré que la hipótesis permite sentar la tesis de la contención causal, que se conoce sólo hipotéticamente en tanto que es un descubrimiento”, *Curso de teoría*, IV, 486.

se consideran platónicos¹⁶. Los objetos matemáticos son tan “puros”, o puramente pensados, que parecen tener vida propia independiente de la realidad física, una vida que solamente es descubierta por nuestro intelecto. Pero por otra parte, Polo da cuenta de la eficacia del número sin apartarse del realismo aristotélico, sin tener que admitir una especie de armonía preestablecida por Dios, que sería el creador tanto del mundo de las ideas como de la compleja realidad de los cambios físicos. Los objetos matemáticos son intencionales, no ideas en sí, pero su intencionalidad es hipotética en el sentido antes mencionado.

Este modo de afrontar la matemática ilumina también el problema de la verificación y la falsación de las hipótesis. Con una nueva hipótesis no se falsea una hipótesis anterior, ya que cada hipótesis tiene una coherencia que le es propia. Una hipótesis puede sustituir a otra pero sin que la primera sea propiamente falsada. Simplemente con unos números podemos alcanzar a pensar mejor o peor los números que tiene la realidad y de ello dependerá el efectivo control que ejerzamos sobre ella. Dicho de manera sencilla: el cinco no sustituye al tres porque tan número es uno como el otro. El problema es si la realidad que nosotros queremos describir tiene tres o cinco: pensando tres o cinco nosotros hacemos una hipótesis sobre la tenencia de la realidad.

Parece claro que el análisis de Newton tuvo el acierto de pensar los números con los que podemos describir el movimiento de lo físico que conseguimos conocer en nuestra experiencia ordinaria, lo que conocemos directamente con nuestros sentidos, por ejemplo. Se puede decir que el éxito de Newton, y el periodo de bonanza en la ciencia que le siguió, se debieron a la armonía entre lo que las matemáticas nos decían y lo que la experiencia común nos mostraba. Los números parecían ser un refrendo, una confirmación de la realidad física observable y experimentable. Esta fue la unificación de matemáticas y realidad conseguida por Newton.

16. Así se considera, por ejemplo, Heisenberg, que ve en la matematización de la mecánica cuántica la victoria del platonismo frente al materialismo de Demócrito y Leucipo. Cfr. W. HEISENBERG, *La estructura de la materia, Folia Humanistica*, Tomo VII, nº 82; Octubre de 1969. Constituye también un testimonio importante el siguiente: «La concepción platónica es la única sostenible. Con ello me refiero a la concepción de que la matemática describe una realidad no sensible, que existe independientemente tanto de los actos como de las disposiciones de la mente humana, y que solo es percibida por ella, aunque probablemente de forma incompleta. Esta concepción es más bien impopular entre los matemáticos, aunque algunos de los grandes la han adoptado, por ejemplo Hermite, que escribió una vez lo siguiente: “Existe, si no me equivoco, todo un mundo que es el conjunto de la verdades matemáticas, al que no tenemos acceso más que por la inteligencia, al igual que existe el mundo de las realidades físicas; ambos son independientes de nosotros y de creación divina”», K. GÖDEL, *Ensayos inéditos*, edición a cargo de F. Rodríguez Consuegra, Mondadori, Madrid, 1994, 169.

No voy a tratar aquí de justificar el acierto de Newton porque su mismo éxito lo justifica. Lo que hemos hecho ha sido indicar, desde Polo, por qué ese éxito es posible; hemos tratado de poner de manifiesto que es la apuesta por las matemáticas, junto con el análisis de la realidad que permite su uso en ese momento, lo que hace posible el triunfo de Newton al conseguir controlar el movimiento. El problema es que el movimiento que con la mecánica se consigue capturar no parece que sea el único movimiento que podemos conocer en el mundo natural y, por otra parte, todo análisis comporta una simplificación. Las objetivaciones resultantes de dicho análisis nos permiten contemplar la realidad, en este caso, con una finalidad —aunque no sea la única— de control. La visión de la realidad que tenemos a través del análisis previo no nos permite ver la realidad completa: hay ámbitos que han quedado fuera. Si constituimos ese análisis como paradigma de conocimiento y no tenemos experiencia o noticia de los ámbitos que han quedado fuera de él, no encontraremos problemas. Tropezaremos con ellos cuando alcancemos a experimentar en esas regiones que el análisis había excluido. En la insuficiencia del análisis newtoniano se escondía, como hemos dicho, el germen de la crisis que se desencadenó a finales del siglo XIX.

El experimento de Michelson-Morley, los problemas para explicar la naturaleza de la luz, la teoría de la relatividad y, sobre todo, los experimentos que dieron lugar al nacimiento de la mecánica cuántica provocaron la ruptura de la tranquilidad y del optimismo en el que habían vivido los científicos durante los últimos siglos, en particular los físicos. Lo que produjo desconcierto en el cambio de siglo, y todavía lo sigue produciendo en muchos, lo que llevó a cuestionarse algunos principios filosóficos sólidamente establecidos y que entonces parecía que comenzaban a tambalearse (el principio de no contradicción, por ejemplo), fue la ruptura entre lo que nos dicen las matemáticas, cada vez más sofisticadas y difíciles de “comprender” pero que permiten la contrastación experimental, y lo que nos presentan los sentidos en el nivel del conocimiento ordinario, es decir, el que muchos adscriben al denominado sentido común¹⁷. Este nivel cognoscitivo del mundo físico es el que se corresponde más directamente con lo que nos da a conocer la imaginación. El ajuste entre el nivel de conocimiento en el que se mueve el *logos* —está en un plano netamente intelectual—, y el nivel en el que se mueven los objetos de la imaginación es el que no alcanza a dar cuenta de lo que ocurre en los nuevos experimentos. Se produce una ruptura o falta de

17. Aquí no nos referimos, como es lógico, al significado específico que la expresión “sentido común” tiene en la filosofía aristotélico-tomista. En ella es el segundo nivel de conocimiento sensible que se corresponde con la percepción. Aquí nos referimos, como ha quedado dicho, a lo que en el lenguaje común significa tener sentido común.

ajuste que ya no es salvable como consecuencia de la enorme distancia jerárquica entre los objetos de uno y otro nivel cognoscitivo.

Los físicos y matemáticos pueden seguir “inventando” números. Dichos números son hipótesis sobre los números reales cuya correspondencia con ellos es contrastada por los experimentos. El desarrollo de la física es una confirmación de la oportunidad de este planteamiento y de la eficacia que encierra optar por las matemáticas, como hizo Newton, cuando lo que se quiere es controlar el movimiento. El reto para el científico está en inventar nuevas hipótesis, nuevos números que nos proporcionen conocimiento —puramente intelectual en este caso— sobre la tenencia de lo real físico: sobre los números físicos. La dificultad es que la imaginación se encuentra en un nivel de conocimiento sensible y, consiguientemente, inferior al del *logos* que es puramente intelectual, es decir, los objetos del *logos* no versan sobre objetos abstractos ni son la elevación de un fantasma al nivel del intelecto, como ocurre con la abstracción. Por esto podemos hablar con propiedad de invención al referirnos a los números. La imaginación no nos da a conocer la tenencia de lo físico sino que se trata, como ocurre con el conocimiento objetivo no matemático, de un conocimiento que Polo llama aspectual. Además, la imaginación sólo nos ofrece conocimiento de formalidades sensibles de la realidad, por muy elaboradas que sean. Esas formalidades son los aspectos que configuran, en su mayor parte, nuestro conocimiento ordinario del mundo físico¹⁸. La experiencia de lo que ha ocurrido y ocurre con la física pone de manifiesto que, efectivamente, nuestro conocimiento de la realidad material parece que se aparta cada vez más de lo que admitimos como perteneciente al sentido común. Es por esto por lo que nos encontramos ante la extraña situación de darnos cuenta que alcanzamos un control cada vez más efectivo sobre lo físico y, a la vez, parece que nos encontramos cada vez más lejos de entender la realidad que controlamos.

Decíamos que el análisis newtoniano encerraba ya la crisis con la que se tendría que enfrentar antes o después y, también, los recursos para salir de ella. La crisis proviene de la insuficiencia del análisis. Los recursos residen en la opción por la matematización de la realidad. Salir de la crisis en realidad significa la aceptación de que lo que nos dicen las matemáticas no podemos representarlo imaginativamente y, por tanto, que tenemos que dejar

18. Es ilustrativo en este contexto lo que Heisenberg dice en la siguiente frase: “Al fin y al cabo, también la ciencia debe confiar en el lenguaje corriente, porque es el único en el cual podemos estar seguros de comprender realmente los fenómenos”, Heisenberg, W. “La estructura de la materia”, Documento consultado en línea en [http://www.arvo.net/pdf/la%20estructura%20de%20la%20materia\(1\).htm](http://www.arvo.net/pdf/la%20estructura%20de%20la%20materia(1).htm) [Consulta: 18/11/2006].

atrás en ciertos ámbitos de la física el “sentido común” que es aportado por el nivel cognoscitivo de la imaginación.

5. La insuficiencia del análisis newtoniano

¿Donde está la insuficiencia del análisis newtoniano? En realidad se trata de una insuficiencia grande porque introduce simplificaciones que llevan a capturar un ámbito del movimiento muy reducido. Un tipo de movimiento del que incluso cabe dudar que sea físicamente real¹⁹. El movimiento objetivado por Newton se corresponde precisamente con el tiempo que se objetiva en el nivel de la imaginación. Ni siquiera es, por tanto, un tiempo físico en sentido estricto, ni tampoco un tiempo objetivado por los sentidos externos. Se trata de un tiempo que ostenta ya un alto grado de formalidad pero no es tampoco el tiempo entendido en el nivel intelectual. Es el mismo tiempo, y también el espacio, que se corresponde con las formas *a priori* de Kant. La simplificación ciertamente permite la matematización: la formulación de hipótesis sobre la realidad física. Pero la objetivación del tiempo y del espacio empleado pertenece al conocimiento que la imaginación nos proporciona de ellos. Esto permite dar cuenta del éxito de la mecánica de Newton en relación con la experiencia ordinaria y, también, de la ruptura que más tarde se produce entre esa experiencia y la física.

Otra noción importantísima en la mecánica newtoniana es la de masa, que se relaciona estrechamente con la noción de fuerza por estar objetivadas en un mismo nivel. Polo señala que en un primer nivel de objetivación de la física newtoniana —en el que se llega a formular el principio de inercia— lo que es inercial es el mismo movimiento. En un segundo nivel —el de la 2ª ley de Newton: $f=m \cdot a$ — lo propiamente inercial es la masa, es decir, la masa expulsa fuera de sí la aceleración y se hace posible de esta manera la cuantificación de la fuerza —la otra noción clave de la mecánica— y su relación con el tiempo. La masa es también la noción que sirve para vincular el tiempo con el espacio ya que en la ley de gravitación universal la masa se refiere a las distancias y también incluye la fuerza. La masa juega por tanto un papel clave en la unificación y puesta en funcionamiento de los distintos elementos producto del análisis newtoniano: espacio, tiempo, fuerza. Su constancia

19. “En mi propuesta, las limitaciones de Newton se afrontan admitiendo diversos tipos de movimiento y, por tanto, de tiempo, distintos de los que Newton objetiva”, L. POLO, *Nietzsche*, 249. “Lo mismo [que con el espacio] debe decirse del tiempo de Newton: tampoco es físico”, *Curso de teoría*, IV, 424. Que no sea físico no quiere decir que no haya una correspondencia con la realidad física. Polo coloca esa correspondencia en el nivel formal de la imaginación.

—su inercialidad— es la clave para conseguir la síntesis que permite que el sistema funcione. Es crucial también, para conseguir esa unificación, sacar a la masa del espacio dejándola así reducida a un punto. Es decir, la relación entre los cuerpos depende exclusivamente de sus masas y su distancia. Pero ahora los cuerpos no son extensos y lo que asume la consideración de la espacialidad o extensión es la pura distancia. La masa captura la materialidad de la realidad física, de los cuerpos físicos, pero de un modo peculiarmente reductivo: por una parte expulsa fuera de sí el movimiento y, por otro, también la extensión. La cuantificación de la experiencia se ha cobrado un precio muy alto.

Podríamos resumir muy brevemente las implicaciones de la objetivación o análisis de lo físico presente en Newton diciendo lo siguiente:

1. Hay una separación entre materia y movimiento conseguida a través de la noción de masa. La materia es inerte o inercial, un factor constante que permite unir espacio, tiempo y fuerza. Esto obligará después a adoptar un principio dinámico que será la energía. Pero la energía será también exterior a la materia que mantiene su constancia en cualquier caso.
2. Hay una separación entre espacio y tiempo. Por el espacio no pasa el tiempo y el tiempo fluye al margen del espacio que recibe una consideración, como el tiempo, absoluta²⁰. Se puede decir que hay una sustancialización del espacio y del tiempo. Esta mutua exclusión es la que permite su al espacio y al tiempo ser unificados con lo material, a través de la masa, de una manera matemáticamente sencilla. Pero se trata de una unificación *a posteriori*. Podríamos decir que se trata de una unificación que llega muy tarde respecto a la consideración estrictamente física del espacio y el tiempo.

Se ha conseguido una visión unificada y cerrada de la realidad física. La objetivación que se ha hecho de lo material y, en particular del movimiento, dio importantes frutos mientras lo experimentado se mantuvo en el ámbito en el que el peso cognoscitivo recae sobre la imaginación. Las fracturas fruto de este análisis son las que después pasarán factura a finales del siglo XIX y las que habrá que remediar mediante otras objetivaciones que superen las del análisis mecánico.

20. “El tiempo absoluto, verdadero y matemático en sí y por su naturaleza, y sin relación a algo externo, fluye uniformemente (...) El espacio absoluto, por su naturaleza y sin relación a cualquier cosa externa, siempre permanece igual e inmóvil”, I. NEWTON, *Principios matemáticos de filosofía natural*, 655.

Podríamos preguntarnos ahora ¿qué deja fuera de su consideración la objetivación del movimiento newtoniano? Para empezar, se olvida del movimiento vital. Aunque no discutamos esto ahora, es claro que la vida no se deja encerrar en el estrecho análisis ideado por Newton. Querer abordar el estudio de los seres vivos con un método que fuera heredero de los planteamientos mecánicos sería un grave obstáculo para la comprensión de la vida. Un planteamiento de este estilo sería el que llevara a considerar los seres vivos como estructuras que son sedes de intercambios de energía, o dicho de otra manera, sistemas de optimización y aprovechamiento energético, por ejemplo²¹.

También se excluye completamente la consideración de la causa final aristotélica. En estricto sentido, el movimiento inercial de Newton no es causado. La objetivación de la masa junto con las otras simplificaciones introducen importantes reducciones en la comprensión de las causas: la finalidad, por ejemplo, queda completamente eliminada. La clave de esta supresión, como ya se ha señalado, está en la noción de masa y la reducción en la consideración de los tipos de movimientos que esta supresión introduce. Paradójicamente, el hecho de no dejar lugar para la consideración de la causa final conduce al determinismo que es característico en la física de Newton.

La mecánica newtoniana modifica sustancialmente la comprensión de las causas descubiertas por Aristóteles. En el esquema aristotélico la eliminación de cualquiera de las causas altera notablemente la comprensión de las otras y de sus relaciones. El análisis efectuado por Newton impide entender la causa final como causa física del mundo. Dentro de la mecánica, si se mantiene la finalidad, es como algo externo al mundo. Es imposible entender, desde Newton, la causa final de una manera distinta a finalidad intencional, es decir, sin antropomorfizarla.

Junto con esta importante eliminación, la comprensión del resto de las causas también se ve modificada de una manera notable. En la tradición aristotélica las causas material y formal son consideradas como causas intrínsecas a la sustancia. La causa eficiente es, en cambio, extrínseca en los movimientos físicos transitivos. Otra de las alteraciones importantes introducida

21. Este modo de concebir la vida no es tan ajeno a cómo algunos la entienden en la actualidad. Un ejemplo puede ser el texto siguiente: “Este flujo de energía es la esencia de la vida. Puede comprenderse mejor una célula como un complejo de sistemas para transformar energía. En el otro extremo de la escala biológica, la estructura de la biosfera, o sea, la totalidad del mundo vivo, está determinada por los intercambios de energía que ocurren entre los grupos de organismos que se encuentran en ella. De modo similar, la evolución puede ser vista como una competencia entre organismos para el uso más eficiente de los recursos energéticos”, H. CURTIS; N. SUE BARNES, *Biología*, Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires, 1993 (5ª edición), 38.

por el análisis newtoniano es hacer de la causa formal una causa extrínseca a la sustancia y, a la vez, entender la causa material y la eficiente como las causas intrínsecas²².

Consideraciones conclusivas

Un problema que se desprende de lo dicho hasta el momento consiste en qué admitimos como comprensión de la realidad física. El planteamiento aristotélico ampliado por Polo nos ayuda también a afrontarlo. Entender la realidad física es entender sus principios, pero no se alcanza un conocimiento ajustado de los principios mediante un conocimiento objetivo. En cambio, sí podemos conocer objetivamente algo que la realidad física tiene: se trata de un conocimiento hipotético (números pensados) del modo de tenerse las causas entre sí, es decir, de las concausalidades (número físico). Este tipo de conocimiento permite el control del movimiento. Pero el conocimiento de los principios físicos (las causas) no es objetivo ni, consiguientemente, es útil en orden al control de la naturaleza sino a su contemplación. Aquí estriba para Polo la diferencia entre la física matemática y la física filosófica (o filosofía de la naturaleza).

Platonismo científico, problemas en la demarcación de la ciencia, dificultades en la interpretación de los resultados de la mecánica cuántica, la aspiración a una teoría unificada que dé la explicación del todo, entender la ciencia como una especie de hermenéutica de la naturaleza, tendencias fisicalistas en la biología, etc., son algunos de los problemas que serían clarificados si se contemplaran a la luz de las distinciones a las que nos hemos aproximado en este trabajo.

La coherencia entre lo que la historia de la ciencia nos presenta y las propuestas de lo que podríamos llamar la epistemología poliana, indica que dichas propuestas pueden constituir una aportación muy valiosa para entender la ciencia de hoy y poder enmarcarla en el conjunto de los saberes: la manera de controlar a la misma ciencia.

Santiago Collado González
Universidad de Navarra
e.mail: scollado@unav.es

22. "La causa eficiente (...) en concausalidad doble con la materia es la noción de fuerza". (...) "Pensar que la materia puede ser animada por la eficiencia, ser concausal con ella, sin la concausalidad formal es mecanicista", L. POLO, *El orden*, 150-151.

