

GÓNDOLA

ISSN 2145-4981

Vol 6 No 1 Julio 2011 Pp 62-70

EL MUNDO FÍSICO DE ARISTÓTELES

Jose Duarte¹
josecmaxmax@hotmail.com

RESUMEN

Aristóteles planteó la más popular de las teorías griegas acerca del universo y del movimiento de los cuerpos. En este artículo se recogen e integran las ideas un poco dispersas que se encuentran en la literatura acerca del mundo físico de Aristóteles, dividiendo el trabajo en dos partes. La primera de ellas trata en forma general sobre la filosofía aristotélica y los aportes al conocimiento humano de este personaje. La segunda trata en forma específica la mecánica aristotélica y su concepción geocéntrica del universo. En este trabajo se muestra como Aristóteles se preocupa más por las causas del movimiento que por su descripción apoyándose principalmente en métodos filosóficos.

Palabras Claves: *Parque de diversiones, Practica de laboratorio, módulos de enseñanza, construcción, significación y aprendizaje*

ABSTRACT

Aristotle raised the most popular of the Greek theories about the universe and the bodies movement. In this paper I collect and integrate scattered ideas in the literature about the physical world of Aristotle, dividing this paper in two parts. The first talk in general about Aristotelian philosophy and his contributions to human knowledge. The second deals specifically Aristotelian mechanics and geocentric universe. This paper shows how Aristotle was more concerned with the movement causes than its description, relying primarily on philosophical methods.

Keywords: Aristotle, philosophy, physics, syllogism, natural movement, forced movement.

Introducción

La historia de la física y de la ciencia en general empieza con el pueblo griego, en la cultura griega se introduce un elemento nuevo e importante para dar explicación a los diferentes cuestionamientos que se hacía el hombre sobre el mundo real. Este elemento fue una nueva forma de concebir el conocimiento basado en la razón y se denominó filosofía. El pueblo griego fue el primero en separar el conocer de la influencia religiosa, lo cual a través de su filosofía los llevó a proponer leyes que rigen los fenómenos naturales. Aunque erradas, los griegos fueron los primeros en plantear teorías que explicaban el movimiento de los cuerpos, por tanto son los

¹ Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

primeros que iniciaron estudios en mecánica. Aristóteles planteó la más popular de las teorías griegas acerca del universo y del movimiento de los cuerpos, esta es el objeto de estudio en este artículo.

Siempre que hablamos del desarrollo de la mecánica clásica nos referimos principalmente a Galileo y Newton. Cuando hablamos de Galileo necesariamente tenemos que referirnos al apoyo que dio a la teoría heliocéntrica de Copérnico, la lucha de sus ideas en contra de las impuestas por la religión católica y necesariamente en contraposición con la mecánica aristotélica fundamentada en una cosmología geocéntrica. Siempre se ha hecho hincapié en la fundamentación científica de las ideas de Galileo y su aporte trascendental a la física, pero en cuanto a la controversia aparte de decir que la mecánica aristotélica se fundamentaba en que los cuerpos más pesados caen más rápido que los más livianos y que consideraba a la Tierra como el centro del universo no se comenta nada más. En realidad es sorprendente la escasez de bibliografía tanto de libros de física como de filosofía que desarrollen la mecánica más popular en la antigua Grecia formulada por Aristóteles y más aún teniendo en cuenta el reinado absoluto que tuvo la mecánica aristotélica por más de dos mil años.

El principal objetivo en este trabajo fue recoger e integrar las ideas un poco dispersas que se pueden encontrar en la literatura acerca del mundo físico de Aristóteles. Esta investigación se realizó mediante una recopilación de diferentes fuentes bibliográficas, en base a estos resultados se construyó el presente artículo. La intencionalidad de este trabajo es que sea un aporte a los diferentes profesionales de la física que trabajan en historia de la ciencia, epistemología de las ciencias naturales, enseñanza de la física en cuanto a temas tales como diferencias entre el método científico y método filosófico, cosmología, heliocentrismo y geocentrismo, diferencias entre las ideas de Galileo y Aristóteles y cualquiera otros relacionados. Por último fue adaptado para estudiantes y para cualquier persona del común que esté interesada en conocer acerca del tema.

El artículo se divide en dos partes, la primera de ellas trata en forma general la filosofía aristotélica y los aportes al conocimiento humano de este personaje; la segunda parte trata ya en forma específica la mecánica aristotélica y su concepción geocéntrica del universo.

FILOSOFÍA ARISTOTÉLICA

La filosofía se originó en Grecia con las escuelas jónicas en el siglo VI a. C. A su vez la historia de la ciencia se inicia con los griegos y fue derivada de su filosofía naturalista. Los jónicos fueron el primer movimiento de trascendencia filosófica y no fue creación y propiedad de sacerdotes tal como ocurrió en la mayor parte de las civilizaciones anteriores, que estaban condicionadas por las doctrinas de los libros sagrados y en donde se creía que el entendimiento del hombre sobre el mundo estaba supeditado a la voluntad de los dioses. Por tanto, los griegos se sintieron capaces de descubrir y explicar la verdad sobre la naturaleza apelando a la

racionalidad de las cosas. La más importante de las filosofías naturalistas sin duda alguna fue la que desarrolló Aristóteles², la cual tuvo gran popularidad entre los griegos de ese tiempo y fue muy popular por dos milenios más hasta que Galileo la refutó completamente en el siglo XVII.

Como ya se sabe, el método filosófico con el cual Aristóteles estudiaba los fenómenos naturales era la lógica o conjunto sistemático de reglas para razonar y encontrar la verdad. Para atacar los diversos problemas filosóficos, incluyendo los de filosofía natural introdujo el razonamiento lógico o silogismo. Considerando el silogismo como el arte de la argumentación correcta y verdadera, tenía en cuenta un conjunto de tres presupuestos o juicios que tenían entre sí la siguiente relación: el tercero se deriva o deduce de los dos primeros. A los dos primeros se les llama premisa y al último se le llama conclusión. Un ejemplo de silogismo es: "todos los hombres son mortales, Sócrates es un hombre, por consiguiente Sócrates es mortal. Por lo cual Aristóteles aplicando esto suponía que las leyes de la naturaleza eran fácilmente deducibles de reflexiones intuitivas por la observación de un fenómeno determinado. Por consiguiente, su física está más próxima a la experiencia del llamado "sentido común". Para descubrir éstas leyes, no consideraba importante "la experimentación", la cual usamos hoy en día y de la cual se vale la ciencia para estudiar todos los fenómenos naturales. Consideraba que simplemente a través de la observación atenta del fenómeno natural y el uso del silogismo se podría llegar a una solución verdadera de cualquier tipo de problema. Es muy probable que haya sido influido a subvalorar la experimentación por las mismas creencias de la sociedad en su época, ya que implicaba actividad física y hacer trabajos manuales, los cuales eran despreciados. Para este periodo en Grecia, cualquier actividad física era considerada indigna de hombres libres y solo propia de esclavos. Lo anterior impidió a los griegos que desarrollaran mejores instrumentos de medición, fundamentales para realizar una buena experimentación.

De igual forma el mismo Aristóteles creía que ya no eran necesarios artesanos, arquitectos, ingenieros y otros semejantes. El motivo residía en la argumentación de que la técnica y tecnología habían cumplido ya su tarea. No se necesitaba ni podía inventarse nada más para hacer la vida más cómoda y placentera debido a que ya se habían alcanzado casi todos los requerimientos de comodidad y refinamiento social. Por tanto la filosofía y entre esta la filosofía natural (predecesora de la ciencia), que no se ocupan de las necesidades ni del goce de la vida, sólo surgen, según Aristóteles, después de que la técnica y tecnología se hayan desarrollado totalmente³.

En realidad fue Aristóteles quien dio origen a la palabra física que en el griego antiguo se detonaba como "fisis", la cual significa naturaleza. Es considerado el fundador de la mecánica debido a que fue el primero en proponer una teoría razonable sobre el movimiento de los cuerpos en general. La idea principal de la física aristotélica era la creencia en que todas las cosas del universo se componían de cinco elementos principales. Estos eran el fuego, la tierra, el aire, el

² La mayor parte de sus obras que se han conservado hasta nuestros días son "Los Tratados". En ellos se estudian temas muy diversos como política, biología, lógica, psicología y física. Sobre física escribió más de 50 volúmenes, entre los cuales se tienen: Lecciones de Física, Tratado del Cielo, Meteorología, Acústica, y Tratado de los Colores.

³ Estas ideas sobre la esclavitud, la técnica y la tecnología las plantea en su obra "*Política*".

agua y un elemento especial presente en el cielo al que él denominó “éter”. Como veremos más adelante, fue tal la elaboración de las ideas de la física aristotélica basada en sus cinco elementos que esta tuvo gran influencia hasta el siglo XVII.

Esto también debido fundamentalmente al apoyo que la iglesia Católica le dio a su filosofía convirtiéndola en pieza angular de sus doctrinas tiempo después. De hecho Santo Tomas de Aquino halló en ella una base filosófica para orientar el pensamiento cristiano y que fue aceptada finalmente porque representaba en forma muy adecuada para ellos la integración de Dios con la estructura del universo. Por consiguiente, se originó el nacimiento de una física teológica que consistió en acomodar la teoría del movimiento de Aristóteles a la filosofía cristiana.

Como primera medida, se aceptaba que la Tierra era de naturaleza terrestre y que se encontraba en el centro del universo. Existía también una esfera celeste dividida en subesferas tal como lo planteaba Aristóteles. Los objetos de la esfera celeste se componían de una sustancia divina, propia sólo de los seres celestiales, el “éter”. El universo jerárquico planteado por los católicos se dividía según la distancia al centro del mismo. El de menor nivel era el mundo subterrestre (interior de la Tierra), en donde se localizaba el infierno, y estaba habitado por el Diablo como máxima autoridad en ésta región. Le seguían en jerarquía los ángeles caídos o demonios, los cuales a su vez también estaban estratificados. De últimas en este mundo se encontraban los condenados, o seres humanos que no aceptaron ni cumplieron la doctrina cristiana. La región de nivel intermedio era desde la faz de la Tierra hasta el límite con el cielo, al cual denominaron el mundo terrestre. Allí habitaban los seres humanos, los cuales se caracterizaban por tener libre albedrío y que en base a esto eran condenados o recibían como premio la salvación. Por último, la región más alta era el mundo celeste que estaba habitada por los seres más puros o compuestos del elemento divino (“éter”), por seres celestiales, que también se encontraba estratificada según las subesferas aristotélicas, en donde el mayor rango lo ocupaba la Santísima Trinidad (Padre, Hijo y Espíritu Santo) en lo más alto del cielo o la más alta subesfera, le seguían hacia abajo según su rango, que en su orden eran querubines, serafines, arcángeles y ángeles.

MECÁNICA ARISTOTÉLICA

En su estudio de la Mecánica analiza el movimiento de los cuerpos. Plantea que éste es de dos tipos, el de los cuerpos celestes, al cual están sujetos los astros y el de los cuerpos terrestres, que realizan los objetos que yacen en la tierra.

MOVIMIENTO CELESTE

"Como primera medida afirma que el cielo es una esfera que gira en círculo". Lo cual explica la supuesta rotación diaria de los cielos. Añade que como el centro de un cuerpo en rotación está en reposo, por ello la tierra está en reposo en el centro del universo. Aristóteles da prioridad de los movimientos celestes sobre los terrestres debido a su creencia de la primacía del movimiento circular sobre cualquier otro. Para esto argumenta que todo movimiento es circular, lineal o una combinación de ambos, por consiguiente los dos primeros son los fundamentales, ya que de éstos

se derivan los demás. "El movimiento circular es más fundamental que el rectilíneo porque éste es infinito y eterno ya que no puede distinguirse en el mismo un punto de partida, uno final o uno intermedio". Contrariamente a los jónicos no creía que los cuerpos celestes estuvieran hechos de la misma sustancia material que los cuerpos terrestres. Por tanto para Aristóteles el cielo estaba compuesto de un quinto elemento que denominó "éter". Éste elemento es eterno, se mueve con movimiento circular y no está sujeto a cambio como los otros cuatro elementos de naturaleza terrestre. De él están hechos los cuerpos celestes, los cuales se mueven al unísono con el éter⁴.

La esfera celeste se divide a su vez en cincuenta y cinco sub-esferas⁵, que giran alrededor de la tierra inmóvil y que arrastran consigo cada una, al moverse, los diversos cuerpos celestes. La esfera más externa es la de las estrellas fijas, la más baja de las cincuenta y cinco corresponde a la Luna. Cada sub-esfera se mueve en forma circular uniforme pero a una velocidad diferente con relación a las otras. Todo esto lo plantearon en un intento de cuadrar los movimientos observables de las estrellas y planetas⁶. Sostenía Aristóteles que los astros se mueven en su correspondiente sub-esfera describiendo una trayectoria circular en un acto que se realiza eternamente. "La causa principal del movimiento de las esferas celestes es "Dios"⁷, el cual se encuentra más allá de las estrellas, por tanto lo consideraba como el motor o causante principal.

MOVIMIENTO TERRESTRE

Como ya habíamos dicho, Aristóteles creía que todo en el universo se componía de cinco elementos. El "éter" era el elemento divino, que constituía la esfera celeste y los cuerpos que en ella se encontraban. Los objetos de naturaleza terrestre se encontraban cerca al centro del universo y estaban formados por cuatro elementos que se entremezclaban entre sí, éstos eran el fuego, el aire, la tierra y el agua. Los dos primeros tienen la propiedad de "la ligereza" que consiste en que su movimiento natural es hacia arriba, intentado huir del centro del universo, pero sin traspasar la esfera terrestre. Los dos últimos tienen la propiedad de "la pesadez" que nos dice que su movimiento natural es vertical hacia abajo, intentando llegar al centro del universo.

⁴ En su tratado "*Sobre los cielos*" explica Aristóteles su estructura del universo y trata el movimiento celeste de los astros en donde se plantean éstas ideas.

⁵ Se conciben como regiones dentro de la esfera principal con un espesor determinado, algo parecido a las capas que aparecen cuando destapamos una cebolla cabezona.

⁶ Éste esquema de las cincuenta y cinco esferas no es original de Aristóteles. Se basó principalmente en los trabajos del matemático Eudoxo y la corrección que incluyó Calipo.

⁷ Vale la pena aclarar que si bien Aristóteles suponía la existencia de un ser divino, al que describe como Primer Motor, responsable de la unidad y significado de la naturaleza, éste no corresponde al mismo Dios, máximo ser supremo en la religión cristiana, sino que se inclinaba más por un tipo de ente que sólo es un observador. Éste no interviene en lo que sucede en el mundo, ni tampoco es su creador. La idea de que Aristóteles en sus escritos metafísicos se refiere a Dios, la incluye tiempo después la iglesia católica, adoptando también sus ideas sobre el movimiento de los cuerpos.

Los aristotélicos propusieron una experiencia práctica para verificar la verdad de la composición de la materia por éstos cuatro elementos: si se quema una rama verde, emanará de ésta humo, que indica la presencia de aire, también hervirá en los extremos un liquido, que indica la presencia de agua, la presencia de fuego en el objeto se hace evidente porque este aumenta considerablemente (el fuego que sale del objeto se suma al que ya estaba), al terminar la combustión sólo queda la ceniza, que es un indicador del elemento tierra.

"El movimiento de los cuerpos terrestres los clasifica en natural o que ocurre por si mismo como lo es la caída libre y el forzado que ocurre por la acción de un cuerpo sobre otro".

Respecto al movimiento natural afirmaba que los cuerpos al ser liberados en nuestra atmósfera sin ejercer ninguna fuerza sobre ellos, estaban sujetos a un tipo de interacción con el centro del universo que hacía que cayeran, ésta interacción variaba según su peso, "los cuerpos más pesados caerían más rápidamente que los livianos, se fundamentó en el ejemplo natural del tiempo que dura una pluma al caer en comparación con el de una piedra". Todo esto hacía alusión a que la estructura misma del espacio en el universo es la que determina el lugar de los objetos que allí se encuentran. La Tierra está ubicada en el centro del universo, por que por su naturaleza pesada, debe encontrarse en el mismo. Los cuerpos pesados van hacia ese centro, no porque se encuentre allí algo, o debido a alguna fuerza física que los atraiga, van allí simplemente porque los empuja su naturaleza. Aún si la tierra no existiese, todos los objetos de naturaleza terrestre irían igualmente al centro como único lugar que les conviene.

Aristóteles conocía el hecho de que los cuerpos al caer se movían más rápidamente, lo cual implicaba un aumento en su velocidad. Este explica este hecho de manera muy simple, planteando que conforme los cuerpos iban llegando más cerca al centro del universo, mayor era su impaciencia por llegar a tal lugar.

Pasando las ideas de Aristóteles a un lenguaje más moderno, éste creía que tanto el peso del objeto como su distancia al centro del universo influían en el movimiento acelerado que presentaba. Así si se soltaban dos cuerpos a igual distancia, el cuerpo más pesado obtendría más aceleración en su recorrido, lo que implicaba que llegara más rápido al suelo. Si dos cuerpos tenían el mismo peso y se soltaban a la misma altura, la aceleración sería igual y ambos llegarían en un mismo tiempo al suelo. Si tenían el mismo peso, pero soltados a diferente altura, llegaría primero el que se encontrara más cerca del suelo (más cerca al centro del universo).

Respecto al movimiento terrestre forzado lo define como otro tipo que no es causado únicamente por la tendencia natural de los cuerpos a ir hacia el centro del universo (caída libre) sino que "necesariamente interviene la interacción o contacto con otro u otros cuerpos (por ejemplo el movimiento parabólico, vertical hacia arriba, etc)⁸". Para explicar esto postula: "cualquier cosa que es movida debe ser movida por otra cosa". Afirmación que se interpreta en que las cosas sólo se mueven cuando se les empuja. Por tanto un cuerpo 1 al entrar en contacto con otro

⁸ Todos estos aspectos del movimiento forzado son tratados en el último capítulo del libro séptimo de su obra "Física".

cuerpo, genera una fuerza sobre el último que lo hace mover, si la fuerza es constante no se produce aceleración sino que se genera un movimiento uniforme (velocidad constante) sobre el objeto. Como vemos Aristóteles creía en la proporcionalidad entre fuerza aplicada por el cuerpo 1 y velocidad del cuerpo 2. Según su postulado después de que el cuerpo 1 dejara de actuar sobre el cuerpo 2, éste automáticamente se detendría. Vemos que esto no sucede en la realidad: por ejemplo al lanzar una flecha; después de que ha recibido el impulso inicial ésta continúa su movimiento, sin necesidad de seguir siendo empujada, hasta que después de un tiempo cae al suelo y se detiene. Para explicar esto Aristóteles se vale del medio que en este caso es **el aire como agente impulsor**. Según la física aristotélica, la flecha, en el momento mismo en que deja de tener contacto con su motor (la cuerda del arco), en ausencia de un medio debería caer al suelo (*ver FIGURA 1*). No sucede esto debido a que cuando la flecha empieza a moverse mientras aun es empujada por el arco, crea una alteración en el aire, una especie de vórtice, que la sigue empujando durante todo su curso. Al moverse la flecha empuja y comprime el aire en la parte delantera, por tanto este a su vez empuja las porciones de aire cercanas hasta que ese empuje llegaba a la parte de atrás de la flecha, a fin de rellenar el vacío de la parte trasera que según Aristóteles por ningún motivo podía producirse nunca. Pero ésta fuerza impulsora iba disminuyendo paradójicamente por la misma resistencia del aire. Aristóteles empleó la idea del aire como medio impulsor y como medio resistivo simultáneamente para explicar la disminución de movimiento.



Figura 1. En ausencia del aire o de cualquier medio la flecha caería al suelo debido a que éste actúa como agente impulsor, esto según los planteamientos de Aristóteles.

En el universo de Aristóteles no existía el vacío ya que él mismo consideraba este como algo absurdo y se valía de su misma teoría del movimiento forzado para sustentarlo. Como ya sabemos cuando un agente ejercía una fuerza sobre un cuerpo en un medio que permaneciera constante (como por ejemplo el aire) hacia que el cuerpo adquiriera una velocidad, si se aumentaba la fuerza, aumentaba la velocidad. Ahora ¿Qué sucedería con la velocidad del cuerpo si se le aplicaba ésta misma fuerza pero en otro medio como por ejemplo agua?. Según Aristóteles la velocidad adquirida dependía en forma inversa de la densidad del medio y por tanto en un medio como el agua que es más denso la velocidad adquirida por el objeto era menor. ¿Y si la resistencia del medio se reducía a cero o mejor aún no había medio?. Si esto sucedía, ocurriría que la velocidad se tornaría infinita, es decir, si la fuerza aplicada al cuerpo tenía lugar en vacío, el cuerpo se movería de un lugar a otro instantáneamente. Lo absurdo de esto fue una de las razones por la que los aristotélicos consideraban imposible el vacío absoluto, y llegaban a decir que ni siquiera el propio Dios podría producirlo.

Todos los postulados anteriores y sin necesidad de corroborarlos mediante la experimentación fueron suficientes para que Aristóteles consolidara su “física” en toda la Grecia antigua recibiendo esta el apoyo mayoritario de casi todos los eruditos de la época. Fue preservada por mucho tiempo⁹ hasta que llegó a manos de la Iglesia Católica como ya se comentó.

Únicamente hasta el siglo XVI Galileo por el razonamiento experimental que utilizó en física, tuvo la oportunidad de no solo ser considerado el fundador del método científico, sino que además puso en entredicho por completo las ideas de la física aristotélica, que sorprendentemente resultaron totalmente falsas.

Consideraciones finales

Como vemos las teorías del movimiento de Aristóteles se acercan más al sentido común que a la misma noción cuantitativa y experimental que la ciencia actual maneja. Se preocupa más por el porqué del movimiento que por el cómo es el movimiento. Debido a que logró integrar éstas ideas en un sistema lógico muy coherente y que se acomodó bastante bien a las creencias católicas, logró imponer su visión por muchísimo tiempo (más de dos milenios). También en Aristóteles podemos observar con gran claridad la gran diferencia entre el método utilizado para desarrollar la "filosofía de la naturaleza", antigua predecesora de la ciencia y ésta misma. Por ésta razón a Aristóteles no se le debe considerar como científico sino como filósofo, ya que aunque estudió varios problemas concernientes a la ciencia, utilizó métodos filosóficos para explicarlos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARISTÓTELES. Física / Aristóteles: traducción Marcelo D. Boeri; traducción, introducción y comentario por Alejandro G. Vigo. v. 2. Buenos Aires: Editorial Biblos, 1993-1995.

BUTTERFIELD Herbert. Los orígenes de la ciencia moderna. Editorial: Madrid: Taurus Ediciones, 1958. 278 p.

FARRINGTON, Benjamín. Ciencia y filosofía en la antigüedad. Edición 5a. Editorial Barcelona. Editorial Ariel. 1979.

GAMOW, George. Biografía de la física. Editorial Barcelona, Salvat Editores, 1987.

KOESTLER, Arthur. Los sonámbulos (I). El origen y desarrollo de la cosmología. Editorial Salvat Editores, 1986.

MONTENEGRO GONZÁLEZ, Augusto. Historia del antiguo continente. 2 ed. Bogotá: Norma, 1987. 262 p. (Nuestro Mundo y sus Hechos).

⁹ En esto fueron trascendentales los árabes, que fueron los encargados de rescatar y preservar las obras de Aristóteles, ya que en occidente desaparecieron totalmente.

MORRIS RICHARD. Las flechas del tiempo: una visión científica del tiempo. Editorial: Barcelona : Salvat, 1987. 211 p.

SAMBURSKY S. El mundo físico a finales de la antigüedad. Editorial: Madrid: Alianza Editorial, 1990.

TATON René. Historia general de las ciencias. Editorial Barcelona, Ediciones Destino, v.1 La ciencia antigua y medieval (de los orígenes a 1450). 1972.

TRUESDELL C. Ensayos de historia de la mecánica. Editorial Tecnos (Madrid). 1975

WESTFALL Richard. La construcción de la ciencia moderna. Editorial Labor (Barcelona). 1980.