

Una aproximación filosófica a la naturaleza del movimiento: una perspectiva necesaria en el estudio de la realidad natural.

A philosophical approach to the nature of movement: a necessary perspective in the knowledge of natural reality.

Gabriela García Zerecero

Universidad panamericana, campus Guadalajara

gagarcia@up.edu.mx

Un estudio detallado de la historia de la ciencia nos muestra que ésta guarda un profundo paralelismo con la historia de la filosofía, por ejemplo: la explicación cartesiana del movimiento y su relación con una física de corte mecanicista; la invención del cálculo infinitesimal de Leibniz que tiene mucho que ver con su monadología; el determinismo que se encuentra en la base de la explicación de las cadenas evolutivas del darwinismo o el influjo positivista que se percibe en la interpretación de Einstein, al menos en los años que siguieron a la creación de la teoría de la relatividad. Con una visión superficial, podría parecer que, para la comunidad científica contemporánea, la ciencia —y en especial la física— poco a nada tiene que ver con la filosofía porque ésta —y particularmente la metafísica— no se consideran disciplinas científicas. De otra parte, sin embargo, es manifiesto que la cosmología actual, que pretende conseguir una visión global del cosmos basada datos experimentales, sobrepasa, en sus conclusiones, el nivel de las ciencias particulares adentrándose en el terreno de la filosofía.

Lo anterior manifiesta que, a pesar del intento por sacudirse de las espaldas la dimensión filosófica, en la interpretación de sus resultados las teorías científicas no pueden sino encuadrarse dentro de perspectivas globales que sobrepasan su óptica parcial. Piénsese, por ejemplo, en las discusiones sobre la naturaleza del espacio y del tiempo, sobre el determinismo, el indeterminismo y la causalidad, en el carácter continuo o discontinuo de la energía, la finitud o infinitud del universo, etc. Estas cuestiones están entre las más clásicas cuestiones de la filosofía de la naturaleza y el hecho de que aún se discuta sobre ellas muestra que no han sido resueltas por dichas teorías.

Es claro, entonces, que se impone la necesidad de delimitar de nuevo el estatuto cognoscitivo tanto de la ciencia como de la filosofía (y en concreto la Filosofía de la naturaleza), estableciendo que, si bien puede existir entre ellas una profunda afinidad metodológica, difieren en sus objetos, sus ámbitos de referencia y sus intereses intelectuales¹. El presente trabajo tiene dos objetivos; en primer lugar abordar el tema de las ciencias teóricas² y sus objetos bajo los presupuestos de la propuesta aristotélica y en segundo lugar realizar un acercamiento al tema del movimiento dado que la Filosofía de la naturaleza (o Física en términos aristotélicos) se caracteriza por el estudio de la sustancia natural; es decir, trata de los seres capaces de movimiento.

¹ Para el desarrollo de esta introducción he tomado algunas de las ideas expuestas en Evandro Aggazi, *Filosofía de la naturaleza, ciencia y cosmología*, 2000, FCE, México.

² Siguiendo la división aristotélica, se denominan ciencias teóricas a la Física (Filosofía natural), las Matemáticas y la Metafísica. Las ciencias prácticas son las que se abocan a la acción (*praxis*) y las productivas a la producción (*poiesis*).

Como tendremos ocasión de señalar, esta ciencia (la Física) posee una gran diversidad de objetos, por ello se articula en diferentes *capas* o niveles; los más universales —los que se refieren al movimiento en general— colindan con la metafísica; los niveles más singulares se entrecruzan con las ciencias prácticas³. Este acercamiento resulta particularmente interesante para mostrar que los intentos por reducir el conocimiento de la naturaleza a datos experimentales y enunciados empíricos corre el peligro de dejar de lado aspectos muy ricos de la realidad. Por otra parte, resulta oportuno considerar que la necesidad que reina en el ámbito de las sustancias materiales no es la necesidad de la matemática (ni tampoco de la metafísica); esta precisión es importante cuando se intenta establecer el diálogo entre la Física, las Matemáticas y la Metafísica.

Los objetos científicos

Aristóteles inicia el libro de la Física determinando cuál es la materia y objeto de esta ciencia. Dado que para conocer algo es necesario determinar sus primeras causas, principios y elementos, es evidente que en la ciencia de la naturaleza hay que investigar sobre sus principios⁴. Por otra parte, siendo la definición el medio de la demostración y por ello principio de conocimiento, los diversos modos de definir nos ayudan a conocer los objetos de las diferentes ciencias y poder así situar el ámbito de estudio de la Física.

Para Aristóteles los objetos de la Física se refieren a aquellas cosas cuyo ser depende de la materia y no puede definirse sin ella; los de la Matemática a aquellas cosas que no pueden existir sino en la materia sensible aunque su definición no entra en ella y, finalmente, los de la Metafísica a aquellas cosas que no dependen de la materia ni según el ser ni según la definición⁵.

El ejemplo que pone el Estagirita es del todo esclarecedor: la Física difiere de la Matemática como lo curvo y lo chato, pues lo chato existe en la materia sensible y es necesario que su definición la contenga, pues lo chato es la nariz curva. En cambio, lo curvo en su definición no comprende la materia sensible aunque no existe sino en la materia sensible.

Los cuerpos de los que se ocupa el físico tienen superficies, volúmenes, longitudes y puntos, todos los cuales son también objeto de estudio de las matemáticas. El físico los considera en tanto que atributos de los cuerpos, mientras que el matemático los separa de la materia. “Se podría aclarar esto si se intentase establecer en cada uno de estos casos las definiciones de las cosas y de sus atributos. Porque lo impar y lo par, lo recto y lo curvo, y también el número, la línea y la figura, pueden definirse sin referencia al movimiento; pero no ocurre así con la carne, el hueso y el hombre: estos casos son similares a cuando se habla de <<nariz chata>>, pero no de <<lo curvo>>”⁶.

Por último y como acabamos de señalar, la Metafísica estudia aquello que existe sin materia y se define sin

³ Cfr. Héctor Zagal, *Ciencia y método en Aristóteles*, 2005, Publicaciones Cruz O., S.A. — Universidad Panamericana, México, p. 179.

⁴ Aristóteles, *Física*, Introducción, traducción y notas de Guillermo R. De Echandía, 2002, Gredos, Madrid, España, I, 1, 184a 10-15. En adelante *Fis.*

⁵ Aristóteles, *Metafísica*, Introducción, traducción y notas de Tomás Calvo Martínez, 2009, Gredos, Madrid, España, VI, 1, 1025b 25-1026a 22. En adelante *Met.*

⁶ *Fis.* II, 2, 194a 1-5.

materia; como el modo de ser de lo separable y su esencia. Así, la sustancia, la potencia, el acto y el ente mismo son objeto de la Metafísica.

La Física: naturaleza y movimiento

Decir que la Física, llamada también Filosofía natural, trata de aquellos seres cuya substancia no puede definirse separada de la materia equivale a afirmar que la Física trata de los seres capaces de movimiento. El estudio del movimiento corresponde al físico pues no puede haber movimiento sin un sujeto material.

La Física estudia dos grandes temas; de una parte los principios naturales y, de otra, el movimiento en sí y sus diversas clases. La Física no establece sus principios pues no le corresponde garantizar la posibilidad del movimiento ni la pluralidad de sustancias: ninguna ciencia demuestra su objeto. Para el físico, el punto de partida es aquello que nos resulta más cognoscible desde la percepción. Y, dado que lo que percibimos al observar el movimiento, es que procede de las propiedades de los objetos (el fuego tiende a subir y el agua a bajar), es evidente que estos tienen en sí el principio del movimiento.

La naturaleza, dice Aristóteles “es un principio y causa del movimiento y del reposo en la cosa a la que pertenece primariamente y por sí misma, no por accidente”⁷, luego la Filosofía natural trata sobre los seres que tienen en sí el principio del movimiento. Dar cuenta del movimiento permite distinguir entre el movimiento natural y el artificial; los movimientos artificiales violentan las propiedades naturales, por ejemplo, lanzar el agua hacia arriba o retener el aire debajo del agua. “Pues algunas cosas a las que les corresponde moverse tienen en sí el principio activo del movimiento [que es la forma]; en cambio otras, a las que les compete ser movidas, tienen en sí el principio pasivo que es la materia. Y este principio en cuanto que tiene potencia natural a tal forma y movimiento, hace que sea un movimiento natural. Por eso las construcciones de cosas artificiales no son naturales, porque aunque el principio material esté en aquello que se hace, no tiene sin embargo potencia natural a tal forma”⁸.

La existencia de la naturaleza es evidente para Aristóteles porque solamente a partir de ella puede explicarse el movimiento. Sin ella, el movimiento sería ininteligible.

Tipos de movimiento

En el libro III de la *Física*, Aristóteles establece la definición de movimiento utilizando las nociones de potencia y acto ya que, de una parte, en cada género puede distinguirse lo actual de lo potencial⁹ y, de otra, porque le interesa señalar que el movimiento es un cierto tipo de acto, un acto imperfecto ordenado a un acto ulterior. *El movimiento es el acto del existente en potencia en cuanto que está en potencia*. Es decir, el

⁷ *Fis.* II, 1, 192b 20 ss.

⁸ Tomás de Aquino, *Comentario a la Física de Aristóteles*, introducción, traducción y notas de Celina A. Lértora, EUNSA, Pamplona, 2001, n. 92. En adelante *In Phys.*

⁹ Cfr. *Fis.* III, 1, 201a 10-15. La actualidad de lo alterable en cuanto alterable es la alteración, la de lo susceptible de aumento y disminución, es el aumento y la disminución, la de lo generable y lo corruptible es la generación y la corrupción y la de lo mutable localmente, el cambio de lugar.

movimiento es, pues, la actualidad de lo potencial, cuando al estar actualizándose opera no en cuanto a lo que es en sí mismo, sino en tanto que es movable¹⁰.

Esta ‘actualidad de lo potencial’ se puede ver muy bien en el caso de la alteración: “cuando el agua está cálida solamente en potencia, todavía no se mueve; cuando ya está caliente ha terminado el movimiento de calefacción; en cambio, cuando participa algo del calor, pero imperfectamente, entonces se mueve hacia el calor; pues lo que se calienta participa poco a poco cada vez más del calor. Así el mismo acto imperfecto de calor existente en el ser que se calienta es movimiento, no en cuanto está solamente en acto, sino según que existe en acto ya está ordenado a un acto ulterior”¹¹. El movimiento, pues, no está en el motor, como podría parecer a primera vista, sino en lo que se está moviendo, es un acto de éste hacia una perfección ulterior (local, cuantitativa, cualitativa, etc.).

Para Aristóteles la explicación física no se agota en la mera descripción de las propiedades de un objeto sino en dar una explicación del movimiento. La distinción entre movimientos y móviles permite también distinguir y ordenar las partes de la Filosofía de la naturaleza.

El estudio del movimiento puede abordarse distinguiendo tres diferentes puntos de partida¹².

Según el procedimiento inductivo, esto es para Aristóteles, de modo inmediato, directo, hay corrupción cuando el movimiento es de un sujeto a un no sujeto; generación cuando es de un no sujeto a un sujeto, y alteración cuando es de un sujeto a otro sujeto¹³.

Desde el punto de vista de las categorías solamente puede haber movimiento en la cualidad (alteración), la cantidad (aumento o disminución) y local (cambio de lugar).

El tercero proviene de la dialéctica existente entre forma y privación: hay movimiento si se está privado del opuesto, y se ha movido si lo que antes era privación, ahora es forma. Ahora bien, forma y privación sólo se pueden dar y corromper si hay un sujeto que posee ambos y permanece en ambos.

Unas cosas están solamente en acto, otras en potencia, y otras en potencia y en acto, trátase de lo que es, o de la cantidad, o de alguna de las restantes categorías. Por otra parte, no existe movimiento alguno fuera de las cosas, ya que el cambio tiene lugar siempre según las categorías de lo que es, y nada hay común a todas ellas, nada que no se dé en una categoría. Ahora bien, en todas las cosas, cada una de las categorías se da de dos maneras: *esto* es, por ejemplo, bien la forma de la cosa, bien su privación; y según la cualidad, lo blanco y lo negro; y según la cantidad, lo completo y lo incompleto; y según la traslación, el arriba y el abajo, o bien, ligero y pesado. Así pues, hay tantas especies de movimiento y de cambio cuantas especies hay de lo que es. Y puesto que lo que está en potencia y lo que está plenamente realizado se dividen

¹⁰ Cfr. *Fis.* III, 201a 28.

¹¹ *In Phys.* n. 194.

¹² Un desarrollo completo del tema puede verse en L. I. Acedo, “La kinesis aristotélica, ¿una actividad abierta?”, *Scripta Philosophiae Naturalis*, 1: 13-42 (2012).

¹³ Tanto en la corrupción como en la generación más que hablar de movimiento (*kinesis*) habría que hablar de cambio (*metabolé*) ya que ambos se dan en el género de la sustancia y por lo tanto se trata de cambio sustancial. El caso del movimiento de un no sujeto a otro no sujeto no es posible porque no puede darse en la realidad (debido a que no existen los términos: dos negaciones) aunque Aristóteles lo menciona como mera posibilidad lógica.

conforme a cada uno de los géneros, afirmo que *el movimiento es la actualización de lo que está en potencia, en tanto que tal*¹⁴.

El movimiento y los móviles en común se estudian en la *Física*. El estudio de los cuerpos que se mueven por movimiento local se realiza en *Del cielo*. Los movimientos restantes no son comunes a todos los cuerpos, sino que se encuentran sólo en los cuerpos inferiores. Entre estos la prioridad corresponde a la generación y la corrupción, ya que tanto la alteración como el crecimiento se ordenan a la generación como a su fin. Su estudio se recoge en *De la generación y la corrupción*. Por último, la traslación de los astros se estudia en *Meteorológicos*. Todos estos tratados tienen en común estudiar sustancias que se mueven y da una idea de la complejidad del fenómeno del movimiento.

El movimiento local (desplazamiento) es el primer tipo de movimiento y la condición para que se den los demás. Es común a todos los cuerpos naturales y es más perfecto que los otros. Aristóteles muestra la prioridad del movimiento local en función de los otros tipos de movimiento. No es posible que la alteración sea el primer movimiento porque si algo se altera debe haber algo alterante produzca esa alteración. Por ejemplo, para pasar de lo cálido en potencia a lo cálido en acto, la fuente que produce el calor no puede estar siempre a la misma distancia del cuerpo que se calienta, porque si así fuera no lo calentaría ahora más que antes; es evidente entonces que la fuente de calor está algunas veces más cerca y otras más lejos, lo cual no puede suceder sin cambio local.

Así como para la alteración se requiere el movimiento local, también se requiere para el aumento. Pues lo que aumenta o decrece necesariamente varía en magnitud local; lo que aumenta, ocupa un lugar mayor y lo que decrece uno menor. De donde se sigue que el movimiento local es naturalmente anterior al aumento en cantidad.

El segundo tipo de movimiento, después del movimiento local, es la alteración. A diferencia del movimiento local que es común a todos los cuerpos, hay otros movimientos consecutivos que se encuentran sólo en los inferiores; entre ellos el primero es la generación y corrupción ya que la alteración se ordena a la generación como a su fin y de algún modo se deriva de ella¹⁵.

La alteración sólo se da en realidades materiales o que lo sean por accidente, pues lo que se altera es alterado por las cosas sensibles. Los cuerpos se diferencian entre sí por las cualidades sensibles, y es evidente que lo que es alterado según la cualidad, es alterado por la acción de otro cuerpo con las mismas características. Así, decimos que algo se altera cuando se calienta, endulza, condensa, se vuelve blanco, etc.¹⁶

Los tipos de movimiento que hasta aquí hemos descrito son comunes a todos los cuerpos naturales. La generación y la corrupción, movimientos propios del género de la sustancia, constituyen el nivel más profundo de transformación que pueda afectar a los entes. El estudio de este tipo de movimiento es sumamente complejo

¹⁴ *Met.* XI, 9, 1065b 5-17.

¹⁵ Tomás de Aquino, *Comentario al libro de Aristóteles sobre la generación y la corrupción, Los principios de la naturaleza y otros opúsculos cosmológicos*, Introducción y traducciones de Ignacio Aguinalde Sáenz y Bienvenido Turiel, EUNSA, Pamplona, 2005, cfr. *Proemio*, 1.4, 1.5.1.

¹⁶ Cfr. *Fis.* VII, 2, 244b 3-10.

ya que Aristóteles ha de distinguir entre la generación absoluta y mostrar su distinción de la alteración y el crecimiento-disminución y posteriormente estudiar la generación y corrupción de los elementos, los cuales son causa de los cambios sustanciales y de la alteración de los restantes seres físicos.

Entre los movimientos más complejos, pero también más naturales, está la vida. En el *De anima*, el Estagirita proporciona valiosas observaciones sobre la filosofía del viviente. Los seres vivos se mantienen en vida gracias a una pluralidad funcional cuya riqueza escapa a los límites de este estudio.

La Matemática

Como señalamos anteriormente, el objeto de la matemática es el estudio de aquellas cosas que no pueden existir sino en la materia sensible aunque su definición no entra en ella; es decir, se ocupan de la cantidad separada de la materia sensible sin considerar ni el sujeto en el que se da, ni otras propiedades. “ (...) el matemático estudia nociones obtenidas por abstracción (en efecto, estudia suprimiendo todos los aspectos sensibles, como el calor, el peso, la ligereza, la dureza y lo contrario de ésta, y también el calor y el frío, y las demás contrariedades sensibles, mientras que deja solamente lo cuantitativo y lo continuo, sea en una o en dos o en tres dimensiones, así como las propiedades que poseen en tanto son cantidades y magnitudes continuas, y no las estudia bajo ningún otro aspecto, y en unos casos estudia las posiciones recíprocas y las propiedades que le corresponden, y en otros casos estudia las conmensurabilidades y las inconmensurabilidades, y en otros las proporciones, y no obstante, afirmamos igualmente que de todas estas cosas se ocupa una y la misma ciencia, la geometría)¹⁷.

En sentido estricto, la cantidad no puede definirse porque es una categoría o género supremo. Se dice que posee cantidad aquello que es divisible en partes internas de tal manera que pueden comprenderse fuera del todo que forman parte. Así, aquello que es potencialmente divisible en partes continuas es una cantidad si es numerable y, de igual modo, se llama magnitud a lo divisible en partes discontinuas. De éstas, la pluralidad limitada es número, la longitud es línea, la latitud superficie y la profundidad cuerpo¹⁸.

La cantidad puede ser discreta, por ejemplo los números, o continua, por ejemplo la línea. Esta clasificación da origen a la aritmética y a la geometría. Además algunas cosas poseen cantidad por sí o en virtud de su entidad o afecciones como es el caso de mucho-poco, largo-corto, grande-pequeño que se atribuyen *per se* al género cantidad; y otras cosas la poseen accidentalmente: la blancura posee cantidad en cuanto que afecta a una superficie.

La matemática estudia la cantidad aislada de otras propiedades junto con las cuales se da en la realidad. Es decir, la matemática se ocupa solamente de aquellos atributos que le corresponden *per se* a la cantidad; ni los números ni las figuras geométricas tienen ninguna de las propiedades que hallamos en los objetos sensibles como son el color, el peso, la textura, el movimiento. No tienen más materia que la llamada materia inteligible¹⁹. El

¹⁷ *Met.* XI, 3, 1061a 28 ss. Reciben aquí el nombre de matemáticos tanto los geómetras, que estudian las magnitudes, como los aritméticos, que estudian los números.

¹⁸ Cfr. *Met.* V, 13, 1020a 7 y ss.

¹⁹ Cfr. *Met.* VII, 10, 1036a, 9-12. Hay materia sensible e inteligible: sensible como el bronce; inteligible la que se da en las cosas sensibles, pero

contraste entre física y matemáticas es evidente. La física estudia sustancias reales; la matemática estudia la cantidad aislada de otras propiedades junto con las cuales se da en la realidad. Esta es la abstracción matemática: prescindir de aquello que no conviene *per se* a la cantidad. La cantidad tiene a la sustancia primera como sujeto. El ser se predica del género de las matemáticas sólo en la medida en que la cantidad remite a la sustancia²⁰.

Dado que la abstracción matemática consiste en centrar la atención en una propiedad del objeto, prescindiendo de otras, es claro entonces que su objeto de estudio se vuelva más simple y que esta simplicidad facilite la exactitud.

La Metafísica

En el comienzo del libro IV de la Metafísica se menciona el objeto de esta ciencia como aquella que *estudia lo que es, en tanto que es, y los atributos que, por sí mismo le pertenecen*. La metafísica es una ciencia con carácter universal y no puede, por tanto, identificarse con ninguna de las ciencias particulares. Las matemáticas por ejemplo, estudian la cantidad, que si bien es una propiedad o atributo que pertenece necesaria y universalmente a la sustancia corpórea, se estudia separada de la misma²¹. El metafísico ha de dar cuenta de los atributos que le convienen a la sustancia en cuanto sustancia; el matemático demuestra los atributos que convienen a la cantidad en cuanto cantidad y el físico estudia al ente en cuanto móvil.

Temáticamente, suele dividirse la metafísica en ontología y teología. La ontología es el estudio del ente en cuanto ente, de donde se sigue que ha de estudiar fundamentalmente la sustancia. Aristóteles concibe la sustancia (*ousía*) como el modo primario del ser; todos los otros modos se refieren a ella. La “teología aristotélica” por su parte, concluye la existencia de un primer motor del universo (ser vivo y perfecto) que dé cuenta del movimiento universal y cuya existencia se infiere partiendo del movimiento de los seres sensibles²².

Distinción entre las ciencias

Hasta aquí se ha presentado una breve exposición de los objetos de las así llamadas ciencias teóricas. Según lo dicho hasta ahora pueden establecerse diversos ámbitos de distinción entre ellas. La Física y la Matemática se distinguen de la Metafísica en que las dos primeras no se cuestionan sobre la existencia o inexistencia de los entes sobre los que tratan; parten del ser que les es dado a través de los sentidos y estudian sus propiedades esenciales. En cambio, es propio de la Metafísica preguntarse por el ser y la esencia de las cosas. Así, la matemática no se ocupa de definir la esencia del triángulo ni tampoco se pregunta cómo es posible separar el triángulo de aquello que tiene esa figura o si existen triángulos separados de las cosas triangulares; simplemente ve

no en tanto que sensibles, por ejemplo, el círculo. La esfera no se mueve en cuanto tiene determinada cantidad sino en cuanto que es cuerpo.

²⁰ Cfr. Héctor Zagal, *op. cit.*, p. 220.

²¹ Cfr. *Met.* IV, 1, 1003 a 19-25.

²² Un estudio detallado puede verse en Héctor Zagal, *op. cit.*, pp. 224 y ss. El autor aborda el tema tomando en cuenta la teoría de la ciencia expuesta en *Analíticos* señalando que, paradójicamente, la sabiduría primera termina construyéndose a partir de la prueba *menos científica*: dado que no podemos explicar el mundo tal y como es sin un motor de estas características, luego, tal motor existe.

en las cosas reales que hay algunas que tienen tres ángulos y toma la forma de triángulo separándola de su materia para trabajar con ella.

Por lo que se refiere a los modos de definir, las ciencias se distinguen por el modo en como abordan sus objetos (según el modo de abstracción de cada una). Los objetos de la Física (Filosofía de la naturaleza) existen con materia y se definen con materia; los de la Matemática existen con materia pero se definen sin materia y los de la Metafísica existen y se definen sin materia. “La física aborda el objeto en movimiento, con materia. Las Matemáticas abordan la forma del objeto con la pura materia inteligible, es decir, como lo que es separable en tanto que forma, pero que sólo existe en la materia, como en el caso de la cantidad; finalmente, la Filosofía Primera estudia aquello que existe sin materia, y se define sin materia, como el modo de ser de lo separable y su esencia”²³.

Habiendo aclarado que las ciencias son distintas y señalado en qué consisten sus diferencias, resulta oportuno cuestionarse sobre el modo de relacionarse entre ellas. Cada una de las ciencias tiene un objeto bien definido, así como axiomas y método propios. En el libro II de la Física se da un ejemplo cuando Aristóteles compara la Física y la Matemática: los cuerpos tienen líneas, ángulos y superficies. Estos atributos no existen fuera del sustrato material. Pero el matemático no estudia tales afecciones como límites de un cuerpo; los estudia *como* si existiesen separadamente del mismo²⁴. El diálogo y la relación son posibles cuando se parte de la base de que cada disciplina estudia lo dicho por la otra desde un enfoque distinto.

Una aproximación científica a la naturaleza del movimiento²⁵

Con el surgimiento de la ciencia experimental moderna se sustituye lo que podríamos denominar el paradigma clásico de la noción y naturaleza del movimiento por un nuevo paradigma que se construyó a partir de la mecánica newtoniana.

La mecánica de Newton se desarrolló como consecuencia de un abandono gradual de los conceptos cualitativos de la física aristotélica, los cuales fueron remplazados por una perspectiva cuantitativo-relacional. Los modelos con los que trabaja la ciencia experimental suponen necesariamente una simplificación del objeto real de estudio; la aproximación cuantitativa sólo es posible si se consideran los factores más relevantes que contribuyen al movimiento, es decir, aquellos que pueden ser tratados cuantitativamente.

La matematización de la mecánica (y de manera general de toda la ciencia) ha llevado dos caminos diferentes. Desde el punto de vista experimental se ha buscado una mayor precisión y para ello se han desarrollado aparatos de medición cada vez más sofisticados. Desde el punto de vista teórico surge la necesidad de la unificación de la mecánica celeste y terrestre en base a una teoría unificada de la materia que, a su vez, requiere del desarrollo de la cinemática, esto es, la descripción analítica y geométrica del movimiento y la dinámica, es decir, la

²³ Jorge Morán y Castellanos, “El diálogo interdisciplinar: Física y Filosofía (desde Aristóteles)” en Héctor Velázquez (ed.), *Origen, naturaleza y conocimiento del universo. Un acercamiento interdisciplinar*, Cuadernos de Anuario Filosófico, Serie Universitaria, n. 171, EUNSA, Pamplona, 2004, pp. 29-30.

²⁴ Cfr. *Fis.* II, 2, 193b 22-24.

²⁵ Un estudio completo del tema puede verse en INTERS — Interdisciplinary Encyclopedia of Religion and Science, edited by G. Tanzella-Nitti, P. Larrey and A. Strumia, <http://www.inters.org>, voz Mechanics, consultado el 10 de noviembre de 2012.

investigación sobre las causas del movimiento que permitan la explicación tanto del movimiento de los planetas como de los objetos corpóreos.

Los avances conceptuales en el campo de la cinemática celeste fueron: la formulación copernicana del heliocentrismo que simplificó la descripción del movimiento de los planetas; las tres leyes del movimiento de Kepler y, en particular, la descripción elíptica del movimiento de los planetas. Por lo que se refiere a la cinemática terrestre, la formulación de la ley de la caída de los cuerpos de Galileo y su descubrimiento del principio de la inercia. En el campo de la dinámica, la ley de Newton es la propuesta de unificación de los mundos celeste y sublunar.

Los avances subsiguientes en la mecánica racional del siglo XIX no fueron sino el desarrollo del potencial contenido en el paradigma de Newton gracias a el desarrollo de nuevas herramientas matemáticas y geométricas como la mecánica de Lagrange, Euler y Hamilton y el cálculo diferencial e integral, que permitieron su aplicación a sistemas mecánicamente más estructurados.

Sin embargo, la necesidad de la metafísica se ha hecho presente al caer en cuenta del error que en la mecánica Newtoniana, por ejemplo, ha supuesto la consideración del espacio y tiempo absolutos como anteriores a toda noción de movimiento o en la interpretación kantiana del mismo como una de las categorías *a priori* que pertenecen al sujeto cognoscente.

La incompatibilidad entre la mecánica newtoniana y la teoría electromagnética revela la inexacta naturaleza de la concepción de espacio y tiempo de la formulación de Newton. En 1887 Michelson y Morley descubren que la velocidad de la luz en el vacío es la misma con respecto a cualquier observador. Tomando este resultado como un postulado, combinándolo con el principio de relatividad formulado por Galileo y asumiendo que las leyes de la física son invariables bajo desplazamientos uniformes del marco de referencia, Einstein deduce la teoría de la relatividad especial. Los conceptos de espacio y tiempo ya no pueden considerarse como absolutos. La teoría de la relatividad general llevará el principio de la relatividad a sus últimas consecuencias. De modo contrario a lo que podría suponerse, la teoría de la relatividad que parecía abrir cauce al subjetivismo en la ciencia, es la teoría de la formulación objetiva de las leyes de la mecánica y de la física.

Por su parte, la mecánica cuántica proporciona nuevos elementos (desde el punto de vista de la teoría de Newton) cuya interpretación filosófica ha generado varios problemas. Las paradojas como la de Schrödinger y Einsten-Podolski-Rosen, relacionadas con la dualidad partícula onda y la “no-localización” han sido difíciles de resolver. Desde el punto de vista de la escuela de Copenhague estas paradojas solo pueden resolverse dejando de lado una explicación en términos de realismo clásico e interpretándolas bajo el marco de referencia del idealismo filosófico.

Como ya se ha señalado, la incompatibilidad entre la mecánica newtoniana y la teoría electromagnética de Maxwell ha mostrado que la concepción de espacio y tiempo como absolutos no es la adecuada. Con la teoría de la relatividad, los fundamentos de la física matemática y los conceptos aristotélicos se han unido de nuevo. Sin embargo, antes del nacimiento de la relatividad de Einstein y de la mecánica cuántica, la mecánica de Newton se ha enfrentado con otro problema que ha revelado los límites de las herramientas matemáticas cuando se han utilizado

para describir la naturaleza y los límites del método reduccionista que hasta ese momento había caracterizado a la ciencia. Este problema incluye la estabilidad de las soluciones de las ecuaciones diferenciales y su alta sensibilidad ante pequeñas variaciones en las condiciones iniciales y se encuentra en la base de los recientes estudios del así llamado caos determinista tratado sistemáticamente por primera vez por Poincaré.

Cualitativamente hablando, una solución de una ecuación diferencial (que desde el punto de vista mecánico representa el movimiento de un sistema físico) se considera “estable” si a un pequeño cambio en las condiciones iniciales, se siguen pequeñas variaciones en el movimiento en cada instante sucesivo de tiempo. Si el movimiento cambia mucho, la solución es considerada inestable. Es claro que sólo los sistemas que tienen soluciones estables son matemáticamente predecibles y que la alta sensibilidad a las variaciones de las condiciones iniciales hacen inútil una descripción matemática en términos de ecuaciones diferenciales de un sistema mecánico, o, de modo más general, físico. Como consecuencia de la inestabilidad, un pequeño error inicial puede convertirse en un error tan grande que la descripción del movimiento resulta despreciable.

Desde el punto de vista matemático, el análisis “local” resulta insuficiente. Se requiere de un estudio global que incluya el análisis de las partes del todo en su mutua relación y las propiedades irreductibles del todo tomadas en su conjunto. Se comprende entonces que, desde un punto de vista epistemológico y metodológico, es necesario superar la perspectiva reduccionista. Y esto remite a la concepción aristotélica de la relación entre el todo y las partes.

Conclusiones

Al inicio del presente trabajo se mencionó la necesidad de definir el estatuto cognoscitivo de las llamadas ciencias teóricas, según la perspectiva aristotélica que se ha asumido. Lo anterior resulta pertinente para poder establecer, de una parte, la distinción entre las ciencias y, de otra, para delimitar las coordenadas en las que es posible plantear un trabajo interdisciplinar.

La determinación de los objetos de las ciencias permite distinguir el ámbito de estudio y el método propio de cada una. Varias ciencias pueden coincidir en el objeto de estudio pero lo abordan de modo distinto porque tienen géneros sujetos y axiomas diferentes.

La Física y la Metafísica aristotélicas sientan las bases epistemológicas para el conocimiento de lo real. En cambio, el método experimental se detiene en lo meramente matemático y, como se ha explicado, lo propio de la matemática es explicar sin materia lo que en la realidad se dan con materia. Este tipo específico de abstracción permite a las matemáticas su rigor, exactitud y simplificación y es por esto que no hay que olvidar los límites que le marca su propio objeto: sólo estudian el movimiento local sin el móvil y suponen la causa eficiente pero sin vincularla a las otras causas.

Teniendo en cuenta lo anterior, la explicación de la realidad natural no puede limitarse a la perspectiva que aporta la ciencia experimental, ni el movimiento —primera manifestación fenoménica del mundo natural— reducirse a su dimensión cuantitativa matematizable.

Si se consideran abstractamente, las ciencias son sistemas lógicos en los que las conclusiones están basadas en las premisas y los teoremas con los axiomas y principios gnoseológicos y todo ello en base a ciertas leyes de inferencia tanto inductiva como deductiva.

Pero las ciencias son también, de algún modo, sistemas reales. Los principios en los que se apoyan no son solamente de índole cognoscitiva, sino real. Son las mismas cosas reales, con sus relaciones e interacciones las que sirven de base a las construcciones mentales. La ciencia ha de reflejar, por tanto, del mejor modo posible, el conjunto de cosas reales sobre las que versa; en definitiva trascender el aspecto cuantificable de la realidad material.

