

EN LA MENTE DE DOS GRANDES PENSADORES:

REFLEXIÓN FRENTE A NUEVAS EXPLICACIONES PLANTEADAS POR GALILEO
GALILEI EN RESPUESTA AL PLANTEAMIENTO ARISTOTÉLICO SOBRE LA
CAÍDA DE LOS CUERPOS

NÉSTOR DAVID VARGAS ROJAS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN FÍSICA

BOGOTÁ

2017

EN LA MENTE DE DOS GRANDES PENSADORES:

REFLEXIÓN FRENTE A NUEVAS EXPLICACIONES PLANTEADAS POR GALILEO
GALILEI EN RESPUESTA AL PLANTEAMIENTO ARISTOTÉLICO SOBRE LA
CAÍDA DE LOS CUERPOS

NÉSTOR DAVID VARGAS ROJAS

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO
EN FÍSICA

ASESORES: JOSÉ FRANCISCO MALAGÓN SÁNCHEZ
SANDRA SANDOVAL OSORIO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN FÍSICA
BOGOTÁ
2017


Para todos los efectos, declaramos que el presente trabajo es original y de nuestra total autoría; en aquellos casos en los cuales hemos requerido del trabajo de otros autores o investigadores, hemos dado los respectivos créditos.

Agradecimientos

Agradezco principalmente a Dios por permitirme el don de la vida y por poner en mi camino personas que ayudaron de forma significativa para que este sueño se hiciera realidad, en especial a mis padres Maria Ruth Rojas y Pablo Vargas, que siempre me apoyaron y motivaron sin importar las adversidades.


Agradezco especialmente a los profesores José Francisco Malagón Sánchez y Sandra Sandoval Osorio por brindarme su confianza aceptando asesorar el presente trabajo, agradezco su apoyo, su guía y conocimientos

Finalmente agradezco a Maria Mónica Uribe García por estar desde el inicio hasta el final apoyándome y ayudándome a culminar este proceso

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 29-11-2017	Página 1 de 7	


1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	REFLEXIÓN FRENTE A NUEVAS EXPLICACIONES PLANTEADAS POR GALILEO GALILEI EN RESPUESTA AL PLANTEAMIENTO ARISTOTÉLICO SOBRE LA CAÍDA DE LOS CUERPOS
Autor(es)	Vargas Rojas Néstor David
Director	José Francisco Malagón Sánchez y Sandra Sandoval Osorio
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional.2017. 65p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	MATERIA, CUERPO, LUGAR, VACÍO, INFINITO, VELOCIDAD, MEDIO Y MOVIMIENTO

2. Descripción
<p>El presente trabajo se enmarca en un análisis histórico en procura de una propuesta de aula que vincule los análisis realizados por el ilustre Aristóteles en relación a la caída de los cuerpos y su causalidad sustancial, con la nueva forma que plantea Galileo para pensar la actividad científica, relacionada no solo con la experiencia sino con el intelecto; mediante reflexiones experimentales lógicas (experimentos mentales) que cobran importancia en el análisis y entendimiento de la naturaleza, articulado a la enseñanza de las ciencias.</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela Superior de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 29-11-2017	Página 1 de 7	

3. Fuentes

- Aristóteles. *Aristóteles Física. Traducción y notas. R de Echandia, Guillermo* (1995). Biblioteca Clásica Gredos: Gredos.
- Bachelard, G. (2007). *La formación del espíritu científico (Vigésimosexta ed.)*. Buenos Aires: Siglo xix.
- Butterfield, H. (1958). *Los orígenes de la ciencia moderna, Versión castellana de Luis Castro*. Madrid: Taurus.
- Calvino, I. (1992). *Porque leer los clásicos (Traducción)*. Mexico: Tusquets.
- Candela, A. (1991). *Argumentación y conocimiento científico escolar*. Mexico.
- Galiei, Galileo. Traducción Sadaba, J y Solís, C. (1981). *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. Madrid: Nacional.
- Giardina, G. R. (2012). *Física del Movimiento e Teoria Dell'infinito: Analisi Critica di Aristotele*. Phys. III.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2003). *Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias*. España: Departamento de didáctica das ciencias, Esperimentais Universidade de Santiago de Compostela .
- Katz, M. (2011). *Epistemología e hhistoria de la Química*. Recuperado el 20 de enero de 2017, de Epistemología e hhistoria de la Química: <http://www.rlabato.com/isp/qui/epistemo-001.pdf>
- Koyré, A. (1980). *Estudios Galileanos*. España: Siglo XIX.
- Koyré, A. (2000). *Estudios de historia del pensamiento científico*. Mexico: Siglo XIX.
- Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas (Traducción)*. Mexico: Fonndo de cultura economica.
- Malagon, J. F. (2013). *Construcción de fenomenologias y procesos de formalización*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Orozco, J. c. (1999). *Síntesis de racionalidad galileana*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional .
- Panza, M. (2002). *Mathematisation of the Science of Motion and the Birth of Analytical Mechanics : A Historiographical Note*. Paris : CNRS, REHSEIS, UMR 7597 .
- Portolés, J. J. (2010). *La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de ciencias Vol 13*. Madrid España: Educación XIX.
- Sambursky, S. (1990). *El mundo físico a finales de la Antigüedad, Versión española de: Carlos Solís*. Alianza.


 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>SEDE CENTRAL DE BOGOTÁ</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 29-11-2017	Página 1 de 7	

4. Contenidos

El presente trabajo está dividido en cuatro capítulos el primero Descripción contexto problema, en este primer capítulo se expone el contexto originario de las preguntas que configuran el problema de investigación. Aquí se incluye una reflexión acerca de enseñanza de las ciencias particularmente de la física, asociada a la idea de ciencia que se privilegia en los diferentes escenarios educativos la caída de los cuerpos.

¿De manera que así se ha consolidado la ciencia? El conocimiento científico y sus formas de validación, capítulo segundo, expone algunos momentos relevantes en la historia en relación a la validación de lo que conocemos actualmente como ciencia y la importancia de la epistemología. Se precisa como es ese proceso en el cual se postulan, defienden y establecen nuevos paradigmas científicos mediante el análisis del texto de Thomas S. Kuhn en La estructura de las revoluciones científicas.


El capítulo tercero, EL enorme reinado aristotélico establecido por la racionalidad y la lógica, esta es una mirada al origen de la física en relación a las problemáticas de la antigua Grecia en su afán por dar explicación al universo, el surgimiento de la racionalidad que deja atrás la época mágica y los nuevos planteamientos por Aristóteles. Abarca un análisis reflexivo de la física aristotélica referida a la concepción de physis, principios, causas, composición, lugar, tiempo y movimiento. Cuarto capítulo, Nuevas explicaciones para un nuevo mundo matemático y experimental por Galileo Galilei. En este capítulo retomaremos problemáticas de la antigüedad en relación al movimiento, en particular de la caída de los cuerpos. Retomando nuevas perspectivas planteadas por Galileo sobre conceptos como, el movimiento local, el vacío, el infinito, lo medios y las proporciones en la intensidad de velocidad de un movimiento para un cuerpo que cae libremente enlazado con una secuencia de aula que permite el análisis detallado de un evento de caída libre y relacionarse con temáticas que en apariencia son aisladas.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela Superior de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 29-11-2017	Página 1 de 7	

5. Metodología

La metodología propuesta para el presente trabajo tendrá dos momentos importantes; el primero de ellos será el dialogo con los autores (Thomas S Kuhn, Aristóteles y Galileo Galilei) mediante el análisis de los textos “La estructura de las revoluciones científicas”, “La física de Aristóteles” y “Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias”. En este primer momento se establece el carácter paradigmático (Kuhn, 1987) de Aristóteles y Galileo además todas las posibles consideraciones que hacen los autores para formular explicaciones en relación a un evento de caída.

El segundo momento posibilita una articulación entre el dialogo establecido con los autores y una propuesta pedagógica (secuencia de aula) que establezca situaciones problema en las cuales el estudiante analice y proponga soluciones con base en su propia experiencia, reconociendo el proceso de construcción conceptual ajeno a los libros de texto; inclusive abre la posibilidad de vincular temáticas propuestas por las mallas curriculares de una forma menos lineal de tal manera que el estudiante analice críticamente explicaciones propuestas por libros de texto a partir de las consideraciones hechas para postular dichas afirmaciones.


 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>— Educación de Calidad —</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 29-11-2017	Página 1 de 7	

6. Conclusiones

Después de haber realizado el presente análisis puedo confrontar una idea que se propone de manera premeditada y además imprecisa cuando se habla de Aristóteles y su filosofía natural ya que es común escuchar comentarios y ver escritos que proponen su trabajo como algo de lo común (entendiendo lo común como algo que cualquier persona puede proponer aun los niños) alejado de la elaboración teórica. Realizando el análisis evidencio que el trabajo propuesto por la filosofía natural de Aristóteles es bastante compleja, elaborada bajo todas las precisiones que la “lógica” demanda, rigurosa y detallada de tal forma que se llega a establecer como una forma explicativa de la constitución y comportamiento del universo valida durante más de 2000 años; siendo vigente como discusión dentro de las comunidades científicas.

Por otra parte el análisis histórico que se realiza muestra dos formas muy diferentes de explicar el mundo a partir de lo que se puede percibir de acuerdo a dos dinámicas diferentes de observación. Por una parte Aristóteles con un universo que posee dos configuraciones diferentes (celeste - terrestre) propias de dos reglas de comportamiento diferentes, cada uno de estos mundo se rige bajo los parámetros de inmutabilidad y degeneración. Por otra parte Galileo asumiendo el universo bajo una sola forma explicativa que deja de lado el sustancialismo, realizando procesos de observación que incluyen no solo la percepción sensorial sino que además incluye el intelecto como herramienta, en donde para el caso de los cuerpos que caen el medio es un agente fundamental que se deja de lado por partir de modelos idealizados y no de eventos cotidianos.

Finalmente el presente análisis abre un posible camino de investigación en el cual se pueda tener en cuenta la historicidad de las ciencias y su proceso de construcción; además de las diferentes formas explicativas que se podrían encontrar en el aula de clase bajo parámetros de debate y argumentación en miras de la construcción de conocimiento.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 29-11-2017	Página 1 de 7	

Elaborado por:	Néstor David Vargas Rojas
Revisado por:	German Bautista y Rosa Inés Pedreros

Fecha de elaboración del Resumen:	20	11	2017
--	----	----	------

CONTENIDO

CONTENIDO	3
Capítulo 1 Descripción contexto problemático	14
OBJETIVOS	18
Objetivo general	18
Objetivos específicos	18
Capítulo 2 ¿De manera que así se ha consolidado la ciencia? “El conocimiento científico y sus formas de validación”	19
Capítulo 3 El enorme reinado aristotélico establecido por la racionalidad y la lógica	23
Cosmovisión aristotélica	25
Los principios	26
Las causas	27
¿El movimiento para Aristóteles se admite como en la actualidad?	30
Interpretación del lugar	32
Idea del tiempo	33
Percepción de la velocidad	34
El caso del proyectil.....	35
El vacío y consecuencias en el movimiento	36
Capítulo 4 Nuevas explicaciones para un nuevo mundo matemático y experimental por Galileo Galilei.	40
Un breve recuento (De Aristóteles a Galileo)	41
La ciencia y el carácter de Galileo	45
Materia y vacío	46
Movimiento y vacío	51
Respuesta a los postulados aristotélicos	52
Resistencia del aire	57
Resistencia del agua.....	58
El peso del aire	59
Síntesis Conceptual	60
Un aporte a la enseñanza vinculando el análisis aristotélico y galileano de la caída de los cuerpos.	62
Conclusiones	63

Bibliografía	64
Anexo #1	66
Anexo #2	67
Anexo #3	69
Anexo #4	71
Anexo # 5	73
Anexo # 6	75

Introducción

El presente trabajo se interesa por realizar un análisis histórico en relación a la caída de los cuerpos vinculando dos autores paradigmáticos (Aristóteles - Galileo) que responden a necesidades puntuales de cada época. Inicialmente se propone una contextualización del problema; aquí es importante abordar algunas inconsistencias que se presenta en el aula al momento de enseñar el tema de caída libre asumiendo los libros de texto como una herramienta confiable al alcance de los maestros. En la misma línea se vincula el desarrollo de la ciencia, su estructura y consolidación a lo largo de la historia de la humanidad y el papel que cumplen las comunidades científicas en a los diferentes desarrollos que llegan a nuestras vidas relacionando las teorías particulares que sustentan dichos desarrollos.

Este análisis vincula elementos conceptuales arrojados a partir del análisis de la física aristotélica, o filosofía natural del movimiento, aquí es importante destacar todo los posibles formalismos y limites que se establecen a partir de la lógica aristotélica e respuesta a múltiples explicaciones sobre el origen y composición del universo; la lógica aristotélica permite a partir de deducciones lógicas realizar un proceso contra argumentativo de diferentes teorías y postula la propia (sustancialismo) como una forma valida de analizar todos los cambios que se producen a partir de tres principios y cuatro causas.

Por otra parte, la visión galileana del movimiento se preocupa por la descripción del fenómeno como tal y no de las causas que lo producen; por lo que se deben relacionar elementos diferentes de análisis y construcción del conocimiento. Para Galileo las abstracciones matemáticas dejando de lado cualidades como el color el olor y el sabor, permiten describir el comportamiento de los cuerpos que caen en cualquier momento de su recorrido si necesitar una teoría diferente para cada uno de los momentos. Además Galileo vincula elementos deductivos lógicos que le permiten inferir una serie de generalizaciones a partir de experimentos mentales que vinculan la realidad y la experiencia como soporte pero van más allá de ellas.

Finalmente a partir de los anteriores elementos es posible proponer una secuencia de aula que se enfoca en las construcciones conceptuales (en relación a la caída de los cuerpos)

propias de los estudiantes mediante el reconocimiento de la historia de las ciencias como elemento base en dicha construcción además incluye los elementos experienciales del estudiante como herramienta de construcción de explicaciones y argumentos.

Capítulo 1 Descripción contexto problemático

En el rol que se asume frente a una licenciatura y en el caso particular de la enseñanza de la física, es pertinente hacer un alto en el camino para dar una mirada al tratamiento que se asume en la escuela (en el caso más formal y general los maestros de física; pero sin desconocer el desborde de información que se asume con el manejo cotidiano de las TICS y los libros de texto frente a la presentación sintética de conceptos) donde el manejo de conceptos abordados en el aula y cada uno de los requerimientos planteados por las mallas curriculares en las diferentes instituciones educativas aún de nivel superior; deben ser de nuestro particular interés.

En relación a algunos textos¹, el manejo conceptual que se hace de la caída de los cuerpos, se reduce a los resultados finales y haciendo énfasis en la genialidad de un solo científico, visto como un descubrimiento, ausentes de la memoria que trae consigo el proceso de construcción del concepto mismo. El cual ya sea por la omisión de un discurso o el planteamiento netamente matemático alejado de experiencias de los sujetos y la ausencia de la epistemología² en los libros de texto de física y de algunas aulas de clase; genera la necesidad de plantear algún tipo de alternativa frente a las anteriores circunstancias, que no desvirtúe la labor realizada por los maestros en la actualidad, pero que si permita un abordaje alternativo de eventos físicos (en este caso particular la caída de los cuerpos) y los procesos de formalización de los mismos por parte de los estudiantes.

Debemos recordar que la formalización de un concepto en física, no se puede reducir a la forma matemática que lo sintetiza, por lo cual, la historia, la epistemología y la experimentación, por ejemplo, son elementos complementarios que permiten la formalización de dichos conceptos; ya que el abordaje y formalización de conceptos por lo general se enmarcan en definiciones, enunciados y algoritmos, generando dificultades en los

¹ F.W. Sears, M.W. Zemansky, H.D. Young y R.A. Freedman: "Física Universitaria", 12ª Edición. Vol. 1, Addison-Wesley-Longman/Pearson Education. P.A. Tipler: "Física para la Ciencia y la Tecnología". 5ª Edición. Vol. 1, Ed. Reverté; M. Alonso, E.J. Finn: "Física", Vol. 1, Fondo Educativo Interamericano.

² Epistemología: Disciplina que se ocupa de estudiar los métodos que se emplean para alcanzar el conocimiento científico y las formas de validar dicho conocimiento): Dr. Miguel Katz Epistemología e Historia de la Química – Curso 2011

estudiantes cuando desean organizar sus experiencias, ya que las relaciones entre las variables que se manipulan en forma de algoritmos no son fáciles de relacionar con su experiencia y los aleja de una posible construcción fenomenológica (Malagon, 2013)

Lo anterior presupone asumir una postura que rescate el proceso de construcción frente a una revolución teórica y experimental que constituya nuevos métodos y nuevos conocimientos (Bachelard, G. 2007) en relación a la caída de los cuerpos; que reconozca las dinámicas sociales de las diferentes épocas en relación a modelos o teorías plasmados en los libros de texto o desarrollos magistrales de clases de física; donde esta construcción del conocimiento científico posee toda una producción filosófica a la base, que va de la mano con el proceso mismo de evolución social y cultural de la humanidad puesto que todo esto hace parte continua de cualquier construcción teórica y en la práctica se convierte en algo extraño o poco frecuente en relación a lo que vive o presencia un estudiante de física frente a la construcción o postulación de nuevas teorías.

En consecuencia, surge la necesidad de vincular una herramienta (análisis histórico) que permita evidenciar el proceso mismo de construcción del conocimiento mediante la formalización de un “evento de caída” en procura de la construcción fenomenológica del mismo.

Indudablemente si se plantea un análisis histórico crítico como una herramienta a la mano del maestro, debe generar en él un proceso que enriquezca su discurso, así como su argumentación frente a los estudiantes. El proyecto dirige la herramienta hacia el mejoramiento en los procesos de argumentación que se genera en el aula, en cursos introductorios de física por parte de los estudiantes.

Ante la innegable importancia que representan los libros de texto en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias como un material relevante en el desarrollo de las diferentes disciplinas, contribuyendo a la formación de científicos hábiles en la solución de problemas y perpetuador de la ciencia misma, donde el libro de texto se convierte, en algunas ocasiones, en la primera forma de contacto formal con las ciencias físicas (Kuhn, 1987); vinculando esta importancia directamente a los contenidos, que de acuerdo al presente trabajo carecen

de un contenido histórico y epistemológico por su enfoque sintético en la presentación de los conceptos.

Además teniendo en cuenta estudios como el de la OCDE³ que reconocen la importancia de comprender los procesos asociando esta importancia a la generación de conocimiento y propuesta de explicaciones sobre el mundo natural (OECD, 2006, 21); e investigaciones llevadas a cabo por Driver, Leach, Millar y Scott (1996), y por Mc Comas, Almazroa y Clough (1998), donde las explicaciones sobre la naturaleza de la ciencia mejoran el aprendizaje de los contenidos científicos. En la misma línea Solbes y Traver (2001) concluyen que la introducción de la historia de la ciencia en el aula mejora la imagen de la ciencia y genera actitudes positivas hacia ella. Citado por (Joan J. S. –Portolés, 2010)

En consecuencia, el posible desconocimiento frente al desarrollo de los planteamientos aristotélicos o lo que se propone como las modificaciones en el pensamiento experimental formulado por la propuesta científica de la revolución teórica planteada por Galileo (Orozco, 1999) abre la posibilidad de realizar un proceso de investigación que permita generar un discurso útil frente al desarrollo de una clase magistral, que no deje de lado el manejo conceptual y algorítmico convencional, pero que además involucre los procesos sociales a los cuales no es ajena la revolución teórica y experimental que asocia nuevos conocimientos.

Así, si en primera medida el maestro reconoce el proceso en la construcción y validación del conocimiento (Científico) mediante el dialogo con los dos autores relacionados, permitiendo la reflexión frente al desarrollo de los contenidos planteados por las mallas curriculares (para este caso **la caída de los cuerpos**), podrá emplear el anterior análisis como una herramienta que le permita guiar al estudiante en un proceso similar de reflexión frente a las construcciones conceptuales y de esta forma será posible un proceso en el cual el estudiante desligue de su mente el ideal de una ciencia absolutista y sintética como la planteada formalmente por los libros de texto más comunes en el contexto universitario; en los cuales, no hay posibilidad de indagar acerca de dichas concepciones preestablecidas y mucho menos aportar algo debido a su aparente circulo de perfección impenetrable.

³ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

En consecuencia, el estudiante podrá asumir o percibir la ciencia como un proceso que vincula lo social y cultural que permea cada época, expuesta siempre al juicio y validación, donde nada está terminado (Thomas. S. Kuhn, 1971) abriendo un sinnúmero de posibilidades a los aportes de seres sociales, comunes, y humanos (como el estudiante y el maestro) planteando un proceso de construcción de conocimiento (Maestro-Alumno) en interacción permanente.

Dicho proceso de construcción de razonamiento del mundo y nuestros actos, estará siempre inmerso en el vínculo de los entornos sociales; puesto que somos seres sociales por naturaleza, necesitamos del otro, no podemos ser completamente aislados ya que todo el proceso de transformación sería inútil, carente de evidencias plausibles si no es compartida con seres que asocien una misma simbología y lenguaje capaces de percibir el cambio

De esta forma es pertinente asumir el aprendizaje significativo como un proceso que depende no solo del desarrollo cognitivo de los sujetos y sus ideas previas en torno a los contenidos, sino también del contexto social interactivo en el que se produce (Candela, A. 1991). Donde el conocimiento no será un proceso en el cual se asumen saberes preestablecidos, o un proceso de recepción de los mismos; sino que será consecuencia de un proceso de discusión, mediante la expresión y defensa de opiniones o puntos de vista legítimos de la construcción individual del estudiante posibilitando espacios de debate.⁴

Aquí el reto es asumir un nuevo rol como maestro que permita retomar estos nuevos aportes del estudiante como nueva herramienta. Lo anterior no desvirtúa la labor del maestro en su entorno propio, tampoco lo desplaza su lugar jerárquico y pertinente como líder; pero si demanda de un manejo diferente en consecuencia a los nuevos hallazgos que se presupone aparecerán en un proceso de construcción conceptual que involucra a cada miembro de la clase.

Es así que la metodología propuesta para el presente trabajo tendrá dos momentos importantes; el primero de ellos será el dialogo con los autores (Thomas S Kuhn, Aristóteles y Galileo Galilei) mediante el análisis de los textos “La estructura de las revoluciones

⁴ “Por lo tanto, estudiando la interacción Profesor – alumno en el aula se pueden analizar las situaciones que abren o cierran diferentes posibilidades de aprendizaje para los alumnos (Barnes, 1971)”

científicas”, “La física de Aristóteles” y “Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias”. En este primer momento se establece el carácter paradigmático (Kuhn, 1971) de Aristóteles y Galileo además todas las posibles consideraciones que hacen los autores para formular explicaciones en relación a un evento de caída.

El segundo momento posibilita una articulación entre el dialogo establecido con los autores y una propuesta pedagógica (secuencia de aula) que establezca situaciones problema en las cuales el estudiante analice y proponga soluciones con base en su propia experiencia, reconociendo el proceso de construcción conceptual ajeno a los libros de texto; inclusive abre la posibilidad de vincular temáticas propuestas por las mallas curriculares de una forma menos lineal de tal manera que el estudiante analice críticamente explicaciones propuestas por libros de texto a partir de las consideraciones hechas para postular dichas afirmaciones.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Realizar un análisis histórico frente a los planteamientos referidos por Aristóteles y Galileo Galilei alusivos a la caída de los cuerpos, que posibilite un dialogo con cada autor y derivar implicaciones para la enseñanza de la física.

Objetivos específicos

- Reconocer diferentes formas de construcción y validación del conocimiento científico.
- Definir los elementos conceptuales y fenomenológicos de la caída de los cuerpos planteados en el pensamiento aristotélico; basados en el análisis de la Física de Aristóteles.
- Caracterizar los elementos de ruptura planteados por Galileo a la física del movimiento aristotélico para el caso de la caída de los cuerpos; mediante un análisis documental
- Caracterizar elementos que aporten al desarrollo de una clase magistral de física en relación a la caída de los cuerpos producto del dialogo con Aristóteles y Galileo Galilei

Capítulo 2 ¿De manera que así se ha consolidado la ciencia? “El conocimiento científico y sus formas de validación”

Es común escuchar en los medios de comunicación comentarios referentes a avances científicos o descubrimientos científicos; gracias a esto es posible que surjan interrogantes en relación a la constitución de las comunidades científicas y la labor de los hombres y mujeres gracias a los cuales son posibles dichos descubrimientos, que bajo unas determinadas condiciones obtienen unos resultados que además de ser aceptados y reconocidos por el resto de científicos del mundo, se convierten en el punto de partida de aplicaciones importantes para la humanidad.

A continuación se describen las principales características del trabajo propio de las ciencias experimentales, de las que la física forma parte; con base en el trabajo realizado por el físico, filósofo e historiador de las ciencias Thomas S Kuhn en su obra “La estructura de las revoluciones científicas” donde más que una acumulación de anécdotas cronológicas, muestra la imagen que tenemos actualmente de la ciencia; partiendo del estudio de logros científicos, los cuales encontramos en las lecturas de textos o escritos clásicos o en los libros de texto.

Para hablar de la dinámica de las ciencias, debemos relacionar las metodologías, la epistemología, la comunicación y sin lugar a duda la filosofía de las ciencias de algunos campos de conocimiento; esto permite que se vea un camino o ruta trazada por los desarrollos tecnológicos y nos permite responder a los interrogantes planteados originalmente.

Por medio de los conceptos de ciencia normal y paradigma Thomas Kuhn relaciona el proceso de la ciencia y las revoluciones de la ciencia; una de las características que destaca es “Cualquier paradigma es incompleto y susceptible al cambio” donde estos paradigmas son algo similar a modelos, patrones, normas o reglas que son compartidos por los hombres de ciencia en un momento histórico dado⁵.

⁵ “Ciencia normal significa investigación basada firmemente en una o más realizaciones científicas pasadas, realizaciones que alguna comunidad científica particular conoce durante cierto tiempo como fundamento para su práctica posterior. En la actualidad esas realizaciones son resaltadas, aunque raramente en su forma original por los libros de texto científicos tanto elementales como avanzados; al elegir el término paradigma deseo sugerir ejemplos aceptados de la práctica científica real ejemplos que incluyen al mismo tiempo ley, teoría, aplicación e instrumentación. Estos proporcionan modelos de los que surgen tradiciones particularmente

Una investigación realizada bajo la mirada de la ciencia normal está inscrita dentro de los enigmas como categorías especiales de problemas que guardan una agrado especial para los interesados en la ciencia, estos enigmas son como grandes problemas que tienen más de una solución asegurada y deben guardar ciertas normas del juego y compromisos que son llamados por Kuhn una red conceptual teórica instrumental y metodológica, también está dentro de cierto tipo de instrumentos y conceptos (Lógicos y matemáticos).

Dado que el camino por la ciencia normal es según el mismo Kuhn “Una construcción acumulativa” los descubrimientos o las invenciones científicas son posibles, en épocas de crisis; es al interior de los paradigmas y de los enigmas donde se perciben las anomalías, o las crisis periódicas de la ciencia. Pero para aclarar un poco el problema de las crisis en las ciencias retomo el texto citado por Kuhn:

“Al enfrentarse a anomalías o a crisis, los científicos adoptan una actitud diferente hacia los paradigmas existentes y en consecuencia, la naturaleza de su investigación cambia. La proliferación de articulaciones en competencia, la disposición para ensayarlo todo, la expresión del descontento explícito, el recurso a la filosofía y el debate sobre los fundamentos, son síntomas de una transición de la investigación normal a la no-ordinaria. La noción de la ciencia normal depende más de su existencia que de la de las revoluciones. Guiados por un nuevo paradigma, los científicos adoptan nuevos instrumentos y buscan en lugares nuevos” (Thomas S. Kuhn, 1971, P.148)

Si bien es cierto que la investigación normal puede considerarse como acumulativa dentro de la dinámica generada por unos paradigmas determinados; se encuentra el desajuste cuando se encuentran casos anómalos, que no son explicables ni explicados satisfactoriamente con los paradigmas actuales; en este momento se está frente a una “revolución científica” y esta se resuelve cuando la comunidad científica acepta nuevos paradigmas, los cuales dan lugar a una nueva ciencia normal, que según Kuhn es incompatible con la anterior.

El carácter político de Thomas S. Kuhn plantea una revolución científica mediante la analogía entre lo que ocurre en la ciencia en época de crisis profunda y el desarrollo político. A partir de ese paralelo es posible afirmar que, así como las revoluciones políticas hacen evolucionar las instituciones, así las revoluciones científicas hacen cambiar los paradigmas.

coherentes de investigación científica” Thomas S. Kuhn (1971)

Muchísimas evidencias históricas se pueden presentar o nombrar para reforzar esta afirmación, entre ellas el enfrentamiento de la astronomía de Tolomeo y la de Copérnico, la crisis de la física Newtoniana, o el famoso descubrimiento del oxígeno por parte de Lavoisier que cambio el paradigma del flogisto el cual domino la química por largo tiempo. En todos estos ejemplos se posibilita encontrar cambios implícitos en la mirada de los científicos, así son los paradigmas los que determinan las nuevas concepciones de los científicos y no las meras interpretaciones sociológicas o psicológicas (Thomas, S, Kuhn 1971).

Por otra parte, el proceso de la ciencia está relacionado con la estructura comunitaria, es decir con aquello que en las universidades se conoce como (Las comunidades científicas) así que, “El conocimiento científico, como el idioma” es intrínsecamente la propiedad común de un grupo o no es nada en absoluto” (Kuhn, T.S., 1971). Para comprender esto necesitamos conocer las características especiales de los grupos que lo crean y que se valen de él, una vez más para entender el comportamiento de las comunidades científicas, el paradigma es el hilo conductor que explica el comportamiento de las comunidades científicas; donde la ciencia normal más que una mera interpretación que hace un individuo de una masa de datos, es la forma como una comunidad científica articula las teorías, acopla los hechos con la teoría y determina los hechos significativos en un campo determinado, por otra parte es la única forma como los científicos pueden reconocer las anomalías y crisis, que como Lavoisier cambiaron los paradigmas en su momento.

“Galileo interpretó las observaciones del péndulo y Aristóteles las de las piedras en caída, Musschenbroek las observaciones de una botella llena de carga eléctrica y Franklin las de un condensador” (Thomas. S. 1971, P.192). Pero cada una de esas interpretaciones presuponia un paradigma. Hasta aquí hemos observado repetidamente uno de los modos en que esas operaciones de laboratorio cambian al mismo tiempo que los paradigmas

“Después de una revolución científica, muchas mediciones y manipulaciones antiguas pierden su importancia y son reemplazadas por otras” ⁶(No se aplican las mismas pruebas al

⁶ La epistemología se la considera una disciplina que se ocupa de estudiar los métodos que se emplean para alcanzar el conocimiento científico y las formas de validar dicho conocimiento. Por ser una ciencia que se ocupa del estudio de la forma de hacer ciencia se la debe considerar una “metaciencia”. Mientras que la “gnoseología” se ocupa del estudio del conocimiento en general, la Epistemología se refiere exclusivamente a los problemas del conocimiento científico.

También se debe diferenciar a la Epistemología de una disciplina, más restringida, la Metodología de la Investigación Científica. El metodólogo no pone en tela de juicio el conocimiento ya aceptado como válido por la comunidad científica, sino que se concentra en la búsqueda de estrategias para ampliar el conocimiento. Así, para el metodólogo, la importancia de la Estadística para el mejoramiento de

oxígeno que al aire deflogistizado), pero los cambios de este tipo nunca son totales, sea lo que fuere lo que pueda ver el científico después de una revolución, está mirando aún al mismo mundo físico o tangible (Bajo una nueva interpretación) (el subrayado es mío)

Ahora bien, en relación al contexto educativo, ¿el progreso de las ciencias influye en la educación? Aquí es importante afirmar que los principales emisores o fuentes de autoridad son los libros de texto, las divulgaciones sobre la ciencia y las obras filosóficas moldeadas sobre las anteriores, donde estas fuentes se caracterizan en primera medida por articular cuerpos de problemas, datos y teorías mientras van transmitiendo, el vocabulario, la sintaxis y en general el lenguaje de la ciencia contemporánea.

Además, presentan el método científico de un modo esquemático, como una relación lineal entre la observación, la hipótesis, las medidas y las leyes; según leyes de manipulación ilustradas con datos y bajo ciertas operaciones lógicas, perpetuando la ciencia normal de modo que los libros de texto se actualizan a medida que cambian los paradigmas, no siendo así evidentes las revoluciones científicas.

En la misma línea se puede afirmar que los textos son un instrumento de comunicación pedagógica y persuasiva, convirtiéndose en herramientas de la formación de los jóvenes que aspiran a aceptar o seguir el conocimiento, es decir de todos aquellos que aspiran a desarrollar una práctica profesional o científica. Es evidente que los textos de enseñanza resumen tal vez equivocadamente los procesos científicos, deformando la imagen de la ciencia sin ilustrar adecuadamente sus desarrollos; de esto se deriva que el gran público relacionado a la difusión de la ciencia puede llegar a conclusiones erróneas sobre la naturaleza de la iniciativa del trabajo científico; pues se deja de lado todo el proceso que se desarrolla a partir de la ruptura o establecimiento de un paradigma⁷.

Todo lo anterior permite dar una mirada más amplia frente a las construcciones del conocimiento científico y sus formas de validación que no presuponen y mucho menos evidencian un descubrimiento sino un proceso de construcción de conocimiento, por lo cual

la Ciencia está fuera de discusión, ya que constituye una herramienta idónea para construir nuevas hipótesis a partir de datos y muestras. En cambio, el epistemólogo podría cuestionar el valor de esos datos y muestras, así como a la misma Estadística. Dr. Miguel Katz (2011)
⁷ “Por una parte, significa toda la constelación de creencias, valores, técnicas, etc., que comparten los miembros de una comunidad dada. Por otra parte, denota una especie de elemento de tal constelación, las concretas soluciones de problemas que, empleadas como modelos o ejemplos, pueden remplazar reglas explícitas como base de la solución de los restantes problemas de la ciencia normal.” (Thomas S Kuhn, 1971)

en el siguiente capítulo se vinculan tres textos para las interpretaciones aristotélicas⁸ particulares (frente a algunos conceptos relevantes para la física en general como lo son el espacio, el tiempo, la materia y el movimiento) producto del análisis de la Física Aristóteles, (1995, Traducción y Notas Guillermo R. De Echandía)

Capítulo 3 El enorme reinado aristotélico establecido por la racionalidad y la lógica

En la humanidad podemos encontrar personajes que han dedicado su vida a formular explicaciones en relación con las preocupaciones que surgen por las dinámicas del mundo que los rodea. Es así, que en la antigüedad en medio de los problemas y preocupaciones en torno a las explicaciones del mundo, surgen cosmovisiones a causa de cuestionamientos ontológicos en relación al ser⁹; tratando de dar explicación al mundo como un todo, pensando la posibilidad de una explicación única frente a todas las dinámicas de cambio o permanencia que en la cotidianidad se evidenciaban.

En medio de estos planteamientos explicativos surge uno muy particular “La physis” propuesta por el filósofo Aristóteles, que si bien no es aceptada en la actualidad (ya que no responde al sentido moderno del término física) en su momento fue característica de los problemas y preocupaciones de la época, que trataba de dar explicación a todo cuanto existe junto con todos los cambios o posibles mutaciones que se presentan en el mundo corpóreo como objeto de estudio.

La ciencia en la antigua Grecia; fruto de la transición del pensamiento o época mágica, etapa anterior a la filosofía griega presocrática, antes del siglo VI a. C. que se caracteriza por estar enfocada mayormente en la religión, la mitología, las tradiciones, etc. donde no se da lugar

⁸ El presente trabajo realiza el análisis de la Física Aristóteles, (1995), Traducción y Notas Guillermo R. De Echandía apoyado en dos textos adicionales de autores como Alexandre Koyré (filósofo e historiador de las ciencias) mediante su texto Estudios Galileanos y S. Sambursky (filósofo e historiador) en su texto El mundo físico a finales de la antigüedad, 1990. Este último muestra un particular interés en evidenciar la falta de importancia de la cual es objeto la “Física” de los griegos después de Aristóteles.

⁹ Es posible relacionar la ontología o identificarla con la metafísica, la cual es aquella parte de la filosofía que se ocupa en determinar el ¿por qué? de las cosas. Para Aristóteles la metafísica se ocupará de los primeros principios y las primeras causas de las cosas. Esta filosofía primera, metafísica, es la que deberá explicar los fundamentos últimos de todas las cosas. Los primeros filósofos de la antigüedad griega (Tales de Mileto, Anaxímenes, Anaximandro) tienen como problema fundamental un problema metafísico. El mundo sensible es un mundo cambiante, en un eterno nacer y morir (ser y no ser). En otras palabras, el mundo a los ojos del hombre aparecen como lleno de contrariedades; ante esta visión cambiante del mundo natural, los filósofos griegos se preguntan ¿cuál es el verdadero ser de las cosas? ¿existe un principio al que en medio del cambio infinito (generación y corrupción) se le puede considerar como permanente y estable? Llegar a conocer este principio explicativo de las cosas es sólo posible por la vía del logos o de la razón y no por vía de los sentidos que sólo registran un mundo de contradicciones y de meras apariencias.

primordial a un pensamiento basado en la lógica generando un muy vasto número de explicaciones del mundo, su origen y composición; en algunos casos basándose en la superstición y no en juicios de razón; pero que sin embargo permitieron construir un primer modelo de interpretación del Cosmos y un orden.

Las anteriores interpretaciones se desarrollaban bajo dos corrientes o enfoques particulares; “Los logros en sentido técnico” y “el pensamiento científico” El primero está enfocado en invenciones y descubrimientos científicos en el campo de las matemáticas, la astronomía, las ciencias físicas y las ciencias biológicas; este tuvo su mayor reconocimiento en los siglos III a.C y II a.C y se desvaneció en el transcurso del siglo II d.C. para este periodo se asume que cualquier avance en relación a la geometría y la astronomía sería imposible, puesto que ya se ha dado todo por terminado; sin embargo las ramas de la óptica y la mecánica presentan problemáticas de estudio.

El segundo por otra parte está vinculado a la formación de teorías, fundamentaciones filosóficas que plantean una visión científica del mundo. Este tiempo de auge para los filósofos fue desarrollado desde mediados del siglo I a.C hasta mediados del siglo VI d.C; a lo largo del cual surgen una serie de hipótesis frente a “La creación y estructura del universo” las cuales se centran en discusiones sobre la naturaleza del lugar, el tiempo y la materia. Estas discusiones dan lugar al surgimiento de un pensamiento diferente que intenta atender las mismas necesidades de la época en relación al conocimiento, pero planteando una serie de parámetros que no permiten la inclusión o aceptación de todas las teorías que se pudieron postular en el afán de dar explicación a las dinámicas del universo. Es aquí donde Aristóteles puede incluir la lógica y la racionalidad para dar explicación, planteamientos y formas de argumentación que no podían ser contradictorios entre sí o con la naturaleza de los eventos perceptibles; estos planteamientos siempre se relacionaban con eventos que podían ser visibles o deducciones de su cotidianidad.

Esta lógica racional es la que permite la elaboración de las formas y principios generales que gobernarían lo establecido como conocimiento, en donde las ideas (Modelos) o sucesos (Hechos) que se manifestaban tendrían un desarrollo explicativo coherente, ausentes de cualquier tipo de contradicción entre ellas. De una forma más clara se podría ver esta lógica racional como una serie de parámetros que establece Aristóteles para dar explicación a los

diferentes eventos del universo, donde cualquier explicación que salga de estos límites propuestos por la lógica, no es posible o es inválida.

Es aquí donde cobra particular importancia la visión aristotélica del mundo mediante el uso de la razón y el establecimiento de la lógica, que conectada con la experiencia sensible y sustentada en algunas teorías de pensamientos anteriores, sería la base angular del pensamiento griego¹⁰.

Cosmovisión aristotélica

Esta cosmovisión plantea un universo compuesto de dos mundos, el mundo terrestre y el mundo celeste. Debido a la influencia teleológica de Aristóteles, el planteamiento de los dos mundos es muy diferenciado y por ende no se rige por las mismas normas; el primero es corruptible, tiende a la degeneración, a la mutación y es caracterizado por el movimiento local; en tanto que el segundo por su carácter divino, no puede cambiar, es incorruptible y perfecto, por lo cual nada le puede afectar.

En el mundo terrestre planteado por Aristóteles, es importante el estudio de los principios que rigen todo aquello que se puede establecer como real; las cosas están o son en relación a principios, causas y elementos; por lo tanto, el saber frente a cualesquier cosa que quiera conocer será el resultado del conocimiento de los tres elementos mencionados anteriormente; donde conocer alguna cosa implica identificar sus primeras causas, primeros principios y sus primeros elementos naturales; de esta forma la cosa que se desea estudiar constituye un todo compuesto de partes que me permitirá un análisis de una forma lógica, para lo cual será necesario ir de lo que puede ser conocido o comprendido hacia lo más complejo que nos ofrece la naturaleza. Así un nombre o una definición no será nuestro primer paso en una ruta investigativa según Aristóteles, sino que lo serán las partes.

En congruencia con lo anterior se desarrollan a continuación dos características primordiales en los modelos explicativos de Aristóteles como son los principios y las causas.¹¹

¹⁰ Por tanto en adelante se incluyen las diferentes formas y parámetros que establece la cosmovisión aristotélica centrada en la esfera terrestre o mundo terrestre.

¹¹ Por ejemplo, si quiero hablar de círculo, el término círculo no me permite investigar en relación al todo (Círculo), es así que debo recurrir a sus partes para dar una explicación de acuerdo a las características que me permiten establecer relaciones de prioridad. Otro ejemplo más claro, es saber que los niños a muy temprana edad llaman a todos los hombres padre, pero al transcurrir el tiempo caracterizan a un solo individuo que será llamado padre en adelante. No es la definición la que permite el estudio, lo permite la caracterización de las partes que conforman el todo. (Guillermo, R. 1995)

Los principios

La explicación frente al mundo terrestre está regido por una serie de principios que en la antigüedad no fueron fáciles de asimilar, aun para los físicos de la época asumir un único principio que rigiera todo lo que se ve resultaba problemático, ahora si no fuera un único principio sino infinitos el problema era aún mayor; por lo cual Aristóteles en medio de los mismos cuestionamientos ofrece una solución a partir de la crítica a pensadores como Meliso y Parménides, quienes planteaban un único principio infinito y a los físicos de la época junto con sus planteamientos de corporalidad como por ejemplo el de Anaxágoras, quien planteaba la constitución de los cuerpos a partir de infinitas partículas.

Como punto de partida para la discusión se plantean tres posturas en relación al todo y su composición, bajo la tesis planteada por Parménides y Meliso (*El ser es uno*), (*El ser es infinito*). En primera medida se plantea el todo como un conjunto compuesto de sustancia, cualidad y cantidad; el segundo habla del todo conformado por una única sustancia; y el tercero como el todo compuesto como una única cualidad. (Ver anexo #1)

En este punto la formulación de los principios que rigen el comportamiento de lo corpóreo son la mayor preocupación, puesto que partiendo de estos principios se podría dar explicación al comportamiento de los cuerpos. Aristóteles dejó claro que no hay un solo principio; pero además estableció que no hay infinitos principios puesto que sería incognoscible; Por lo cual surge una pregunta; si no es uno y no son infinitos ¿son dos, tres, cuatro o más? Pues para esto Aristóteles afirma *“Los principios no son dos ni más de tres, son tres”* (Guillermo, R. 1995) ejemplificado en el siguiente esquema.

ESTATUA: NO CONFIGURADO  **MADERA**  **CONFIGURADO**

Aquí Aristóteles incluye el término de **“opuestos”** como lo son, frío – caliente; arriba – abajo; interior – posterior; y para nuestro caso configurado – no configurado. Así es posible hablar del ser a partir de dos opuestos y sus sustancias, la estatua parte de la sustancia, o la naturaleza de la madera, en principios es algo no configurado que al ser estatua pasa a ser algo configurado. De esta forma el ser son tres (sustancia y dos opuestos) a partir de estos puedo hablar del ser (Estatua).

En consecuencia a lo anterior se puede decir que las cosas se generan o llegan a ser en algunos casos por la transformación de algún elemento natural como el de bronce que al fundirse permite obtener una Imagen o representación de una persona, otros por adición como las vasijas de barro, otros por sustracción como las estatuas de piedra que para ser modeladas necesitan que sea extraído todo el sobrante con el cincel, otros por composición, como los templos de Grecia con sus bases, plataformas, columnas, etc. y por último otros alterando la composición de su materia, como el tronco o la hoja que se quema en la hoguera.

Las causas

Además de conocer las cosas por sus principios las conocemos por naturaleza o por otras causas, aquí hay que aclarar que Aristóteles se refiere a otras causas como aquellas que no son espontáneas en la naturaleza puesto que son fruto o elaboración del arte o capacidad humana o del azar. Las cosas por naturaleza son los animales, las plantas, el fuego, el aire, el agua y todas las similares o en relación a estas; cada una de ellas tiene en sí misma un principio propio de movilidad y de reposo si existe ausencia del cambio; puede ser por un cambio local, a un incremento o disminución en la composición o a cualquier tipo de alteración que sea posible.¹²

De forma contraria los elementos que son producto del arte como, pinturas esculturas, prendas, jarrones u otras, no tienen tendencia natural al cambio salvo por accidente (Puesto que no son por naturaleza) ya que están compuestas internamente por piedra, tierra o cualquier otro elemento compuesto de aquellos que son por naturaleza y estos elementos tienen un principio propio de movimiento y de reposo natural por su composición inicial.

En estos casos donde la generación de los diferentes objetos es artificial es muy posible y tal vez evidente la identificación de dos características o aspectos importantes; uno que caracteriza al objeto de acuerdo a lo que es y permite en el caso de la Ánfora ática que sea

¹² El principio propio de movilidad al que se refiere en la física de Aristóteles no describe únicamente a aquello que se mueve por sí mismo, como los animales; sino a todo ente natural; ya que para Aristóteles el principio es en el sentido de la posible disposición de mover algo o ser movido por algo; en consecuencia el movimiento es un cambio de la potencia al acto hacia el estado de actualización.

Lo anterior implica en toda la reunión de dos características (lo que mueve y lo que es movido) esta es la tesis que fundamenta la física de Aristóteles donde todo lo que está en movimiento es movido por algo y ese algo siempre es otro diferente al que está en movimiento o es movido

Ánfora (la forma). Y el segundo es la materia, que es aquello de lo que está hecho, para el caso de la Ánfora es el barro¹³.

De esta forma la naturaleza es el sustrato o la sustancia, así el movimiento de la llama no es naturaleza, pero si es por naturaleza, y la composición del fuego es la naturaleza” Para clarificar esto Antífone plantea: “Si se pudiese enterrar una cama y esperar hasta que la madera llegue a pudrirse y brotar de nuevo en la tierra, de seguro no va a brotar una cama, sino un árbol (R. De Echandía Guillermo (1995)

Este razonamiento permite reconocer que hay causas permanentes en medio del cambio de las disposiciones (madera); y otros que no permanecen al sufrir el cambio en su disposición (la conformación de las partes y los atributos suministrados por el arte) puesto que solo pertenecen accidentalmente. Así la naturaleza es la materia primera que subyace en cada cosa y que permite que tenga en sí misma un principio de movimiento y de cambio; es esa forma o especie que sólo es separable conceptualmente de la cosa.

De aquí que muchos pensadores plantean que la naturaleza de las cosas era el fuego (Heráclito e Hipaso), o el aire (Anaxímenes y Diógenes de Apolonia), o la tierra (Hesíodo) o el agua, o que varios de los anteriores elementos (Parménides) y en algunos casos que todos ellos (Empédocles) que en medio de su imperturbabilidad permitían la generación de la sustancia total mediante diferentes estados de afecciones y disposiciones.

Esas tendencias al movimiento son las que dan origen a las causas que plantea Aristóteles, y ya que el objeto es el conocer y no creemos conocer algo si antes no hemos establecido en cada caso el ¿por qué? lo cual significa percibir la causa; es de particular interés saber que algo se genera o destruye mediante los diferentes cambios naturales o por accidente de los objetos de estudio en cuanto al uso de las cosas, la productividad de las cosas (en relación a la materia) y la arquitectura de las cosas (en relación a la forma). Las causas que establece Aristóteles como explicación y origen de la generación o destrucción son:

1. **Constitutivo interno:** esto es de lo que está hecho algún objeto; en este sentido la

¹³ Para hacer la descripción de lo natural es necesario aclarar la distinción (*per se*) y (*per accidens*). El carácter intrínseco del principio le pertenece a la *physis* esencialmente (*per se*) no circunstancialmente (*per accidens*) ya que sólo lo natural tiene su principio (*en sí*) como algo (*por sí*) es decir, como un carácter que le pertenece esencialmente; lo artificial lo tiene (*en otro*)

materia es un elemento individualizador, el ser es en cuanto es, gracias a su materia; por ejemplo la madera de una cama, la piedra de una estatua, el hierro de la espada y a toda categoría racional que hace referencia a los diferentes materiales que permiten que la cosa en sí exista, también es conocida como la causa material ya que Aristóteles llamó materia al sustrato primero en cada cosa, aquel constitutivo interno y no accidental de lo cual algo llega a ser.

2. **Forma o el modelo:** hace referencia a la forma, es decir el universal; por lo cual es el elemento universalizador, aquel que hace que un ser sea lo que es, es la estructura que relaciona el elemento diferenciándolo de los demás por una característica propia (Idea o concepto de). Tanto la causa formal como la material son intrínsecas al ser.

3. **Principio primero:** Esta causa se refiere a quien ha posibilitado el ser o quién ha posibilitado el movimiento (Cambio). Por ejemplo, para una persona cuando nace es importante tanto su materia como su forma, pero este ser humano no existiría sin sus padres; para este caso este elemento externo (Los padres) posibilita la creación o generación del propio ser por lo cual proviene el cambio o el reposo y en general el que hace algo respecto de lo hecho, y lo que hace cambiar algo respecto de lo cambiado.

4. **El fin:** Este es el objetivo del ser, aquello para lo cual es algo, por ejemplo, el pasear respecto de la salud. Pues ¿por qué paseamos? a lo que respondemos: para estar sanos, y al decir esto creemos haber indicado la causa. Y también cualquier cosa que siendo movida por otra cosa, llega a ser un medio respecto del fin; como el adelgazar, la purgación, los fármacos y los instrumentos quirúrgicos llegan a ser medios con respecto a la salud. Aristóteles nos dice que la causa final es la causa primera, debido a que la causa final es muy importante para la forma del ser (En cuanto a generación) así el objetivo y la finalidad del objeto que existe, determina por completo como es este objeto.

Traído a contexto; nadie podría imaginar un teléfono celular de 1500 kg; o un automóvil que tuviera dos milímetros de ancho. De esta forma la utilidad del teléfono

móvil o la utilidad del automóvil, hace que creemos teléfonos móviles o automóviles con un tamaño o una forma característica que determinan todo su ser.

Podemos relacionar las cosas a varias causas, por ejemplo una estatua tiene una causa material o de constitutivo interno que puede ser la madera, el bronce o cualquier otro elemento pero su causa eficiente o del principio primero es el artista que posibilita la estatua; de esta forma se podrían ejemplificar muchas situaciones que plantean estas causas de manera simultánea. De esta forma tanto el embrión, como el médico, el que pretende algo y, en general, el que produce o crea alguna cosa, son causas ya que son el principio de donde resulta el cambio o el reposo. (Ver anexo #2)

¿En la naturaleza existe la casualidad o procede para un fin?

En la naturaleza las cosas están hechas en conformidad a un fin determinado y este fin es de regular cumplimiento hasta que se interponen impedimentos, como por ejemplo el curso de la lluvia o de una cascada entre otros. Es así que la naturaleza muestra unos grupos animales que actúan con tanta regularidad y para un fin tan determinado como los son las arañas y las hormigas, que los antiguos se preguntaban si tenían algún tipo de inteligencia o actuaba sobre ellas algún tipo de poder que les permitía desarrollar sus actividades; también en las plantas encontramos en su composición partes que parecen haber tenido una generación en función de un fin donde sus hojas aparentan proteger sus mismos frutos.

De esta forma, si las aves son impulsadas de forma natural a construir sus nidos o si lo hacen por un propósito, de igual manera que las arañas al tejer sus telarañas y las plantas en la producción de hojas para proteger sus frutos y echar raíces hacia el fondo de la tierra permitiendo que el árbol se nutra y no hacia afuera de ella. Podemos darnos cuenta que para que haya causas naturales es necesario que existan dos únicos elementos la materia y sus movimientos.

¿El movimiento para Aristóteles se admite como en la actualidad?

Para hablar de movimiento necesariamente debemos recordar que las cosas presentadas en un acto de potencialidad o actualidad (estas son denominadas por Aristóteles como un “esto”) que toman un carácter determinante en relación a la cantidad o la cualidad y a su capacidad de mover a otros y ser movido por otros, lo que nos permite ver y de antemano intuir que no

hay movimiento fuera de las cosas o sin ellas; ya que los cambios sólo pueden ser percibidos de forma sustancial (en relación a la materia), cuantitativamente o cualitativamente (en relación a la forma) o localmente (en relación al desplazamiento o cambio de lugar). Partiendo de esto es importante incluir la siguiente definición referida por Aristóteles en relación a todas las consideraciones del movimiento.

“Y puesto que distinguimos en cada género lo actual y lo potencial, el movimiento es la actualidad de lo potencial en cuanto a tal; por ejemplo, la actualidad de lo alterable en tanto que alterable es la alteración, la de lo susceptible de aumento y la de su contrario, lo susceptible de disminución no hay nombre común para ambos, es el aumento y la disminución; la de lo generable y lo destructible es la generación y la destrucción; la de lo desplazable es el desplazamiento” (Aristóteles, Siglo IV, 1995, P.80)

Para aclarar el concepto podemos hablar de algo “que se planea construir”, en la planificación no hay movimiento pero al iniciar la construcción este proceso es el movimiento, ya que la finalidad será la actualización y mientras no sea actualizado hay movimiento, los materiales son potencialmente una casa u otro elemento y esa actualidad en lo potencial es movimiento en tanto que se está construyendo. Aristóteles plantea que este proceso se puede dar en diversos casos como la instrucción, la medicación, la rotación, el salto, la maduración y el envejecimiento.

Aquí es completamente claro que el concepto de movimiento planteado en la física de Aristóteles dista mucho del concepto actual entregado en las aulas (como cambio de posición con respecto al tiempo), pero más adelante se relacionarán puesto que el objetivo de esta investigación es dar cuenta del pensamiento aristotélico frente a la caída de los cuerpos en relación a la actualidad conceptual.

Para continuar Aristóteles plantea la ausencia de movimiento como el reposo, este reposo en algunos casos será el estado máximo de actualización o estado natural al cual todos los cuerpos desean llegar según su naturaleza. Por esto decimos que el movimiento es la actualidad de lo que se mueve mientras que está en movimiento y esto solo es posible por contacto, aquí se enuncia una de las apuestas más importantes por Aristóteles y es la negación de las acciones a distancia.

Interpretación del lugar

Así como en la actualidad el concepto “Espacio” ha sido y es de particular interés; en la antigüedad también lo fue, según autores como el científico e historiador israelí Sambursky Samuel (1900-1990) es gracias a Aristóteles quien inició esta discusión de manera formal convirtiéndose en un problema u objeto de estudio, este trae consigo la necesidad de establecer una serie de parámetros, particularidades y generalidades que describen este enorme contenedor en congruencia con las percepciones sensitivas comunes.

Aristóteles ceñido a su teoría de la materia que parte de los cuatro elementos fuego, agua, tierra y aire intenta explicar los cambios que se presentan en la materia afirmando que estos cuatro elementos no son las posibles combinaciones de las cuatro cualidades fundamentales de la materia caliente, húmedo, seco y frío. De esta forma los elementos últimos del mundo físico perceptible no son corpóreos, pero resultan perceptibles por medio de los sentidos mediante las cualidades de calor, frío, sequedad y humedad.

Aristóteles plantea la idea de “lugar” mediante su firme idea de continuidad, así el cosmos para Aristóteles es finito limitado por la máxima de las cincuenta y cinco esferas celestes, de esta forma los cuerpos únicamente puede ocupar un lugar determinado dentro de tan vasta extensión determinada por la superficie interna de la esfera celeste, esta superficie se obtiene mediante la adición de todos los posibles puntos (no separados) con los que puede tener contacto un objeto al ser envuelto por el lugar que lo contiene, este lugar puede ser compuesto de alguno de los elementos fundamentales.

Desde esta perspectiva el movimiento local (cambio de posición) de los objetos estarían dados en relación al cambio de lugar, para lo cual Aristóteles incluye dos términos de movimiento, los Naturales y los Violentos. Para el caso de los movimientos naturales, este cambio de lugar está establecido por el principio teológico de la perfección, donde todo cuerpo tiene el deseo de alcanzar la perfección y esto solo es posible cuando se encuentra en su lugar natural que para el caso de los cuerpos pesados estará debajo y para los cuerpos ligeros estará arriba. El movimiento para los cuerpos celestes tiene un carácter divino e inmutable para Aristóteles (en este trabajo no se indaga acerca de las explicaciones planteadas por Aristóteles en relación con los movimientos celestes)

Idea del tiempo

La concepción del tiempo de una manera formal tiene inicio en el libro cuarto de la Física de Aristóteles y gira en torno a su definición planteada en el texto de la siguiente manera:

El tiempo no es sino esto, número de movimientos respecto de “Antes” y “Después”

De esta forma toma el ahora como puntos de referencia para dar a conocer la afluencia del tiempo, aun así se presentan dificultades si de puntualizar el “ahora” se trata por lo que lo presenta como un punto matemático que los reduce a un límite entre el pasado y el futuro, así lo que sucede entre dos “Ahora” diferentes es precisamente la naturaleza del tiempo; de esta forma se da sentido a una relación inseparable entre tiempo y movimiento, por lo cual de la misma forma que la existencia del lugar se puede definir si existen cuerpos que ocupan determinados lugares; el tiempo solo puede existir en la medida en que hay cuerpos que en distintos “Ahora” se encuentran en diversos lugares o en distintos estados.

Por lo tanto, el tiempo no puede ser una magnitud en sí misma ya que no es posible la separación con los movimientos de los objetos físicos. De la misma forma que el movimiento y el cuerpo se mueven tienen una relación en la que uno implica el otro; Aristóteles plantea que lo mismo sucede o relaciona el “número del móvil” y el “número de su movimiento” donde “el número del movimiento” es el tiempo en tanto que el ahora hace referencia al móvil.

Aristóteles da un planteamiento racional tanto del lugar como del tiempo y afirma que no solo el tiempo mide el movimiento puesto que el proceso inverso donde el tiempo mide al movimiento también es posible. Decimos que se ha producido mucho movimiento si medimos temporalmente dicho movimiento y habrá pasado mucho tiempo también si medimos este tiempo mediante el movimiento y recíprocamente ha tenido lugar mucho movimiento.

Pensando en lo anterior y basados en las creencias teológicas de Aristóteles en las cuales determina la perfección del movimiento celeste al que se le atribuye un carácter divino, donde se piensa que el tiempo es el movimiento de la esfera; podemos incluir que los otros movimientos serían medidos en relación a este movimiento perfecto; así la medida perfecta

del tiempo o de cualquier otro tiempo debe obedecer a la medida de este movimiento perfecto.

Es bien sabido que en la antigüedad los procesos de agricultura eran permeados por la astrología habitual de la época, gracias a estas reiteradas predicciones era posible tener hermosas cosechas en tiempos y lugares determinados casi sin errar en absoluto, esto sumado a la rigurosa periodicidad en los movimientos celestes fomentó el arraigo en la apreciación de la eternidad del mundo, hecho completamente incuestionable para los científicos en los tiempos aristotélicos

Por lo cual se origina una problemática en relación al tiempo y el cambio como objeto de estudio. Definir el tiempo o establecer una idea clara, representa un mayor reto al que se presentaba con la caracterización de lugar, ya que esta se encuentra frecuentemente enlazada con las vivencias cotidianas de los individuos, aferrado a una corriente externa y continua dependiente de las percepciones sensoriales (Cinco sentidos).

Razón por la cual resulta más fácil imaginar el espacio o lugar escaso y aún ausente de toda materia, opuesto a lo que sucede si requerimos de pensar el tiempo sin que suceda algún suceso, o algún cambio; pues la misma corriente o flujo de tiempo se liga directamente a la experiencia, esta para los antiguos griegos hace referencia al alma.

En relación al tiempo es muy célebre el planteamiento explicativo de Aristóteles al afirmar la desencadenante serie de principios muy útil para innumerables situaciones, donde afirma que las cosas apreciables o sensibles exigen principios perceptibles; las cosas imperecederas o interminables principios eternos; las cosas percederas principios percederos; y en general cada objeto principios homogéneos con él en congruencia a su naturaleza causa.

Percepción de la velocidad

Aristóteles establece una relación de proporcionalidad frente a la fuerza necesaria para mover un objeto y la velocidad del cuerpo; de esta manera para mover un cuerpo A con una masa M a una velocidad V será necesaria una fuerza F, pero si deseo mover un cuerpo B con una masa doble en magnitud a la de A manteniendo la velocidad V será necesaria una fuerza el doble en magnitud de F. por consiguiente si se procede de forma recíproca aplicando una fuerza de 2F al cuerpo A este se moverá con el doble de velocidad.

Para el caso de los cuerpos al caer esta relación se mantiene; como ya lo mencionamos los cuerpos más pesados requieren de mayor fuerza para ser movidos, y esta fuerza es proporcional a la velocidad. De igual manera la cantidad de masa del cuerpo que cae hace que la velocidad del cuerpo sea mayor, puesto que ejerce más fuerza; esta fuerza aumenta en relación al peso, pero es constante durante el recorrido (Caída) y el tiempo de caída será inversamente proporcional a su peso.

Así al estar cayendo la velocidad de los cuerpos es proporcional a la relación del peso y la velocidad del cuerpo, de esta forma el cuerpo sólo se moverá si hay una acción ejercida sobre él, el reposo llegará cuando dicha acción termine, en esta visión explicativa el peso de un cuerpo grave se pone en semejanza al alma de un hombre, el cuerpo del hombre se mueve en virtud del alma, y el cuerpo grave se mueve en virtud de su peso, de esta forma el cuerpo más grave tendrá más peso y por ende más deseo de llegar a su lugar natural.

Esta explicación privilegia la importancia de la distancia en dicho movimiento, será importante únicamente el lugar de llegada no el punto de origen, de esta forma el cuerpo grave será cada vez más grave en la medida que se acerca a su lugar natural y el cuerpo ligero será cada vez más ligero al acercarse a su lugar natural, ambos intentan alcanzar su estado de perfección, su lugar de reposo o lugar natural.

El caso del proyectil

Puesto que todo movimiento dentro de la esfera terrestre es producto de la acción entre los cuerpos y nada se mueve si otro objeto no ejerce acción sobre él, surge un problema en cuanto al hecho de que una flecha después de ser lanzada no se precipite directamente hacia abajo, ya que la flecha es un cuerpo grave que pierde el contacto con su impulsor; 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, no sucede esto debido a que cuando la flecha empieza a moverse mientras aún 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.

El vacío y consecuencias en el movimiento

Aristóteles siempre estuvo interesado en dar explicaciones racionales frente a los hechos concretos de la vida real, pero no por eso dejó de lado explicaciones de la época que si bien no compartía daban lugar a sus contra argumentaciones y a la claridad de sus conceptos.

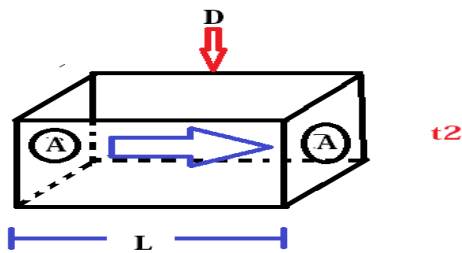
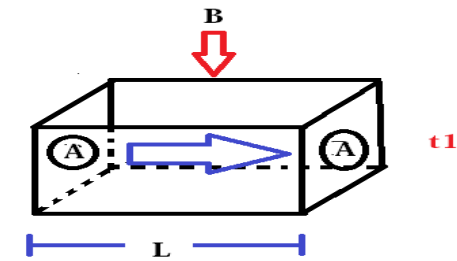
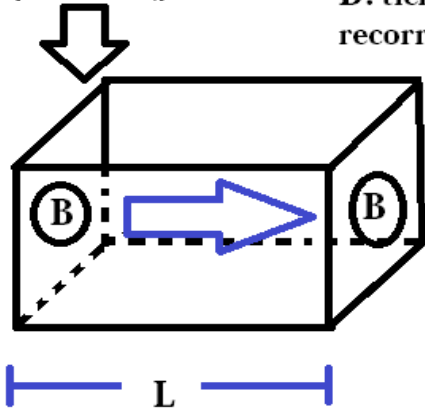
Un concepto de particular importancia fue el estudio del vacío; para Aristóteles no tenía sentido en la medida que era un modelo o idea imposible de percibir, pero mediante la reducción al absurdo deja presentes las diferentes aporías alejadas de cualquier tipo de solución; con las cuales defiende sus posturas en relación al movimiento terrestre ya sea natural o violento y la negación rotunda de la existencia de dicho concepto.

En este punto presentamos una serie de modelos explicativos en relación al movimiento de un cuerpo que atraviesa diferentes medios; puesto que Aristóteles plantea una relación de proporcionalidad entre el medio que se atraviesa y la velocidad del cuerpo que cruza dicho medio. Para lo cual debemos tener en cuenta:

A: Es el movimiento **B:** Es la cosa movida **C:** Es el espacio donde se mueve **D:** Es el tiempo que se emplea en dicho movimiento; el siguiente gráfico sólo plantea la forma en la que un cuerpo atraviesa un medio cualquiera.

C es el recipiente o medio que
traspasa el objeto A

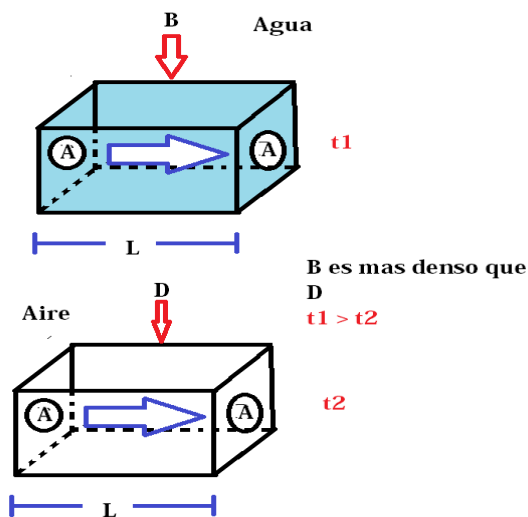
D: tiempo que tarda B en
recorrer la distancia L



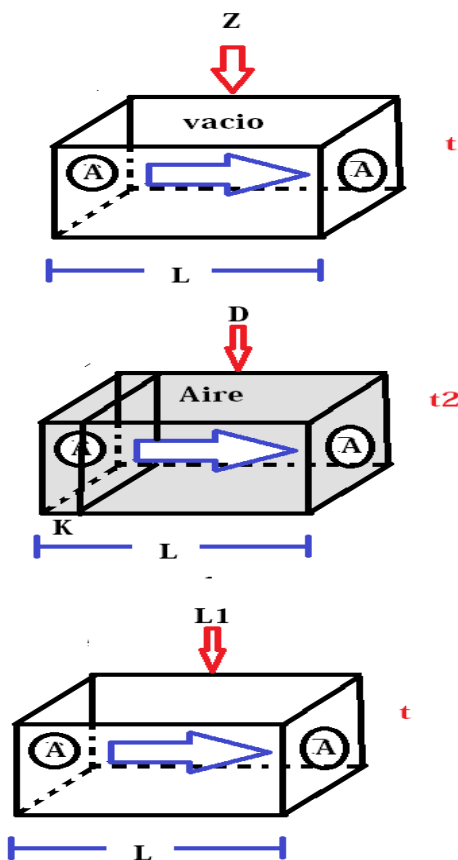
Para el siguiente caso A: Es el objeto que atraviesa el medio, B y D: Son los medios que atraviesa A; L: es la longitud del espacio que se atraviesa; t1 y t2 son los tiempos que transcurren cuando A atraviesa cada uno de los medios.

puesto que las longitudes del medio son iguales los tiempos t1 y t2 son proporcionales a la densidad del medio, es muy importante aclarar que esta densidad habla de la sutileza del medio, y para Aristóteles un medio más denso posee más cosas o materia en su interior y uno menos denso posee meno cosas o materia en su interior.

Para el gráfico anterior existen dos medios, B es agua y D es aire, las longitudes del medio son iguales pero puesto que el medio B es más denso que D el cuerpo A atraviesa más rápido por D que por B; t1 > t2 ya que B opone más resistencia al movimiento por tener mayor cantidad de cosas o masa que D.



Por lo tanto, si establecemos una relación numérica de proporcionalidad donde atribuimos al aire una sutileza dos veces mayor que la del agua, entonces **A** pasará en la mitad de tiempo por **D** que por **B** y por lo tanto $t_2=t_1/2$. Ahora si pensamos en la misma relación de proporcionalidad con respecto al agua pero con un medio cada vez más sutil hasta el punto que tal sutileza sea el vacío; obtendremos que para un medio tres veces más sutil $t_3=t_1/3$, para un medio cuatro veces más sutil $t_4=t_1/4$; para un medio cinco veces más sutil $t_5=t_1/5$...; hasta un medio infinitas veces más sutil completamente incorpóreo como lo es el vacío; $t=t_1/\infty$, lo que indica que el tiempo es nulo, pero es evidente que un movimiento en un tiempo nulo es improbable; por lo cual no es posible la concepción del infinito.

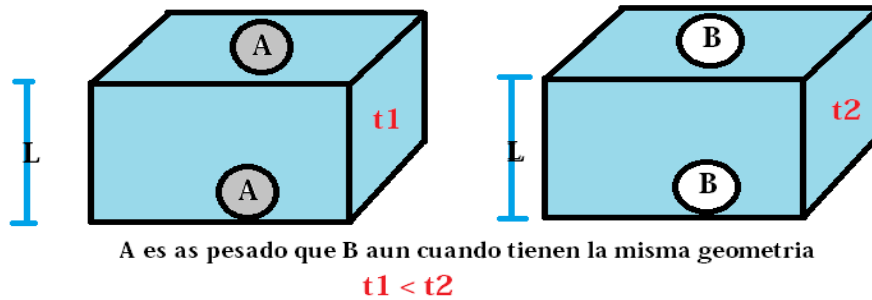


Por otra parte, si pensamos en un medio vacío **Z** de magnitudes iguales a **B** y **D** adicional un medio **L1** de igual magnitud, pero más sutil que **D** en la misma proporción que t_1 y t

L1 no está vacío, pero es recorrido en un tiempo t igual al que tarda **A** en pasar a través de **Z**; así se afirmaba que un medio vacío es traspasado en el mismo tiempo que un tiempo lleno y eso no es posible ni comprobable, contradiciendo la evidencia generando una aporía producto de la concepción de vacío.

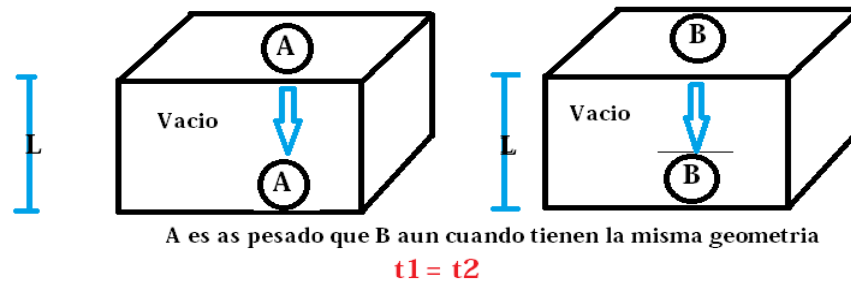
Para finalizar y siguiendo la misma línea; los cuerpos se mueven en un medio gracias a su peso o la fuerza que se ejerza sobre los

mismos, así un cuerpo con superioridad en el peso o la liviandad, que posea igual apariencia geométrica a otro; se moverá más rápido o lento que el otro en consecuencia a las magnitudes que los relacionan, para este caso particular el peso. Lo que diría que se mueven de la misma manera y con la misma velocidad por estar atravesando un mismo medio.



Para el caso anterior **A** es más masivo que **B**; **A** llega más rápido al fondo que **B** y **c** es el medio en el cual se desplaza tanto **A** como **B** (El medio no cabía)

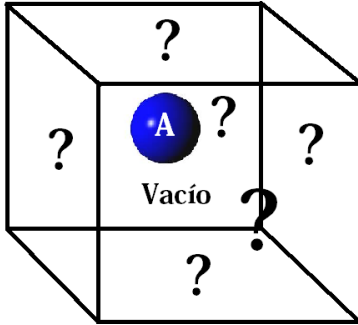
Ahora para el caso del vacío:



Para este caso **A** continua más masivo que **B**, el medio es el mismo pero el tiempo que tardan tanto **A** como **B** en llegar al fondo es el mismo $t_1 = t_2$

Aristóteles afirma que, si se admite el vacío, todos los cuerpos tendrían la misma velocidad de caída y eso no es lo que se percibe en la realidad.

Una última consecuencia de admitir el vacío es alusiva a la aplicación de los movimientos (natural y violento) en la esfera terrestre puesto que estos están regidos por la direccionalidad (arriba - abajo), pero en el vacío no existen tales direcciones, por lo cual ¿en qué dirección se movería **A**? ya que no tiene contacto con nada y si no puede tener un movimiento natural hacia arriba o hacia abajo debe tener un movimiento violento generado por otro. ¿Cuál es el lugar natural? puesto que no hay tal lugar en el vacío, no habrá reposo y no es posible que se detenga.



De esta forma se presentan muchas contradicciones por medio de las cuales Aristóteles afirma sus teoremas del movimiento en la esfera terrestre pero a la vez desvirtúa las posturas de los matemáticos y algunos físicos de la época empleando su lógica y racionalidad prominentes.

Los anteriores razonamientos planteados por el célebre Aristóteles no indican una matematización del problema de la caída de los cuerpos o del movimiento local en general, aun cuando se pueda relacionar con aplicaciones de la matemática en la modernidad. Aristóteles no buscaba plantear una fórmula general para el movimiento; aunque si una explicación que satisficiera las necesidades de la época; es un ejemplo claro de esto la velocidad que plantea, puesto que jamás las esboza en relación a las distancias recorridas por unidad de tiempo, sino que es una propiedad inherente al movimiento. (Panza, M. 2002)

Capítulo 4 Nuevas explicaciones para un nuevo mundo matemático y experimental por Galileo Galilei.

En un proceso de reconstrucción y análisis histórico como el que se plantea en el presente trabajo, resulta importante y necesario incluir el cómo y por qué se han podido establecer disposiciones que permiten el desarrollo de nuevas teorías que responden a interrogantes vigentes por muchos siglos o tal vez se contraponen a las respuestas ofrecidas hasta el momento. Esto solo es posible al indagar sobre las preguntas que movían en las diferentes épocas el proceso de construcción y validación del conocimiento; además de escudriñar razonamientos de carácter ético, político, social, cultural, entre otros, que influían dichos procesos.

Previo a retomar parte de la investigación y el proceso que ubicó al ilustre Galileo Galilei en el “podio científico” por sus explicaciones que incluían respuestas a gran parte de los cuestionamientos aparentemente inamovibles e impenetrables, producto de los planteamientos aristotélicos imperantes durante al menos 21 siglos; vincularé brevemente aspectos relevantes (No en su totalidad) del papel de la ciencia a lo largo de tan vasto periodo

y su lucha por superar el enorme muro que implica pensarse y hacer que otros vean un nuevo mundo como el que posibilita Galileo Galilei.

Un breve recuento (De Aristóteles a Galileo)

Aristóteles fallece aproximadamente en el año 322 a. C. en Calcis Grecia pero no sus teorías, esto es evidente puesto que aun hablamos de este celebre filósofo y de su influencia en teorías posteriores en diferentes ramas del ámbito científico (S. Sambursky, 1990). Además, autores aún más osados postulan a Aristóteles como el precursor de planteamientos y visiones propios de la teoría relativista (Kuhn, T.S., 1971).

Hablar de Aristóteles indudablemente es hablar de Grecia y los albores de su gran imperio. Posterior a la muerte de Aristóteles la ciencia toma un papel documental; esto quiere decir que lo que para los antiguos representaba la ciencia, estaba recopilado en escritos y enormes enciclopedias que atesoraban el pensamiento de los antiguos. Tras la caída del imperio romano gran parte de estos manuscritos se perdió, otra parte fue tomada por los musulmanes quienes iniciaron traducciones al árabe en procura de conservar el conocimiento antiguo de occidente.

Del siglo VII - X tras la reconquista de sus territorios Europa de occidente inicia un nuevo proceso de apropiación de su antigua ciencia y en los monasterios se dedica gran parte del tiempo y esfuerzo en la reconstrucción de dichos saberes mediante la traducción del árabe al latín; es de mencionar que durante tan largo periodo el conocimiento científico en occidente, se basó en la recuperación de los escritos antiguos.

A partir del siglo X las comunidades europeas inician intercambios comerciales e intelectuales con la cultura árabe, después de innumerables batallas tras el dominio de sus territorios y frente a una aparente calma; se estabiliza política y religiosamente dando espacio a la actividad científica, que hasta el momento era tarea solo de unos pocos monjes pero no representaba gran cosa para la sociedad europea, puesto que las técnicas ya sean de producción agrícola y bélica ocupaban el estatus más alto en el saber.

En este espacio de calma política y actividad científica, se popularizan las traducciones de los escritos antiguos hasta tal punto, que a finales del siglo XI estudiantes de toda Europa se reunían con el fin de realizar lecturas y comentarios sobre dichos escritos. Esta actividad

cobró tal popularidad e importancia durante los siglos XII y XIII que fue necesario formalizar y reglamentar dichos estudios por medio de estatutos. Lo anterior da origen a las primeras universidades en las cuales se transmitía el conocimiento antiguo de forma oral dando lugar al surgimiento de la “escolástica”¹⁴

A finales de la edad media la iglesia cristiana (referente a la ciencia) es la máxima autoridad; si bien se recuperan escritos y se instaura como fundamental la reconstrucción del saber antiguo (basado en los pensamientos aristotélicos), es la religión quien valida o no cualquier tipo de saber. Sin embargo, a pesar de que la escolástica acude en su totalidad a la teología como brazo principal, en medio de las constantes reflexiones escolásticas surgen una serie de análisis que evidencian inconsistencias en las formulaciones aristotélicas frente a la organización del mundo como un todo y de la organización de sus partes.

Este paso es importante, puesto que, a pesar de las múltiples restricciones causadas por la religión, las comunidades universitarias se cuestionan dando lugar a nuevas interpretaciones y organizaciones del mundo que antes fueran impensables. Aquí cobran importancia nuevamente cuestionamientos sobre el origen y composición del universo además de las leyes que lo rigen.

Cuestiones sobre el universo

Si el universo fue creado o por el contrario ha existido siempre resultaba contradictorio, el saber antiguo apuntaba a la permanencia del universo; pero la teología favorecía la creación. Este tipo de discusiones hace que se prohíba por algún periodo el estudio del saber antiguo; pero ya que el motivo de esta investigación no es ahondar en el conflicto científico – religioso; continúo diciendo que estas reflexiones y contradicciones permiten el surgimiento de nuevas teorías como la planteada por Santo Thomas de Aquino en procura de la reconciliación de la teoría aristotélica y la palabra de Dios (Biblia) en cuanto a la organización del mundo (Esferas aristotélicas) hacia el siglo XIII; o los planteamientos de

¹⁴ ESCOLÁSTICA: Del término latino schola (escuela). Llamamos escolástica a la filosofía cristiana desarrollada primero en las escuelas monacales y después en las universidades entre los siglos VIII al XV. La escolástica culmina en la obra de Santo Tomás y entra en crisis con el Renacimiento. El tema fundamental de la escolástica es el tema de Dios y de forma más particular la problemática de la relación entre la fe y la razón. Es común indicar que en esta cuestión los escolásticos subordinaron la razón a la fe, convirtiendo así a la filosofía en la "esclava de la teología" Diccionario filosófico <http://www.e-torredebabel.com/Psicologia/Vocabulario/Escolastica.htm>

Nicolás de Oresme y Buridán a finales del siglo XIV en respuesta a las diferenciaciones entre las leyes que regían el cielo y la tierra en procura de una formulación que deje por sentada la posibilidad de un cielo imperturbable que se rija por las mismas leyes que el mundo terrestre.

Hasta aquí son posibles muchos acontecimientos como las discusiones sobre la organización del universo y el centro del mismo. Es claro que de acuerdo a estas discusiones surgen explicaciones en relación al movimiento de los cuerpos (centro del presente trabajo), además de toda una serie de anomalías producto de dichas explicaciones. Es así que el movimiento de cuerpos proyectados, el movimiento de una esfera en una superficie plana o la caída de un cuerpo pesado (movimiento natural) aumentando de forma gradual su velocidad y no bajo la uniformidad que respondería a la teoría aristotélica, cobran un particular interés en las comunidades científicas, puesto que una nueva organización del mundo implica nuevas formas de explicación frente a los eventos (terrestres o celestes) que no pueden ser explicados a partir del sustancialismo y la perfección aparente de los astros o la inmutabilidad de lo celeste o divino.

Galileo retoma problemas antiguos y medievales

Las anteriores problemáticas son retomadas por un pensador que sin duda forja la columna vertebral de una nueva ciencia - Galileo Galilei. El retoma discusiones antiguas como el movimiento local, donde su estudio sobre los trabajos de Arquímedes lo introducen en el ejercicio de las artes mecánicas (No muy propias de los científicos de la época) que complementados con sus vastos conocimientos en matemáticas le permitieron la formulación de representaciones experimentales (Experimentos mentales) intangibles (No necesariamente reproducibles) como forma de explicación a fenómenos.

Una muestra de esta capacidad de abstracción es la forma como caracterizar los cuerpos en movimiento; donde no da importancia a los olores, sabores y colores en el momento de describir la forma en que se mueven, estas características resultan ser simples nombres que se pueden eliminar de los objetos (sin que el mismo desaparezca). En contraposición al movimiento local de Aristóteles, el movimiento no es debido a la interacción entre dos lugares señalados en el cosmos como lo eran los lugares naturales; puesto que estas partes no tienen características especiales sino que por el contrario son equivalentes unas con otras, el

espacio es insensible al movimiento de los cuerpos, que a diferencia de los lugares naturales (capaces de hacer que los cuerpos fueran en pos de ellos) este no ejerce ningún tipo de acción sobre dichos cuerpos, así las causas del movimiento se atribuyen a otro tipo de interacción no entre lugares sino entre cuerpos producto de las relaciones de sus magnitudes cuantificables.

Según Galileo estas magnitudes cuantificables son propias de la naturaleza, pero no se muestran de forma evidente ya que es tarea descifrar cuales son los principios matemáticos que la rigen; esto evidencia una ruptura con el aristotelismo al concentrarse en las relaciones geométricas de los cuerpos en el espacio, desestimando el carácter causal y explicativo de la sustancia, a partir de la que se abstraen los conocimientos matemáticos (Galilei, Galileo. traducción Sadaba, J y Solís, C, 1981). Estos conocimientos matemáticos aluden a la teología en representación misma de la naturaleza como estrado de Dios, el cual se comunica mediante el lenguaje de las matemáticas, razón por la cual no cualquiera puede leer aun cuando tropecemos y percibamos muchas de sus manifestaciones.

“La filosofía está escrita en ese grandioso libro que está continuamente abierto ante nuestros ojos (lo llamo universo). Pero no se puede descifrar si antes no se comprende el lenguaje y se conocen los caracteres en que está escrito. Está escrito en lenguaje matemático siendo sus caracteres triángulos, círculos y figuras geométricas. Sin estos medios es humanamente imposible comprender una palabra; sin ellos, deambulamos vanamente por un oscuro laberinto.” (Galilei, Galileo. traducción Sadaba, J y Solís, C, 1981)

Mediante este lenguaje matemático Galileo propone que la velocidad de caída de un grave es determinado por su peso específico relativo al medio, así las ideas de pesantes y ligereza son desplazadas por la concepción de peso relativo; donde la materia es única e indiferenciable; el sustancialismo queda de lado puesto que la materia posee algún tipo de diversidad en relación a su densidad; puesto en estos términos, es poco productivo pensar en movimientos violentos y naturales, ya que tanto el descenso del plato de una balanza al que se le ha puesto mayor peso, es tan natural como el ascenso del plato que posee menos peso,

esto se atribuye a una única fuerza motriz¹⁵ "La gravitá" (Galiei, Galileo. traducción Sadaba, J y Solís, C, 1981)29).

La ciencia y el carácter de Galileo

En medio de una época en la cual los conocimientos científicos no tenían la finalidad de la búsqueda de verdades y el estatus del científico ocupaba el mismo escalón de un bufón de corte o un artista, Galileo tiene la osadía mediante sus escritos, de cuestionar temas teológicos (Milagro de José) y persuadir al clero para que no se refiera a cuestiones científicas. Él solía escuchar a sus opositores, retomar sus discursos mejorarlos y finalmente pasar por encima de ellos con su poder argumentativo, dejando a la luz del público los argumentos de sus opositores como pobres o insignificantes además se interesó por los trabajos artesanales¹⁶ abominados en la antigua Grecia y propios únicamente de esclavos, técnicas que supo potenciar al máximo y estructurarlas fuertemente por sus razonamientos matemáticos que lo llevarían a un lugar que tal vez solo podía ser pensado por él mismo, encontrando experimentalmente fenómenos que más tarde serían principios y teoremas fundamentales para la física.

Algunas de las teorías que Galileo postula son mediante una nueva forma de conocimiento y pedagogía (experimentos mentales), que si bien pudieron ser posibles de realizar, él no lo consideró necesario (En algunos casos, en otros fueron producto de la observación de patrones); sin embargo estos modelos abstractos y generales permitieron evidenciar las falencias o inconsistencias del imperante modelo aristotélico (como corriente de pensamiento) y la necesidad de hacer nuevas formulaciones que concordaran con las experiencias. Galileo hace abstracciones en las que elimina cualidades y acude a las formas matemáticas; así en la naturaleza se puede dar razón de los cuerpos de acuerdo a las posibles figuras, números y movimientos. (C. Solís y J. Sadaba, 1981).

De esta forma el movimiento se puede atribuir a un sistema mecánico al que está conexo de forma inherente pero de forma independiente con la región en el espacio que pueda tener lugar dicho movimiento, el **espacio** es indiferente al estado de movimiento o reposo de los

¹⁵ Esta gravita es entendida como la tendencia al centro determinada por la densidad del cuerpo pudiendo ser modificada según las relaciones que el cuerpo en movimiento mantiene con las demás partes del sistema mecánico del cual es parte. (C. Solís y J. Sadaba, 29)

¹⁶ La actividad científica que surge en el renacimiento está íntimamente unida al abandono de los prejuicios elitistas griegos en contra de las artes prácticas, así como al aumento del interés por los problemas mecánicos con la producción artesanal (C. Solís y J. Sadaba, 1981).

cuerpos y el espacio **vacío** resulta ser el que posibilita ubicar cuerpos en cualquier lugar de manera independiente; este lugar vacío o extensión, es el espacio establecido de forma geométrica que está en todas partes y contiene todos los cuerpos y las figuras; es el recipiente estático que cuenta con las mismas propiedades físicas en todas las direcciones universo. Este tipo de caracterizaciones establecidas, permite que se dé una ruptura con el pensamiento aristotélico ya que se concentran los estudios en las relaciones geométricas (Abstracción matemática) que se puedan establecer entre los cuerpos y el espacio; dejando de lado el carácter sustancial que explicaba hasta este momento las interacciones y comportamientos de los diferentes cuerpos.

Para Galileo el carácter experiencial es muy importante, ya que solo si la experiencia concuerda, se pueden establecer principios matemáticos evidentes e inapelables. Por ejemplo, la observación de cuerpos con diferentes masas que caen desde una determinada altura, permitió a Galileo establecer una argumentación lógica (Experimentos mentales) que negara la proporcionalidad directa entre el peso y la velocidad de caída de un cuerpo y la proporcionalidad inversa con la resistencia del medio que debe penetrar; ya que las diferencias en las caídas eran muy pequeñas (en algunos casos casi imperceptibles). Aquí podemos ver que Galileo acude a la experiencia, pero también a la lógica para establecer parámetros de sus teorías.

Materia y vacío

Galileo conoce claramente las imperfecciones de la materia, sabiendo que no se pueden encontrar dos cuerpos exactamente iguales mucho menos que sean perfectos, esto trae una seria dificultad en las matemáticas (si se desea modelar un fenómeno) que sorteas de la siguiente forma. Si se supone la materia es inalterable es decir siempre la misma, eliminando todas las posibles imperfecciones llegando a suponerla perfecta y exenta de cualquier cambio accidental; será posible realizar cualquier análisis y demostración valiéndose de las abstracciones matemáticas como herramienta que permite establecer medios ideales y de cuerpos ideales que no requieren de una teoría diferente o una explicación diferente independiente de la circunstancia. Aquí es posible mencionar (con el fin de dar claridad al carácter de las matemáticas para Galileo) que en el cambio local (postulado por Aristóteles) el cuerpo no era el mismo después de cambiar de lugar, así resultaba muy difícil dar

explicación a algo que cambia de manera continua; Galileo propone cuerpos que puedan cambiar de lugar pero sigan siendo los mismos, así es posible establecer relaciones entre el cambio de posición; donde con una piedra que cae se podrá explicar la forma como cambia de posición, puesto que sus características propias no cambian.

En la misma línea pensar en los cuerpos y su composición trae implícito para Galileo el hecho de la cohesión o adherencia consigo mismo, cualquier cuerpo independiente del material presenta una resistencia a ser fracturado, o dividido en partes; unos tal vez más que otros, pero es una cualidad propia de todos. Dar explicación a esto abre dos caminos; uno es pensar en el vacío (Concepto rechazado hasta el momento) y otro pensar en un tipo de pegamento que mantiene unidas las partes de cualquier cuerpo.

Establecido el problema y las dos posibles soluciones, veremos lo expuesto como solución por parte de Galileo. En primera medida se propone el vacío como agente productor de esta fuerza de resistencia modelado en el siguiente experimento: si tomamos dos placas (Mármol, metal o cristal) perfectamente pulidas y las colocamos una sobre la otra, podremos evidenciar dos cosas. En primera medida si se desliza la lámina superior esta no ofrecerá mayor resistencia al movimiento permaneciendo así la lámina inferior estática en tanto que la superior se mueve con facilidad; pero, si el caso es de levantar la placa superior, se puede percibir como la placa superior arrastra la inferior por una distancia considerable suspendiendo la placa inferior arrastradas una determinada distancia.

Aquí se sabe que no existe tipo alguno de pegamento que las haga permanecer unidas, pero si es posible afirmar que entre las dos placas (por un instante) hay un vacío que es ocupado por el aire del ambiente y que es responsable de que las placas resistan a ser separadas aun cuando en principio lo estuvieron. Si en otro caso las placas no estuvieran perfectamente pulidas, es claro que la única oposición que se presentaría es la de la gravedad.

Pero si se levanta de manera violenta y rápida, la placa superior arrastra un instante pequeño a la placa inferior. Este movimiento aun cuando sea leve deja señalado que se llenará un muy pequeño espacio con aire del ambiente y el movimiento realizado en este vacío, para el caso de la placa pulida prolongado y para la placa sin pulir un poco más lento permite afirmar (En contraposición al aristotelismo) que el movimiento en el vacío no es instantáneo puesto que

para los dos casos se emplearon instantes de tiempo perceptibles y prolongados (No infinitamente pequeños)¹⁷. (Para ver concepción y argumentación del infinito por Galileo Ver anexo # 5)

Si la velocidad presentara una proporcionalidad inversa a la resistencia (Por ser vacío), al observar el fenómeno o al percibirlo, no se presentaría la más mínima resistencia a ser separadas las placas y solo actuaría el peso de la misma, pero lo que percibimos es contrario ya que la placa inferior por unos instantes es suspendida y el movimiento no puede ser instantáneo.

Se concluye por lo tanto que inclusive entre las mismas láminas, tiene que quedar algo de vacío al menos durante un muy corto instante de tiempo, es decir durante todo el tiempo necesario para que el medio pueda llenar el vacío producido entre las placas de lo contrario no habría necesidad ni de la presencia del aire, ni el medio se moverá. Por lo tanto, el vacío debe ser la causa atribuida para mantener unidas las partes de un sólido de cualquier materia.

Para argumentar lo anterior y además explicarlo Galileo propone una experiencia (Ilustración 1) que permite identificar la fuerza ejercida por el vacío y además medir esta acción. Para lo cual se dispone la siguiente configuración y procedimiento:

¹⁷ Recordemos que Aristóteles concebía la velocidad como directamente proporcional al motor o fuerza aplicada e inversamente proporcional a la resistencia que ofrecía el medio al ser penetrado. Puesto que en los movimientos naturales el medio determina la resistencia en el caso de un medio vacío y de acuerdo a las formulaciones de proporcionalidad expuestas por Aristóteles $V = \frac{f}{r}$ (V es la velocidad; f es la fuerza y r la resistencia del medio) la velocidad sería infinita. (Galilei, Galileo. traducción Sadaba, J y Solís, C, 1981)

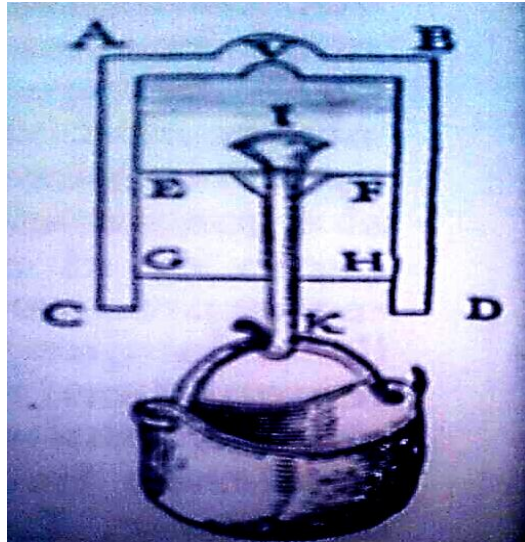


Ilustración 1. Tomado de (Galilei, Galileo. traducción Sadaba, J y Solís, C, 1981) imagen 4, p. 84

Se supone que CABD es un corte de un cilindro de metal o de vidrio, vacío en el interior, en el cual se coloca un embolo de madera ajustado; la sección EGHF. El embolo puede moverse hacia arriba y hacia abajo, además tiene un agujero en el centro para que pase un alambre doblado en el extremo K en forma de curva, mientras que el lado I se ensancha a manera de cono. El agujero hecho en la madera debe agrandarse en su parte superior también en forma de cono, así podrá encajar en la forma cónica del lado I del hierro IK cada vez que se tire hacia abajo desde K. Al trozo de madera EH (tapón) introducido en el cilindro cóncavo AD no puede tener contacto con la parte superior del cilindro, sino que quedara una pequeña distancia entre ellos; este espacio debe estar lleno de agua. Para introducir el agua se voltea al recipiente poniendo hacia arriba la boca CD y oprimiendo el tapón EH además que se mantiene el cono I algo alejado del fondo de la madera para permitir así el paso del aire, el cual, a medida que vaya bajando el tapón, ira saliendo a través de orificio hecho en la madera, por esta razón, será más ancho que el hierro doblado IK. Una vez que ha salido el aire y que se ha tirado del hierro a fin de que se ajuste bien su extremo cónico en la madera hay que dar vuelta completamente al recipiente con la apertura hacia abajo, colgando del gancho K un recipiente con arena u otra sustancia pesada; este recipiente se llenará de tal modo que, finalmente, la parte superior EF del tapón se separe de la superficie inferior del agua, a la cual lo único que la mantenía unida era el vacío. Después de todo esto basta con pesar el

tapón, el hierro, el recipiente y lo que haya dentro, para calcular la fuerza del vacío. (Galilei, Galileo. traducción Sadaba, J y Solís, C, 1981).

Por otra parte Galileo propone cambiar el material por un cilindro de mármol o metal con las mismas dimensiones que tiene el cilindro de agua que se utilizó antes, y ubicar el mismo peso sobre la canasta de esta forma si se fractura el cilindro de mármol o cristal, se concluye que las partes del mármol y del cristal permanecían unidas por la fuerza del vacío solamente; pero si esto no sucede y si llega a ser necesario el doble o el cuádruple de fuerza para fracturar el material; se puede decir que la fuerza del vacío es menor a la fuerza necesaria para fracturar el material, ya que se necesitará cinco veces más fuerza, o dos veces más fuerza para obtener el mismo efecto de fractura. De esta forma él establece una medida para el vacío en relación al cilindro de agua (como unidad) y en otros materiales serán múltiplos de esta fuerza dependiendo de la resistencia que pone el material para ser fracturado.

La anterior experiencia permite dar explicación a un fenómeno que se presenta en los pozos de agua al intentar sacar el líquido, que al ser succionados por bombas estas pierden efectividad a las dieciocho brazas de acuerdo a las experiencias y los cálculos realizados por Galileo, ya que cuando la profundidad del agua sobrepasa este nivel, el agua se fractura y sin importar cuál sea el diámetro del cilindro de agua, ya sea muy delgado o considerablemente grueso, el agua no subirá a causa de su propio peso (esto sucede con las cuerdas o varas de cualquier tipo de material que se suspendan; al aumentar cada vez más su longitud y tener que soportar su propio peso, llega el omento en el que se rompen).

Galileo propone que esta altura de dieciocho brazas es el límite en el cual cualquier columna de agua puede mantenerse colgada sin fracturarse independiente a la potencia de la bomba o a la geometría de la misma. De esta forma si pesamos el agua contenida en la columna de agua de dieciocho brazas tendremos la magnitud de la fuerza de oposición del vacío en los cilindros o columnas para cualquier material sólido.

De esta forma tanto para metales, piedras, maderas, etc. Podemos también encontrar el punto exacto en el cual al ser alargados se fracturará y este será el límite que opone el vacío para los diferentes materiales. Experimentalmente se propone atar un hilo de cobre al techo, el hilo puede tener la longitud y diámetro que se desee; colocando peso sobre el extremo libre

del hilo de cobre hasta que finalmente se rompa. Dado el caso que la magnitud del peso necesario para romper el hilo sea de cincuenta libras, podemos concluir que las cincuenta libras más el peso del hilo que se supone de un octavo de onza, convertido en un alambre del mismo diámetro, será la longitud máxima a la que se puede extender el hilo de cobre para ser fracturado por su propio peso.

Si suponemos en la experiencia anterior que la longitud del hilo de un octavo de onza es de una braza y puesto que él puede sostener su peso más las cincuenta libras que equivalen a cuatro mil ochocientos octavos de onza, se puede afirmar que cualquier hilo de cobre cualquiera que sea su diámetro, puede ser suspendido por uno de sus extremos y soportar una longitud máxima de cuatro mil ochocientas una braza. En proporción al agua el cobre es nueve veces más pesado, por lo que la resistencia del vacío en contra de la fractura del cobre es de dos brazas de la vara de cobre.

Las experiencias que propone Galileo (Bien sean las dos diferentes placas que se adhieren sin alguna causa aparente, o la fractura de los diferentes materiales) rompen con el esquema de la imposibilidad del vacío y de la imposibilidad del movimiento en el mismo, ya que en estas es posible percibir instantes de tiempo para que se vea uno de los eventos y es claro que para Galileo el vacío es una forma de explicación de las experiencias que puede reproducir o idealizar (a roma de experimento mental). Estas ideas o explicaciones en torno al vacío permitirán más adelante caracterizar la explicación de la caída de los graves, que bajo las condiciones más ideales (medio vacío o densidad mínima del medio) caerán de la misma forma, independientemente de la composición y la geometría de dichos cuerpos.

Movimiento y vacío

De acuerdo con los razonamientos aristotélicos sobre el movimiento; la posibilidad de moverse en un medio vacío (ausente de cualquier cosa) resulta imposible, puesto que la tendencia a los lugares naturales (como forma que orienta al cuerpo en movimiento) impedirían dicho movimiento por la imposibilidad de tener un lugar para elegir además, moverse en este medio implicaría velocidades infinitas o movimiento sin que transcurra el tiempo (relación de proporcionalidad inversa con la densidad del medio) por lo cual surge la necesidad de indagar las consideraciones realizadas por el señor Galileo quien propone que

si la densidad del medio es mínimamente densa (Propio de un medio vacío) todos los cuerpos caerán de la misma forma.

Respuesta a los postulados aristotélicos

Partamos de lo postulado por Aristóteles en cuanto a la velocidad de un cuerpo grave que cae libremente en un medio, recordemos que la intensidad de esta velocidad es directamente proporcional a la masa del cuerpo además constante; e inversamente proporcional a la resistencia que opone el medio a ser penetrado. Lo anterior nos permite postular tres razonamientos que serán contra argumentados por la nueva ciencia de Galileo:

1. Los cuerpos graves con mayor masa caen más rápido que los cuerpos que tienen menor masa.
2. La velocidad de caída de los cuerpos graves en cualquier punto de su recorrido es la misma.
3. Finalmente, la intensidad de la velocidad de los cuerpos graves será menor en tanto que la resistencia del medio que van a penetrar sea mayor; y mayor en tanto que el medio a traspasar o penetrar ofrezca menor resistencia.

En cuanto al primer punto, que dos cuerpos caigan con mayor o menor velocidad dependiendo de sus masas, afirmando que el de mayor masa caerá menor; es posible realizar el siguiente razonamiento: Aludiendo a la proporcionalidad establecida por Aristóteles, si un grave tiene una intensidad de velocidad de 5 grados y otro grave con la doble masa tiene una intensidad de velocidad de 10 grados y los atamos dejándolos caer libremente (Según el razonamiento aristotélico) la masa menor reducirá la intensidad de movimiento del cuerpo más pesado; así los cuerpos caerán con una intensidad de velocidad menor a 10 grados aun cuando la masa total supera a la masa mayor en un tercio, esto contradice el postulado ya que se comprueba que una masa mayor caerá con menor intensidad de velocidad que una masa menor.



La acción ejercida por un cuerpo atado a otro en descensos es nula, puesto que el peso no se suma en este caso. Para entender mejor pensemos en como una maleta muy pesada al ser cargada ejerce suficiente presión como para hacer que desistamos de cargarla; esto es debido a que intentamos ir en contra de su movimiento; de lo contrario no sentiríamos peso alguno. Pero si caemos en la misma dirección de la maleta desde una altura considerable para analizar el efecto, de seguro no sentiríamos acción alguna debido a la maleta, ya que vamos en el mismo sentido de caída. Galileo ejemplifica esto de una forma admirable, relaciona un arquero disparando a un blanco que se aleja a la misma velocidad que puede imprimir a la flecha ¿podrá la punta de la flecha ejercer alguna presión sobre su presa? De seguro no pues tienen la misma dirección e intensidad de movimiento lo cual no permite que sea alcanzado por la flecha. De esta forma es posible concluir que dos cuerpos de la misma materia caerán libremente a la misma velocidad.

Un nuevo problema surge al analizar la afirmación de Aristóteles al plantear que una bola de hierro de cien libras cae una distancia de cien brazas antes de que una bola de una libra recorra una braza; la experiencia no nos muestra eso, ya que si existe alguna diferencia entre las distancias recorridas no será más de uno o dos dedos. Este error es debido a recurrir al peso como único agente de movimiento, dejando de lado la geometría y las acciones externas ejercidas sobre los cuerpos como lo es el efecto de la gravedad. Es posible relacionar una serie de conjeturas por la presentación de algunos elementos como lo es el moro en polvo, o las rocas en polvo como arena; estas son llevadas por el viento y posiblemente flotan en el agua, así su tiempo de caída podría en algún caso especial coincidir con las afirmaciones aristotélicas.

Pero en el caso de una piedra de veinte libras la afirmación de que su intensidad de movimiento es diez veces la de una piedra de dos libras es falsa, se puede afirmar que caen al mismo tiempo o de existir alguna diferencia no es perceptible de algún modo. Por lo cual el razonamiento aristotélico no se puede universalizar a todos los elementos o cuerpos en proporción a su peso.

Analizando el segundo postulado (Velocidad de caída constante) podemos traer a colación las siguientes situaciones. Pensemos en una sandía que se coloca suavemente sobre un pequeño cilindro metálico que sea delgado pero capaz de sostenerla sobre sí; sin duda la sandía podría reposar allí sin tener un efecto considerable sobre su superficie. Ahora no dejemos reposar suavemente la sandía sobre el cilindro, sino que desde una distancia pequeña dejemos caer la sandía sobre el cilindro, de seguro la superficie de la sandía tendrá una marca gracias al impacto aun leve; pero si aumentamos esta distancia al doble, después diez veces, veinte veces y hasta cien veces la sandía será completamente perforada por el cilindro metálico.

Lo anterior permite evidenciar que el impacto o la acción ejercida sobre la sandía están en proporción a la altura y por ende al cambio de velocidad; podemos decir que se evidencian incrementos en el efecto sobre la sandía, de esta forma la velocidad en dicho movimiento aumenta a medida que se aumentan las distancias de caída. Así pensar que un cuerpo que cae tenga la misma velocidad en cualquier punto implica que la acción sobre el cuerpo es la misma independiente a la altura y lo que dicta la experiencia es contrario, la experiencia nos muestra que un impacto será mayor al aumentar la distancia de igual forma si un cuerpo es precipitado con mayor velocidad este sufrirá un mayor impacto, de esta forma se puede razonar y relacionar de forma directa la velocidad y el impacto o efecto sobre los objetos; atribuyendo un incremento en los grados de velocidad de un objeto que cae en relación de la distancia de caída.

Por otra parte, la velocidad inicial de la sandía es muy pequeña, de seguir así la sandía caería muy lentamente, casi que estaría suspendida por el aire de no cambiar o incrementar la velocidad de forma paulatina. En relación a la caída de dos cuerpos ya sean de la misma materia, o diferente, con la misma masa o diferente; la velocidad un instante después de iniciar el descenso es la misma (Casi nula) por lo que los cuerpos permanecerían suspendidos

por un muy largo periodo de tiempo tardando el mismo tiempo en caer, lo cual contradice el postulado aristotélico.

Para finalizar estos tres postulados podemos ver una serie de contradicciones propuestas por razonamientos de la antigüedad, que no se acoplan a la experiencia y no son congruentes a las afirmaciones de teorías que relacionan el movimiento en los diferentes medios y en particular el vacío.

Recordemos del capítulo dos que un medio que era atravesado oponía una resistencia al cuerpo que tenía que abrirse camino en medio de él; además el señor Aristóteles asignó unos grados de resistencia e intensidad de velocidades a los diferentes medios. La unidad correspondió al aire en tanto que el agua se designa diez veces más resistente al paso de un cuerpo, guardando las proporciones directas entre la masa y la velocidad expuestas por Aristóteles, se puede afirmar que un cuerpo que viaja a veinte grados de velocidad en el aire, en el agua viajara a dos grados de velocidad. Además, cualquiera que sea el cuerpo si atraviesa el aire como medio resistente deberá también atravesar el agua a pesar de su oposición mayor.

Ahora contrastando la afirmación anterior con la experiencia, podemos ver que en primera medida que si bien hay cuerpos que atraviesan tanto el aire como el agua y el primero con mayor facilidad que el segundo medio; no todos los cuerpos que atraviesan el aire son capaces de atravesar el agua como lo es el caso de la madera. Una bola de madera que se deja caer libremente con una velocidad de veinte grados (según lo postulado) deberá descender en el agua a una velocidad de dos grados; pero esto no es lo que observamos, en realidad lo que vemos es que la madera no penetra hasta el fondo del medio y además asciende por el medio; completamente contradictorio a lo expuesto por la teoría aristotélica.

Ahora si pensamos en una materia más pesada que la madera, con el fin de que se cumpla lo postulado por Aristóteles y el cuerpo pueda atravesar tanto el aire como el agua y obtenga dos grados de velocidad en el agua; surge una nueva contradicción frente a sus propios argumentos. Si la madera desciende en el aire con veinte grados de velocidad; el cuerpo más pesado que puede obtener una velocidad de dos grados en el agua descenderá a veinte grados de velocidad en el aire, pero es más pesado que la bola de madera ¿y cómo es posible que

dos cuerpos con diferentes pesos atravesen un mismo medio a la misma velocidad? ¿No se esperaba acaso que el más pesado cayera con más grados de velocidad?

Para mostrar otro ejemplo un poco más claro Galileo propone pensar en un evento más común. Supongamos un huevo de gallina y un huevo de mármol que descienden en el agua, aquí los dos son capaces de atravesar el medio; pero, el huevo de mármol viaja a una velocidad cien veces mayor que la del huevo de gallina, así en tanto que el mármol atraviesa cien brazas el huevo de gallina sol habrá atravesado una. Pero si el medio es el aire, la distancia que aventaja el huevo de mármol al de gallina será de tan solo un par de dedos (Galilei, Galileo. traducción Sadaba, J y Solís, C, 1981)

En este punto podemos afirmar que un mismo cuerpo en medios diferentes no se mueve a velocidades proporcionales a las resistencias de los medios; además tampoco es verdad que cuerpos de distintos pesos se muevan en un mismo medio con velocidades proporcionales a sus pesos; sino más bien con la misma velocidad siempre y cuando estos cuerpos sean de las mismas sustancias o del mismo peso específico y no de diferentes pesos específicos.

Experiencias como dejar caer cuerpos de distintos pesos y distintos materiales en diferentes medios como el agua y el aire, permitieron a Galileo afirmar que las diferencias de velocidades se hacían más notorias en tanto el medio era más resistente a ser atravesado, así dos cuerpos que descienden en el aire tendrán unas diferencias muy pequeñas casi imperceptibles en cuanto al tiempo de caída se refiere, en tanto que si la experiencia es en el agua, las diferencias de tiempos son diez veces puesto que el uno se moverá diez veces más rápido con respecto al otro y en el caso más extremo pero también comprobable, en tanto que un cuerpo desciende en el agua el otro queda inmóvil o ascenderá ante la imposibilidad de penetrar el medio.

Una conclusión más cabe en este momento, y es que si se elimina por completo la resistencia del medio los cuerpos caerán con la misma velocidad, no en movimientos instantáneos, por lo que el movimiento en un medio con la mínima densidad (análogo al vacío) se hace posible y se convierte en la condición para que la razón de las velocidades de dos cuerpos graves independiente de sus masas caigan a la misma velocidad.

Resistencia del aire

Para dar continuidad a la investigación citaremos varios casos planteados por Galileo en procura de la determinación de la acción del medio (para este caso el aire) sobre diferentes elementos. Los primeros elementos a relacionar son la madera de ébano y el plomo; el primero en proporción al aire es mil veces más pesado y el segundo guarda una proporción de diez mil a uno en relación al peso con el aire. Si dos cuerpos de estos materiales caen libremente por el medio (Aire) este restará una porción de su peso de acuerdo a la proporción que guardan con él; así para el caso de la madera de ébano le restará una de sus mil partes en tanto que para el plomo será tan solo de una de sus diez mil partes.

Si se retira cualquier obstáculo que el medio ejerce sobre los dos cuerpos la velocidad de caída será la misma para los dos y los tiempos iguales; así los dos caerán a diez mil grados de velocidad; por lo que en presencia del medio este quitará uno de los diez mil del plomo y diez de los diez mil del ébano. Si la altura de caída es de diez mil partes (unidades de medida) idénticas, cuando el plomo llega al suelo, la madera de ébano estará a diez partes (unidades de medida) del suelo de las diez mil unidades mencionadas. Y esto si la altura se reduce a doscientas unidades de medida podemos concluir que la separación de la madera en el momento que llega el plomo es de tan solo dos unidades aproximadamente; por lo que podemos asociar la relación que existe entre las distancias de caída y la separación del suelo en el instante que cae el plomo, así la separación será directamente proporcional a las distancias de caída, indicando que cuanto mayor sea la distancia de caída, mayor será la distancia de separación.

Ahora retomemos la bomba que mencionamos con anterioridad sabiendo que es tan solo cuatro veces más pesada que el medio (Aire); por lo tanto, si la dejamos caer el aire restará la cuarta parte de su intensidad de velocidad. Teniendo en cuenta la especificación anterior realicemos la experiencia ahora con el ébano y la bomba llena de aire (Membrana muy delgada que contiene aire); sabemos que el ébano pesa mil veces más que el aire por lo que el medio restará uno de sus mil grados de velocidad.

Si quitamos toda resistencia del aire los dos cuerpos caerán (no a novecientos noventa y nueve grados y tres grados de velocidad respectivamente) a mil grados de velocidad recorriendo la misma distancia en tiempos iguales. Así si se deja caer tanto la bomba llena

de aire como la madera de ébano desde una altura de mil unidades en presencia del medio; cuando la madera de ébano llega al suelo la membrana habrá recorrido tan solo doscientos cincuenta unidades del total de la distancia recorrida por la madera, esto intuye que las diferencia de caída de dos cuerpos de diferentes pesos o materiales está en relación a la acción propia que ejerce el aire (diferente para cada cuerpo) sobre los distintos cuerpos (Ver anexo # 3).

Resistencia del agua

Continuemos estas experiencias, pero ahora es necesario cambiar el medio, en adelante trabajaremos con las proporcionalidades que se presentan entre los diferentes materiales (que pueden penetrar el medio) y el agua como medio penetrado.

Con relación al medio el plomo es doce veces más pesado que el agua y el marfil tan solo dos veces más pesado, en una caída el agua reduce la velocidad del plomo en una doceava parte en tanto que reduce la mitad de la velocidad del marfil, así en un recorrido de doce unidades de medida, el plomo llegará al fondo en tanto que el marfil solo recorrerá seis unidades del total del recorrido siendo aventajado por el plomo en seis unidades.

Ahora dado que el fin es comparar la velocidad en los diferentes medios; comparemos el estaño tanto en el agua como en el aire. El estaño es mil veces más pesado que el aire y diez veces más pesado que el agua, por lo que el aire le sustrae un grado de sus mil grados de velocidad en tanto que el agua le sustrae la décima parte de su velocidad. Así, al recorrer distancias en tiempos iguales podemos concluir que el estaño recorre una distancia de novecientos noventa y nueve unidades en el aire en el mismo tiempo que recorre novecientas unidades den el agua debido a la acción de los dos medios.

Para el caso de un material tan solo un poco más pesado que el agua (como lo es la madera de encina) su peso en el aire es de novecientos noventa y ocho en proporción al aire en tanto que es de cincuenta grados en proporción al agua. Tanto Así, a una altura de mil unidades el aire restara solo dos grados de velocidad en tanto que en el agua restará novecientos cincuenta grados de su velocidad; por lo que a una distancia de novecientos noventa y ocho unidades recorrida en el aire el cuerpo estará a novecientos cuarenta y ocho metros alejado del fondo (en el agua). De esta forma si pensamos que la velocidad absoluta de la madera es de mil

grados en el aire será de novecientos noventa y ocho en tanto que la velocidad en el agua será de solo cincuenta grados ya que el medio le sustrae novecientos cincuenta grados de su velocidad total; por lo que el cuerpo se mueve a una velocidad aproximada de veinte veces en el aire a la que se mueve en el agua que es de tan solo la veinteva parte (Ver anexo #3).

Aquí podemos establecer una relación de proporcionalidad en cuanto a las velocidades en los dos medios y las diferencias de pesos en el agua de la siguiente manera:

$$\frac{\textit{Velocidad en el aire}}{\textit{velocidad en el agua}} = \frac{\textit{pesos total}}{\textit{peso total} - \textit{peso del agua}}$$

La velocidad en el aire es a la velocidad en el agua como su peso total a lo que excede este al peso del agua

Para ejemplificar si tenemos una bola de marfil con un peso de cincuenta onzas y su peso respectivo en agua es de diecisiete onzas, tenemos que la razón entre la velocidad en el aire y la velocidad en el agua es como la relación de cincuenta a treinta y tres

$$\frac{V \textit{ Aire}}{V \textit{ agua}} = \frac{50}{33}$$

El peso del aire

Recordemos que de acuerdo a lo planteado en el capítulo dedicado a los razonamientos aristotélicos, el aire es “ligero” por lo que se presenta una dificultad al relacionarlo con un peso específico del mismo; es así que dedicaremos un espacio al estudio y los argumentos que ofrece el señor Galileo para establecer una relación entre el peso del aire y su equivalente en agua y así mismo con los diferentes cuerpos sustancias que se puedan presentar.

Para iniciar pensemos en una membrana muy delgada (balón). Al que le introduciremos tanto aire como sea posible, de acuerdo al razonamiento aristotélico (puesto que el aire es ligero y propende hacia arriba) en cuanto mayor sea la cantidad de aire introducida en el balón, el balón se elevara más y más, ya que los cuerpos ligeros ascienden; pero lo que muestra la experiencia es contrario ya que al inflar un balón este en ningún momento intenta subir, por el contrario es posible afirmar que aumenta su peso o gana peso en tanto que reciba mayor

cantidad de aire (Ver anexo #4) y describe un movimiento rectilíneo hacia abajo si lo dejamos caer libremente.

El señor galileo con los experimentos expuestos deja claro que el aire pesa y que hay manera de medir esta magnitud, pero aún podemos también aclarar que el aire comprimido en el aire se comporta de la misma manera que en el vacío, puesto que está ocupando los vacíos permitidos dentro de la misma clase de sustancia, así el aire inmerso en el aire de la botella no debe tener ningún tipo de resistencia por parte del medio y esto es lo que se ha hablado del vacío. El vacío no ejerce ningún tipo de acción sobre el cuerpo inmerso en él; por lo que un cuerpo en el vacío caerá con total gravidez sin ser disminuida esta por algún motivo aparente o externo al cuerpo.

Todo lo anterior es con el fin de argumentar que bajo una condición determinada como lo es que el medio sea infinitamente sutil o con una densidad mínima, que no oponga ningún tipo de resistencia a los cuerpos que caen; estos caerán de la misma forma llegando al suelo con la misma velocidad invirtiendo la misma cantidad de tiempo. Conclusión que podemos establecer solo después de haber analizado detalladamente el comportamiento de diferentes cuerpos en los dos medios propuestos (Agua- aire) y el ideal (Vacío) (Galiei, Galileo. traducción Sadaba, J y Solís, C, 1981), p.173).

Síntesis Conceptual

Matriz comparativa (Aristóteles – Galileo)	
Aristóteles	Galileo
<ul style="list-style-type: none"> • Dos mundos: Dos tipos diferentes de organizaciones y leyes que los rigen (Perfección y corrupción) 	<ul style="list-style-type: none"> • El mundo es uno solo y aún en los astros hay imperfecciones que se pueden describir
<ul style="list-style-type: none"> • La visión aristotélica busca responder ¿Cómo es posible pensar el ser y cambio y particularmente el cambio local? 	<ul style="list-style-type: none"> • Los planteamientos Galileanos se preocupan por responder la pregunta ¿Cómo describir el cambio local?
<ul style="list-style-type: none"> • Principios y causas son la explicación a cualquier tipo de cambio (constante actualización) 	<ul style="list-style-type: none"> • La naturaleza tiene carácter matemático
<ul style="list-style-type: none"> • El lugar (Ahora comprendido como espacio) es una superficie que se 	<ul style="list-style-type: none"> • Estas partes no tienen características especiales sino que por el contrario

Matriz comparativa (Aristóteles – Galileo)	
Aristóteles	Galileo
<p>obtiene mediante la adición de todos los posibles puntos (no separados) con los que puede tener contacto un objeto al ser envuelto por el lugar que lo contiene, este tiene la capacidad de afectar los cuerpos contenidos por sus características especiales (Lugares naturales)</p>	<p>son equivalentes unas con otras, por lo que el espacio es insensible al movimiento de los cuerpos ya que a diferencia de los lugares naturales capaces de hacer que los cuerpos fueran en pos de ellos, este no ejerce ningún tipo de acción sobre dichos cuerpos</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo es el número de movimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • El tiempo es matemático y los movimientos se describen en función del tiempo.
<ul style="list-style-type: none"> • El movimiento es debido a la interacción entre dos lugares señalados en el cosmos (organización de las esferas) como lo eran los lugares naturales 	<ul style="list-style-type: none"> • El movimiento es debido a la propiedad de ser grave que tienen los cuerpos que se puede describir como relaciones entre magnitudes.
<ul style="list-style-type: none"> • Es cualidad de los cuerpos tender a su estado natural (tienden a un movimiento según su composición) 	<ul style="list-style-type: none"> • La gravedad actúa en los cuerpos independiente a su composición (Son atraídos hacia un centro)
<ul style="list-style-type: none"> • La materia está compuesta por tierra, fuego, aire y agua (Mundo terrestre) 	<ul style="list-style-type: none"> • La materia es única e indistinguible
<ul style="list-style-type: none"> • Movimiento local (Clases): Natural y violento 	<ul style="list-style-type: none"> • No hay motor y no hay clases de movimiento
<ul style="list-style-type: none"> • En el movimiento natural hay cuerpos que no tienden a caer (Livianos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los cuerpos caen
<ul style="list-style-type: none"> • La composición del cuerpo determina su grado de velocidad y cambio de lugar 	<ul style="list-style-type: none"> • Independientemente de la composición del cuerpo, es la interacción con el medio (Densidad del medio) la que influye en el grado de velocidad de un cuerpo
<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad de caída es constante y proporcional a su peso (Cuerpos graves) 	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad de los cuerpos varía (Aumenta) en relación a la densidad del medio y a la distancia de caída • Es posible medir los cambios de velocidad en función del impacto o la acción realizada sobre un cuerpo (Causas - efectos)

Matriz comparativa (Aristóteles – Galileo)	
Aristóteles	Galileo
<ul style="list-style-type: none"> El comportamiento de los cuerpos en caída se da en función de la relación que tiene con su lugar natural 	<ul style="list-style-type: none"> La caída de un cuerpo estará influida por la distancia de caída independiente a su naturaleza
<ul style="list-style-type: none"> Tanto el vacío como el infinito son conceptos incognoscibles y por lo tanto no aceptados en la teoría aristotélica 	<ul style="list-style-type: none"> Si bien no es posible percibir el vacío o el infinito, existe la posibilidad de modelarlo y entenderlo por medio de razonamientos lógicos (Experimentos mentales)
<ul style="list-style-type: none"> El movimiento en el vacío plantea velocidades infinitas (Magnitudes incognoscibles) 	<ul style="list-style-type: none"> Poder modelar el vacío plantea la posibilidad de postular un movimiento ideal de caída de los cuerpos “Todos los cuerpos caen de la misma forma en el vacío”
<ul style="list-style-type: none"> Se plantea una proporción uno a uno de tiempos de caída y el peso para los cuerpos graves 	<ul style="list-style-type: none"> Hay una proporción entre las diferencias de distancias de caída y la densidad del medio
<ul style="list-style-type: none"> En el vacío surgen movimientos instantáneos, se recorren distancias en una medida nula de tiempo, por lo tanto, es imposible el movimiento en el vacío. 	<ul style="list-style-type: none"> En un medio idealizado como el vacío todos los cuerpos caen en la misma forma.
<ul style="list-style-type: none"> Los cuerpos livianos tienden a su lugar natural(arriba) a mayor cantidad mayor será su deseo de subir a su lugar natural 	<ul style="list-style-type: none"> El aire pesa y por ende cae; ante una cantidad mayor de sustancia (aire comprimido) el cuerpo se comporta como un grave tendiendo a un centro

Un aporte a la enseñanza vinculando el análisis aristotélico y galileano de la caída de los cuerpos.

Es posible vincular el anterior análisis en procura de una puesta en aula que vincule los análisis realizados por el ilustre Aristóteles en relación a la caída de los cuerpos y su causalidad sustancial expuesta en capítulos anteriores, con la nueva forma que plantea Galileo para pensar la actividad científica, relacionada no solo con la experiencia sino con el intelecto mediante reflexiones experimentales lógicas (experimentos mentales) que cobran

importancia en el análisis y entendimiento de la naturaleza articulado a la enseñanza de las ciencias.

En congruencia con las anteriores afirmaciones se propone la Secuencia de aula (Bóolidos en el salón de clases ¡Reta tu mente y tu realidad!) (Ver anexo #6) como una posibilidad de análisis detallado de un evento de caída en procura de la formalización de una fenomenología asociada a dicho evento; en donde la afirmación “Dos cuerpos independiente a su masa y su composición en el vacío caen con la misma rapidez” no sea tan inmediata sino que vincule todo el proceso que demandó al señor Galileo en la formalización de las consideraciones idealizadas por medio de experimentos mentales y toda la información sensorial que ya poseía por su experiencia, con las posibles elaboraciones de los estudiantes, mediante un proceso si no idéntico muy similar; en procura de la construcción de su propio conocimiento, acercando las propuestas textuales algorítmicas y matemáticas de los libros de texto y las clases magistrales a la experiencia del estudiante.

Conclusiones

Después de haber realizado el presente análisis puedo confrontar una idea que se propone de manera premeditada y además imprecisa cuando se habla de Aristóteles y su filosofía natural ya que es común escuchar comentarios y ver escritos que proponen su trabajo como algo de lo común (entendiendo lo común como algo que cualquier persona puede proponer aun los niños) alejado de la elaboración teórica. Realizando el análisis evidencio que el trabajo propuesto por la filosofía natural de Aristóteles es bastante compleja, elaborada bajo todas las precisiones que la “lógica” demanda, rigurosa y detallada de tal forma que se llega a establecer como una forma explicativa de la constitución y comportamiento del universo valida durante más de 2000 años; siendo vigente como discusión dentro de las comunidades científicas.

Por otra parte el análisis histórico que se realiza muestra dos formas muy diferentes de explicar el mundo a partir de lo que se puede percibir de acuerdo a dos dinámicas diferentes de observación. Por una parte Aristóteles con un universo que posee dos configuraciones

diferentes (celeste - terrestre) propias de dos reglas de comportamiento diferentes, cada uno de estos mundo se rige bajo los parámetros de inmutabilidad y degeneración. Por otra parte Galileo asumiendo el universo bajo una sola forma explicativa que deja de lado el sustancialismo, realizando procesos de observación que incluyen no solo la percepción sensorial sino que además incluye el intelecto como herramienta, en donde para el caso de los cuerpos que caen el medio es un agente fundamental que se deja de lado por partir de modelos idealizados y no de eventos cotidianos.

Finalmente el presente análisis abre un posible camino de investigación en el cual se pueda tener en cuenta la historicidad de las ciencias y su proceso de construcción; además de las diferentes formas explicativas que se podrían encontrar en el aula de clase bajo parámetros de debate y argumentación en miras de la construcción de conocimiento.

Bibliografía

Aristóteles. Traducción y notas. R de Echandia, G. (1995). *Aristóteles Física*. Biblioteca Clasica Gredos: Gredos.

Bachelard, G. (2007). *La formación del espíritu científico (Vigésimosexta ed.)*. Buenos Aires: Siglo xix.

- Butterfield, H. (1958). *Los orígenes de la ciencia moderna, Versión castellana de Luis Castro*. Madrid: Taurus.
- Calvino, I. (1992). *Porque leer los clásicos (Traducción)*. Mexico: Tusquets.
- Candela, A. (1991). *Argumentación y conocimiento científico escolar*. Mexico.
- Galiei, Galileo. traducción Sadaba, J y Solís, C. (1981). *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. Madrid: Nacional.
- Giardina, G. R. (2012). *Fisica del Movimento e Teoria Dell'infinito: Analisi Critica di Aristotele*. Phys. III.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2003). *Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias*. España: Departamento de didáctica das ciencias, Experimentais Universidade de Santiago de Compostela .
- Katz, M. (2011). *Epistemología e hhistoria de la Química*. Recuperado el 20 de enero de 2017, de Epistemología e hhistoria de la Química: <http://www.rlabato.com/isp/qui/epistemo-001.pdf>
- Koyré, A. (1980). *Estudios Galileanos*. España: Siglo XIX.
- Koyré, A. (2000). *Estudios de historia del pensamiento científico*. Mexico: Siglo XIX.
- Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas (Traducción)*. Mexico: Fonndo de cultura economica.
- Malagon, J. F. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Orozco, J. c. (1999). *Síntesis de racionalidad galileana*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional .
- Panza, M. (2002). *Mathematisation of the Science of Motion and the Birth of Analytical Mechanics : A Historiographical Note*. Paris : CNRS, REHSEIS, UMR 7597 .
- Portolés, J. J. (2010). *La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de ciencias Vol 13*. Madrid España: Educación XIX.
- Sambursky, S. (1990). *El mundo físico a finales de la Antigüedad, Versión española de: Carlos Solís*. Alianza.

Anexos

Anexo #1

Discusión sobre la unicidad del ser y la multiplicidad del ser

Frente a la afirmación de la unicidad o multiplicidad del ser surge la primera contradicción en tanto que no se puede afirmar de forma simultánea por tratarse de cosas diferentes. Si el único principio es la sustancia, un hombre y un caballo u otra cosa serían lo mismo; esto no tiene sentido en el mundo real. Si el principio general es característico tan solo de una única cualidad; el sentido de absoluto de las diferentes cualidades no permite reconocer otros objetos que hacen relación particular de dichas cualidades.

Por ejemplo, si hablo en sentido absoluto de un color, este sentido absoluto homogeniza el término y no podría dar cuenta de los diferentes elementos que pueden contener de forma particular un color determinado. Si el caso particular es el color negro, un caballo, una paloma, una silla, etc. serían lo mismo contrario a la realidad. De las tres características del todo (Sustancia, cualidad y cantidad) solo la sustancia se presentaría de forma autosuficiente ya que tanto la cualidad como la cantidad dependen de la sustancia.

De esta forma Aristóteles argumenta la contradicción frente a la unicidad del ser o de un único principio que rige todas las cosas, si se habla de cualidad, cantidad y sustancia no es una sola cosa sino tres; si se habla de la cualidad debe hacerse referencia a la sustancia, por lo tanto no es uno sino dos; de forma similar si se habla de cantidad se hace necesario relacionar una sustancia por cuanto es cantidad de algo.

Ahora en cuanto al planteamiento del ser como un principio infinito, Aristóteles argumenta que si es una cantidad no se puede definir o entender ya que es infinito y el infinito es un elemento incomprensible para nosotros; no podemos dar cuenta de una sustancia infinita ya que una única cosa ocuparía todo y en lo real no vemos eso, no hay un único elemento que constituye todo. Y finalmente si doy cuenta de la cualidad como el único principio y además infinito que explica el ser, no se puede definir de esta forma puesto que es una cualidad como el amor, el odio, lo bueno lo bonito, etc. (Elemento no contable) no una cantidad y el infinito de ser comprensible sólo se puede establecer como una cantidad.

De esta forma no se puede admitir el término de infinito si el fin es establecer un principio que dé cuenta del ser; así si el ser es sustancia y cantidad, son dos y no uno, esto da cuenta de la idea de “multiplicidad del ser” planteada por Aristóteles que trajo consigo una muy baja aceptación entre los antiguos; bajo la premisa “El ser se dice en muchos sentidos” por lo cual tiene más de un significado.

En la misma línea surgen las afirmaciones de los físicos de la época en relación a la composición de los cuerpos como fuente de nuevas argumentaciones de Aristóteles en relación a la forma de los objetos y la cantidad de componentes que los conformaban. Ellos planteaban una composición donde todo estaba conformado de algo que ya es, además afirmaban que las cosas estaban compuestas de infinitas partículas homogéneas que mediante las diferentes interacciones sufrían cambios y combinaciones que daban razón de la forma como se estructura el ser.

Pensar en infinitas partículas que conforman un cuerpo, plantea una dificultad puesto que en el pensamiento aristotélico el conocimiento del infinito no era posible; y si una cosa está compuesta de infinitas partes sería infinita, de esta manera ni el número ni la forma sería comprensible puesto que interrogantes como ¿Qué forma puede contener una cantidad infinita de partículas? o ¿Qué cantidad es el infinito? No tendrán contestación; puesto que conocemos un compuesto solo si conocemos cuáles y cuántos son sus componentes.

Además, si un cuerpo está compuesto de partículas, estas no pueden tener la misma naturaleza ni forma, y esta naturaleza y forma no puede ser tampoco al azar, ya que la naturaleza no actúa al azar. Las partes del cuerpo no se componen de la misma forma y no tienen el mismo tamaño, un hombre no es igual a un caballo, y los caballos a su vez no son de cualquier tamaño; por lo que la crítica a los físicos establece que no hay partículas homogéneas y mucho menos infinitas en la composición de un cuerpo.

Anexo #2

Causas accidentales: suerte y casualidad

Ahondando en el estudio de las cosas que suceden, sabemos que hay cosas que suceden siempre en la misma manera y otras con frecuente regularidad; casos en los cuales no se puede culpar a la suerte o la casualidad por dichos acontecimientos; pero como además de

estos acontecimientos hay otros que pasan con muy poca regularidad y muy comúnmente se le atribuye la suerte a la casualidad puesto que sin un fin o una causa determinada suceden.

Entonces al ser innegables esto, se puede afirmar que tanto la suerte como la casualidad son algo; en la misma vía podemos decir que las cosas pueden suceder (para algo) producto del pensamiento bajo una racionalidad determinada o producto de la naturaleza, pero otros no, por su carácter accidental a estos Aristóteles les denomina (Suerte) ya que como lo mencionamos anteriormente las cosas son generadas por sí o por accidente y para el caso de las causas re cumple el mismo razonamiento.

Para lo anterior se plantea un ejemplo: en la construcción de una casa la causa por sí (no accidental) es la persona (hombre) que tiene la capacidad de construir dicha casa, pero de forma accidental este hombre puede ser de color blanco o tener como profesión músico, de esta forma la causa por sí es exacta y precisa, pero la causa fortuita no asegura una precisión ya que para una misma cosa es posible una multiplicidad de accidentes que la generan o causan.

Pero hablar de fortuito no es igual a hablar de suerte, lo fortuito es una causa en la cual el individuo no tiene elección, pero para Aristóteles hablar de es un acto en el cual el individuo es consciente aunque no se asegura la ejecución de tal fin pero si hay un fin determinado, en este sentido expone la suerte en la misma dirección del pensamiento ya que no es posible un proceso de elección sin que el individuo haga uso del pensamiento racional.

Lo anterior no quiere decir que la suerte pierda el carácter de indeterminación puesto que aun cuando hay elección de un fin determinado, no hay una certeza en alcanzar el tal, ya que no lo podemos prever, sólo podemos prever las cosas que suceden siempre o con alguna regularidad no una causa accidental como lo es la suerte.

Es bien sabido que la casualidad como la suerte son términos usados de forma sinónima, pero Aristóteles plantea una distinción importante, la suerte está en relación a quienes pueden tenerla ya sea buena o mala, está íntimamente relacionada a la actividad humana, por lo tanto ninguna cosa u objeto inanimado puede gozar de suerte salvo por alguna analogía, donde se puede atribuir el gozar de buena suerte a un cincel, por estar en manos del mejor artista, o al

calzado por estar en pies del más sabio, o a una piedra por ser esculpida en honor a los dioses, etc.

Mientras la casualidad es un conocimiento más amplio donde se incluyen todos los objetos inanimados o animales que se pueden notar en situaciones cotidianas; por ejemplo, si una silla se destruye al sentarse, a este suceso se le atribuye la causalidad ya que la finalidad de la silla es sentarse pero la causa accidental hace que ese fin cambie, de igual forma si un vaso se rompe, o si al mismo vaso al caer de un lugar muy alto no se rompe, puesto que se debería romper y esto no sucede por cuanto es un elemento inanimado se le atribuye la causalidad.

Lo anterior remite a el interrogante ¿Cuántas son las causas? Ya que parece son muchas, pero en realidad todas se deben a las cuatro causas fundamentales mencionadas con anterioridad ya que de ellas parten todas, ya sean por naturaleza, por accidente, por suerte o casualidad; no hay causas anteriores a ellas.

Es así que el físico en su tarea necesariamente debe conocer las cuatro causas, si es su fin dar respuesta al ¿Por qué? de las cosas; esto es a la materia, la forma, lo que produce el movimiento y al fin, en consecuencia de lo postulado por Aristóteles donde (**lo que es movido es movido por algo**).

Anexo #3

Experimentos (velocidad de los cuerpos es proporcional a la resistencia del medio)

Ante la imposibilidad de generar un medio con densidad mínima (análogo al vacío) total se propone la siguiente experiencia con el fin de intervenir en el comportamiento de caída de graves en medios cada vez más sutiles y poder afirmar lo expuesto en líneas anteriores.

El propósito en adelante será demostrar que la diferencia de velocidad en cuerpos que caen con diferente masa no es por esta diferencia, sino que es debido a la resistencia que presenta el medio para lo cual ejemplificaremos de la siguiente manera: inflamamos un globo compuesto por una membrana finísima de tal manera que comparado con el peso de una bola de plomo del mismo tamaño, será la milésima parte del peso de la bola de plomo. Así, al dejarlos caer libremente desde la misma altura; y si fuera posible experimentar desde una altura enorme, de seguro la bola de plomo recorrerá cien millas antes que el globo recorra una sola.

Si las distancias son pequeñas estos cambios o diferencias se hacen poco perceptibles. Por ejemplo si se deja caer un cuerpo con una masa enorme una distancia de una braza; su ventaja sobre el más ligero no será de más de la décima parte del total de la distancia recorrida; pero si la distancia recorrida se aumenta a doce veces, la ventaja que tomara el cuerpo más pesado será de un tercio de la distancia total recorrida y finalmente si la distancia son cien brazas la ventaja que tomara será del noventa por ciento y así sucesivamente (En distancias mayores-aventajará en mayor proporción)

Todos los cuerpos graves tienen una propiedad natural que los mueve hacia el centro de la Tierra con incrementos constantes de velocidad, es decir que en tiempos iguales añade incrementos iguales en la intensidad de la velocidad siempre y cuando se establezca la condición de que el medio no ejerza ninguna acción sobre los cuerpos. La acción que ejerce el medio es la resistencia y esta se opone al movimiento obligando a los cuerpos a abrirse camino apartando a los lados los obstáculos que se opongan a dicho movimiento valiéndose de su masa (C. Solís y J. Sadaba, 1981)

Para el caso de una membrana muy delgada llena de aire (análogo a una bomba de caucho) es más difícil atravesar el medio ya que la poca masa que posee es la encargada de ejercer acción sobre el medio y apartar los obstáculos; mientras que la bola de plomo posee más cantidad de masa que le permite ejercer una mayor acción sobre el medio y desciende más rápido. Pero si eliminamos por completo el aire, la membrana llena de aire tomará gran ventaja puesto que ya no hay ningún tipo de obstáculo y la bola de plomo tomara un pequeño incremento en su velocidad; de tal forma que eliminada la resistencia los dos cuerpos caerán a la misma velocidad. (C. Solís y J. Sadaba, 1981, p.166)

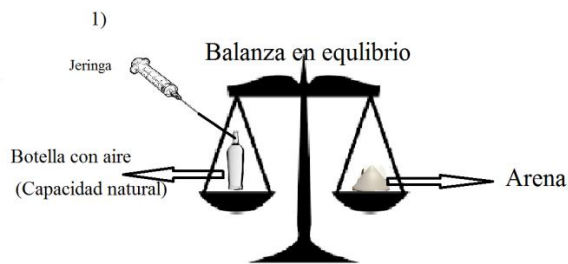
Para definir las proporciones en relación a la resistencia del medio y el peso de los cuerpos, permitiendo así la posible eliminación de las acciones del medio sobre cada cuerpo; examinaremos la acción que ejerce la pesantes propia del medio sobre los cuerpos y la medida de pesantes que sustrae de cada cuerpo al caer siendo este el agente que le posibilita penetrar el medio, apartando los obstáculos o partes de este hacia los lados. Además, es evidente que el medio aligera los cuerpos que contiene en proporción al peso y volumen que contiene su propia materia (es necesario revisar como es esta acción y determinar cuál es la magnitud de

dicha acción) caso que no se presentaría si el medio tuviera una densidad mínima (análogo al vacío) para el cual los movimientos serían siempre a la misma velocidad.

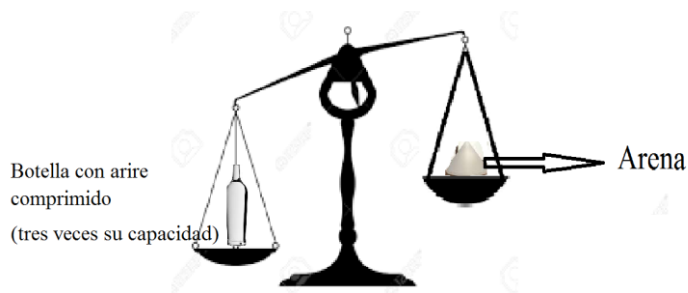
Anexo #4

Medida del peso del aire

Pensar aire comprimido en contradicción a los postulados aristotélicos de los lugares naturales vincula un cuestionamiento ¿el aire pesa? Para lo cual nos valdremos del señor Galileo y uno de sus experimentos que parafraseo de la siguiente manera:



En primera medida ubicamos una botella perfectamente cerrada, la cual tiene un sistema que permite introducir aire hasta tres veces su capacidad (por compresión) por medio de una jeringa.



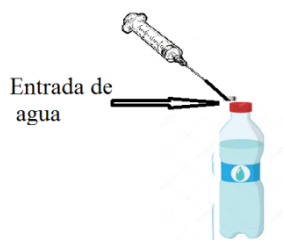
Después de introducir aire hasta completar tres veces la capacidad de la botella, notaremos que la balanza pierde su equilibrio establecido inicialmente, por lo que será necesario colocar una cantidad mayor de arena fina para equilibrar de nuevo la balanza.



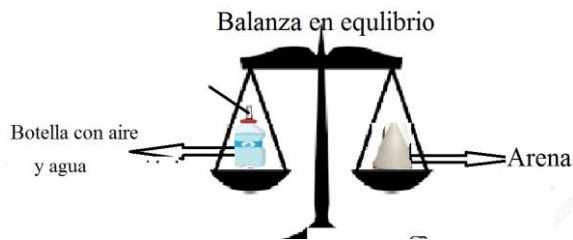
Estando en equilibrio dejaremos salir el aire que excede la capacidad del recipiente y quitaremos la arena que fue necesario agregar para equilibrar nuevamente la balanza. Si pesamos esta arena retirada podremos decir cuál es el peso de aire contenido en dos botellas como la mencionada en el anterior esquema; por lo que podemos decir hasta este momento que el aire tiene un peso y no es ligero absoluto. Puesto que el peso de la arena retirada es correspondiente al peso del aire introducido de manera violenta en la botella.

Para determinar el peso equivalente del aire en agua procederemos de la siguiente manera:

Tomaremos un frasco perfectamente cerrado que tan solo permita una entrada que en este caso va a ser de agua.



Se introducirá tanta agua como sea posible, lo que hará que el aire se comprima; al estar esta botella a su máxima capacidad contenida de aire y agua la pesamos.



Finalmente abrimos la válvula dejando salir el aire comprimido y pesamos de nuevo la botella, al conocer el peso sobrante obtendremos el peso del volumen del aire que será igual al agua introducida en el frasco

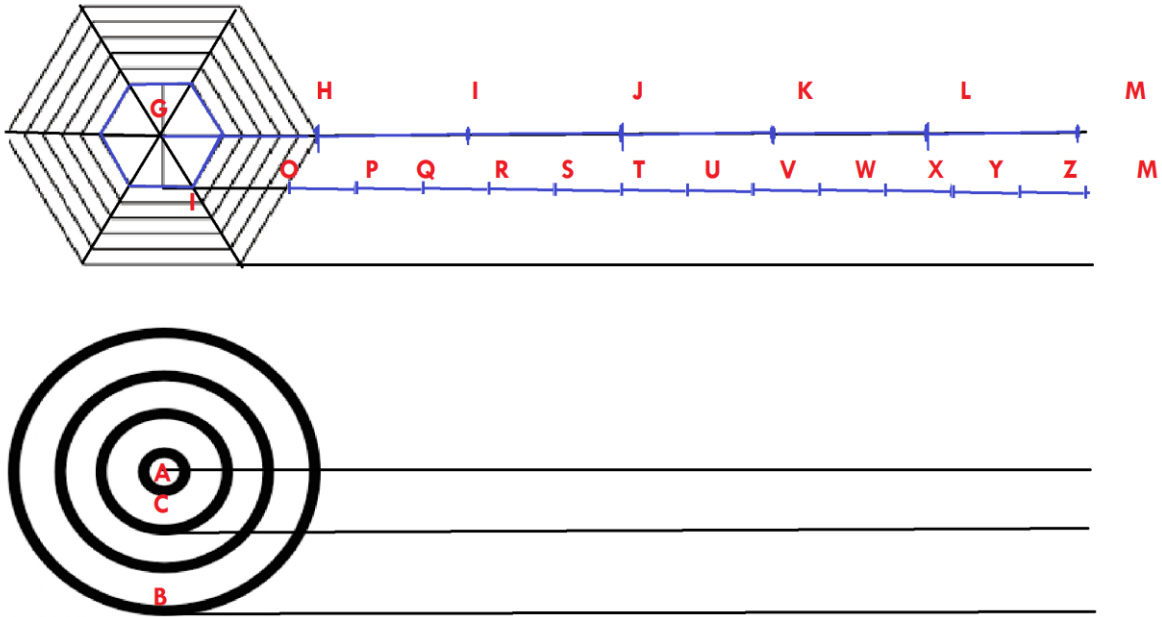
Anexo # 5

El infinito

Una de las discusiones más relevantes en el contexto galileano fue la concepción de las magnitudes infinitas; para lo cual Galileo propone el siguiente análisis. Puesto que no ha sido posible concebir un compuesto o adhesivo que sea capaz de mantener las partes de cualquier objeto o material unidas aun a temperaturas elevadas en periodos muy largos, sin ser esta consumida. Ya que el oro o la plata al ser calentados se funden, permaneciendo de esta forma en tanto que la temperatura elevada se mantiene. La explicación que se plantea tiene la siguiente orientación; en la medida que el cuerpo (Metal) es calentado, el fuego penetra en los ínfimos vacíos que son permitidos en la estructura interna del metal, permitiendo que las partículas del metal se muevan libremente. Al ser retirado el fuego, los espacios permitidos recuperan su lugar y es así que la materia se conserva casi en su totalidad (Salvo en algunos materiales) y el cuerpo recobra su rigidez inicial uniéndose las partes a causa de los múltiples o tal vez innumerables vacíos.

De esta forma es posible la afirmación (La unión es debida a innumerables resistencias) que vincula vacíos muy pequeños que pueden ser vencidos fácilmente, pero que por su multitud, componen una fuerza inmensa de adhesión. Por lo tanto una fuerza o resistencia que no sea infinita, puede llegar a ser vencida por una multitud de fuerzas mínimas.

De que parte uno de los problemas que más controversia y oposición representaban en la época, concebir el infinito, pero más aún concebir el infinito en una extensión continuo y finita. Para el cual Galileo propone la siguiente explicación:



Al hacer girar los dos sistemas en sentido de las manecillas del reloj el punto G del hexágono pasara por los puntos H, I, J, K, L y M; en tanto que el punto I hará más divisiones en su recorrido debido al tamaño del hexágono interno pasando por los puntos O, P, R, S, ..., M. de esta forma se hacen divisiones a un segmento de recta finito en tanto que el hexágono continua su recorrido; ahora si incrementamos el número de lado de la figura regular(hexágono) de seis a mil lados, el número de divisiones será aún mayor pero también será posible contarlas, así este número de divisiones será también finita.

Pero si giramos sobre el mismo segmento de recta un círculo (figura geométrica con infinitos lados) como se muestra en la figura anterior; los círculos A, B y C, pasaran por cada uno de los infinitos puntos que componen el segmento de recta. Si atribuimos a este segmento una magnitud de 5 brazas, es posible determinar que a dicho segmento finito se le puede hacer 6, 16 o un infinito nuero de particiones; sin embargo, al ser juntadas estas partes nunca será mayor su tamaño, y tampoco en el caso de las infinitas particiones será de magnitud infinita.

De esta forma es posible entender la composición de un continuo mediante infinitas partes indivisibles, pero surge el problema de reunir estos indivisibles, puesto que dos indivisibles no pueden conformar una parte divisible puesto que si así fuera, los dos podrían partirse en dos partes iguales y sus partes en partes iguales siendo así divisibles, a lo que el autor argumenta que ni dos, ni diez, ni mil, ni aun cien mil indivisibles podrían componer una parte

finita, puesto que se necesitarían infinitos indivisibles como lo vimos anteriormente en la composición del segmento de recta. Por lo que no se le puede atribuir propiedades de cantidades finitas a las partes infinitas, no hay posibilidad de sumar infinitos; ya que no hay un infinito más grande o más pequeño que otro, únicamente se puede establecer que son infinitos puesto que las propiedades de comparación (Mayor, menor o igual) es posible solo para razonamientos de cantidades finitas.

Para dar claridad a este razonamiento tomemos como ejemplo los nueros cuadrados¹⁸; si pretendemos comparara la cantidad de números cuadrados con la cantidad de números cuadrados y no cuadrados incurrimos en lo siguiente: si nos preguntamos cuantos son los números cuadrados, se puede responder que son tantos cuantas raíces tengan; pero si la pregunta es cuantas raíces hay, es innegable que existirán tantas como nueros y puesto que no conozco la cantidad de números podría decir que son infinitas, así mismos puedo decir que los números cuadrados y no cuadrados son infinitos, pero no puedo decir que este conjunto sea mayor que el primero puesto que los dos son infinitos y no es posible la comparación ante el desconocimiento del ultimo termino para los dos casos.

Así un segmento de recta independientemente de la magnitud, no está compuesta por más o menos puntos en relación a otra, solo está compuesta de infinitos puntos. Aquí podemos concluir que las magnitudes continuas están compuestas de infinitos indivisibles.

Anexo # 6

Secuencia de aula

¹⁸ El número cuadrado, es un concepto dado en la rama de lo que son las matemáticas, lo que corresponde al concepto de un número cuadrado, es la definición de un número entero que viene a ser el cuadrado de algún otro número, para que se entienda un número cuadrado es aquel número cuya raíz cuadrada es un número entero. Revista interactiva NumeroDe: <http://numerode.com/para/numero-romanos.php>

