

**ONTOLOGÍA Y EPISTEMOLOGÍA EN LOS PENSAMIENTOS DE ARISTÓTELES,
GALILEO Y NEWTON EN EL ESTUDIO DE LA CAÍDA DE LOS CUERPOS:
INFLUENCIA DE LOS CONTEXTOS HISTÓRICOS Y SOCIO-CULTURALES EN LA
CREACIÓN DEL CONOCIMIENTO**

**Wilson Estiven Cardona Moreno
COD: 2015246013**

**Asesor
Juan Carlos Orozco Cruz**

**Línea
Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural**

**Universidad Pedagógica Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias y Tecnología
Licenciatura en Física
Bogotá. Colombia
2024**

Contenido

Índice de Cuadros.....	2
Índice de Diagramas.....	2
Introducción	1
Contexto.....	3
Marco Referencial	6
Antecedentes.....	6
Bases Teóricas.....	8
Perspectiva cultural para la enseñanza de las ciencias: relación entre cultura y conocimiento.	9
La historia: Conceptos y Categorías.....	10
Compromisos ontológicos y epistemológicos	11
Capítulo I - El contexto histórico y sociocultural de Aristóteles, Galileo y Newton.....	14
1.1 Aristóteles y el contexto educativo griego.....	14
1.2 Galileo y la revolución científica del siglo XVI	16
1.3 Newton, entre Dios y la ciencia.....	19
Capítulo II - Referentes ontológicos y epistemológicos.....	23
2.1 Aristóteles y la naturaleza humana	23
2.2 Galileo, ciencia y experimentación.	25
2.3 La Filosofía Natural Newtoniana	29
2.4 Comparación de los Compromisos de Aristóteles, Galileo y Newton	33
Capítulo III - El evento de la caída de los cuerpos a partir de los planteamientos de Aristóteles, Galileo y Newton.	36
3.1 Aristóteles, atracción al centro del universo.	36
3.2 Galileo, bases de la mecánica moderna	38
3.3 Newton, La Ley de la Gravitación Universal.....	41
3.4 Desarrollo de la concepción de la caída de los cuerpos entre los filósofos naturales	43
Conclusiones	46
Referencias.....	49

Índice de Cuadros

Cuadro 1.	Compromisos Ontológicos y Epistemológicos	13
Cuadro 2.	Cuadro comparativo de Compromisos Ontológicos	34
Cuadro 3.	Cuadro comparativo de Compromisos Epistemológicos.....	35

Índice de Diagramas

Diagrama 1.	Compromisos Ontológicos y Epistemológicos de Aristóteles.....	25
Diagrama 2.	Compromisos Ontológicos y Epistemológicos de Galileo	28
Diagrama 3.	Compromisos Ontológicos y Epistemológicos de Newton	33
Diagrama 4.	Datos consignados en el folio 107v de Galileo.....	40

Introducción

La presente investigación enmarcada en la línea de profundización Enseñanza de las Ciencias desde una Perspectiva Cultural, aborda los compromisos ontológicos y epistemológicos en los pensamientos de Aristóteles, Galileo y Newton aplicados al estudio de la caída de los cuerpos, en el entendido que dichos compromisos representan posturas individuales que surgen de los contextos históricos y socio – culturales; por lo que ejercen gran influencia en la creación del conocimiento.

El compromiso ontológico constituye el constructo que determina la forma de reconocer la realidad, mientras que el compromiso epistemológico se refiere a la manera de construir el conocimiento para definir esa realidad. Al respecto, Pedreros (2011) concibe los compromisos ontológicos como las creencias, las visiones y el acercamiento conceptual del mundo que tienen las personas; en tanto, define los compromisos epistemológicos como la forma de razonamiento de la que parte el conocimiento. Puede comprenderse entonces que, dichos compromisos surgen de las experiencias, del aprendizaje acumulado, así como de la interacción con el entorno.

La investigación surge del interés en evidenciar que la ciencia no es una construcción espontánea e individual, por el contrario, surge de los procesos históricos, socioculturales y políticos que son indisociables del proceso de construcción de conocimiento científico. En este sentido, se busca comprender la naturaleza de las perspectivas culturales que permiten una recontextualización de los saberes en ciencias, específicamente en Física, tomando en cuenta el proceso histórico y las visiones ontológicas y epistemológicas que las caracterizan.

Para orientar metodológicamente este estudio se parte por considerar el enfoque de investigación; el mismo hace referencia a la perspectiva o la manera de abordar el problema. Por esta razón se formula una investigación de enfoque cualitativo que, de acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014) permite describir y comprender los fenómenos no cuantificables para realizar un proceso flexible y circular. Este enfoque presenta un conjunto de características que lo hacen viable para el estudio que se realiza, pues su marco son los fenómenos sociales y humanos complejos. Así mismo, el tipo de investigación es descriptiva ya que se describen los compromisos ontológicos y epistemológicos de tres grandes pensadores de la filosofía y la ciencia, Aristóteles, Galileo y Newton, el marco cultural y el proceso histórico en el que se vieron inmersos, en el campo del estudio de la Física, específicamente, el evento de caída de los cuerpos.

La técnica utilizada en esta investigación es el análisis documental, entendido como el proceso en el cual se busca, se analiza, se recupera y se interpreta los datos obtenidos y registrados por investigadores en fuentes documentales impresas, audiovisuales o electrónicas (Arias, 2012). En este caso, se utilizaron fuentes secundarias, donde se buscaron textos, artículos e investigaciones que presentaran información sobre la recontextualización de saberes como alternativa para reorientar los procesos de enseñanza de las ciencias en general; se seleccionaron documentos sobre el proceso histórico y los compromisos ontológicos y epistemológicos para el momento en el cual se establecieron las teorías y postulados de Aristóteles, Galileo y Newton; y se analizó el evento caída libre en física considerando los contextos en los cuales se establecieron los postulados de los tres filósofos naturales.

El trabajo se inicia con el contexto de la situación en estudio, en el mismo se explica el planteamiento del problema, que se resume en el hecho de pensar que la ciencia ha sido una construcción espontánea al margen de los procesos históricos y socioculturales en los cuales se ha desarrollado; así mismo, se asume que las ciencias en general y específicamente la Física, han mantenido un modelo de enseñanza que no permite que esos conocimientos se asocien con la realidad cotidiana y social de las personas. A partir de ese contexto, se plantean los objetivos de la investigación. Así mismo, se desarrolla el marco referencial de la investigación que incluye los antecedentes del estudio y las bases teóricas.

El capítulo I hace un recorrido por el contexto histórico y sociocultural de Aristóteles, Galileo y Newton en el cual configuraron sus cosmovisiones; en el capítulo II se identifican sus compromisos ontológicos y epistemológicos; mientras que en el capítulo III se analiza el evento de la caída de los cuerpos desde la perspectiva de Aristóteles, Galileo y Newton a través de un proceso didáctico basado en la recontextualización de los saberes.

La investigación aporta a la línea en el fortalecimiento, enriquecimiento y actualización del discurso constituido con respecto a los estudios histórico-filosóficos, histórico-crítico, recontextualización de saberes y práctica cultural de la enseñanza de las ciencias.

Contexto

Son diversas las concepciones que se presentan cuando se trata del análisis de la naturaleza de la ciencia y específicamente de su estudio y enseñanza. Es así como mientras algunas corrientes de pensamiento abordan el problema del conocimiento con énfasis en su origen, otras se enfocan en la relación entre el objeto y sujeto (Briones, 1996), lo que contempla la vinculación del conocimiento y su contexto. De esto deriva que en la primera postura se concibe a la ciencia como objetiva, neutral, universal e independiente; mientras que en la otra perspectiva, la ciencia trabaja para aproximarse a la realidad. Desde este último enfoque, el conocimiento científico puede entenderse también como un modo de producción histórico, social y colectivo, pues los conceptos y teorías se sitúan en el momento histórico y en el contexto cultural en el que se producen. En consecuencia, los modelos que la ciencia construye, son influidos por el entorno social, político, religioso y cultural en el que son concebidos y consensuados y los temas, estrategias e impactos de la ciencia involucran valores y conflictos en los que intervienen distintos actores sociales.

Tomando como base lo anterior, el perfeccionamiento de los sistemas educativos en la etapa actual de desarrollo social, insiste en la necesidad de renovación de la educación científica, por su contribución a la formación de ciudadanos competentes que puedan actuar reflexivamente ante los crecientes cambios científicos y tecnológicos. Esa nueva visión de la educación científica implica el reconocimiento de la ciencia como una empresa humana en continua construcción, en el marco de un contexto social, político, económico e histórico, que condiciona su evolución. En la enseñanza de la Física y de las Ciencias Naturales, solía ocurrir una desconexión entre conceptos, representaciones formales y situaciones del mundo. No obstante, que desde el impulso de vertientes educativas orientadas hacia el aprendizaje significativo, se toman en cuenta las concepciones previas de los estudiantes, que en definitiva determinan su disposición para aceptar conocimientos que representan su realidad conocida; en la actualidad aún existen prácticas educativas que desconocen que la vida cotidiana y la dinámica social en la cual se desenvuelven las personas les permite construir sus propias explicaciones e interpretaciones del mundo. Al respecto, Aragón y Cabarcas (2023) exponen “la urgencia de reconocer la necesidad que, en cada curso o grado académico, se implementen contenidos adaptados al contexto del educando de acuerdo con las discusiones de las ciencias naturales y los mecanismos establecidos en el currículo educativo” (p. 10); tras hallar en un estudio de caso que los contenidos se desarrollan de forma

descontextualizada con la realidad, lo que dificulta no solo la comprensión, sino la percepción de utilidad de los mismos.

Esta investigación parte del principio de que todo conocimiento tiene un contexto; por esta razón se exploran los aspectos históricos y socioculturales que enmarcaron el estudio de la caída de los cuerpos, para evidenciar la modelación de un concepto como la gravedad, así como la construcción y evolución de teorías sobre un mismo fenómeno. Esta búsqueda implica la interpretación del evento físico mencionado desde y a través de la realidad social, cultural y científica de tres grandes estudiosos: Aristóteles, Galileo y Newton. Se asume que para estudiar un tema como el señalado, es preciso visualizarlo desde la creación de la teoría que dio inicio a los hallazgos que hoy consolidan el panorama científico y tecnológico con el que se cuenta actualmente. Se considera fundamental reconocer que la ciencia es influenciada por la realidad social y cultural de sus creadores para establecer un proceso de recontextualización de saberes desde una perspectiva cultural para la enseñanza y aprendizaje de la física.

Esto contempla reconocer que los conceptos y teorías en las ciencias se articulan con su entorno de forma dinámica, y permite avanzar en la puesta en práctica de propuestas de enseñanza de la física que partan de la realidad como hecho concreto, superando la visión abstracta y aislada de las ciencias. Esta visión reviste gran importancia para la generación de propuestas de enseñanza que partan de la experiencia y que les den sentido y explicación a los fenómenos, reafirmando la pertinencia de las ciencias.

Consideraciones como las anteriores permiten plantearse la siguiente interrogante: ¿Cuáles son los aspectos ontológicos y epistemológicos que subyacen en las teorías sobre el estudio de la caída de los cuerpos de Aristóteles, Galileo y Newton; teniendo en cuenta su contexto histórico y contexto sociocultural?

En la presente investigación, la indagación en torno a la pregunta anterior se orienta a definir los compromisos ontológicos y epistemológicos en los pensamientos de Aristóteles, Galileo y Newton aplicados al estudio de la caída de los cuerpos, en reconocimiento de la influencia de los contextos históricos y socio-culturales en la creación del conocimiento, y esto implica, a grandes rasgos:

1. Describir el contexto histórico y sociocultural de Aristóteles, Galileo y Newton que configuraron sus cosmovisiones.

2. Identificar los compromisos ontológicos y epistemológicos de Aristóteles, Galileo y Newton.
3. Analizar el evento de la caída de los cuerpos desde el planteamiento de Aristóteles, Galileo y Newton a través de un proceso didáctico basado en la recontextualización de los saberes.

Marco Referencial

Todo proceso investigativo debe tener una plataforma de referencias que permitan al investigador asumir una postura teórica sobre el problema de estudio. Al respecto, Arias (2012) señala que el Marco Referencial “es el producto de la revisión documental-bibliográfica y consiste en una recopilación de autores conceptos y definiciones, que sirven de base a la investigación” (Arias p.107). En este estudio, el marco referencial está constituido por los antecedentes, que reflejan los avances y el estado actual de los conocimientos de un área determinada; y las bases teóricas, las cuales implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones de un punto de vista o enfoque adoptado para sustentar y explicar el problema planteado.

Antecedentes

Los antecedentes de la investigación, constituyen estudios que guardan relación con los objetivos planteados. En el caso que se aborda, son numerosos los trabajos en el campo de la historia de la ciencia y su enseñanza en los que se exploran las explicaciones sobre la caída de los cuerpos en diferentes contextos y, en particular, en relación con la obra de Aristóteles, Galileo y Newton. Entre ellos, destacan las investigaciones en las que se resaltan los procesos de recontextualización y resignificación de la fenomenología correspondiente y los criterios que de esta labor se pueden derivar para orientar el trabajo en el aula o comprender la incidencia de las concepciones y visiones de mundo de las comunidades a las que pertenecen maestras, maestros y estudiantes.

En particular se reconocen los aportes que para esta investigación brindaron los siguientes trabajos, en el entorno local, en lo nacional y en lo internacional.

En el caso de estudios locales, también de ámbito nacional, se hace referencia a la investigación elaborada por Pedreros, Rosa I. (2011) *Compromisos ontológicos y epistemológicos en el estudio de situaciones de equilibrio, en comunidades culturalmente diferenciadas*, Colombia. El estudio presenta un análisis comparativo de los compromisos ontológicos y epistemológicos en comunidades con características culturales diferenciadas. El enfoque metodológico utilizado fue el cualitativo y el tipo de investigación fue el interpretativo, en el que se aplicó una encuesta con ocho situaciones, preguntas orientadoras y niveles de análisis. La población la constituyó un grupo de estudiantes de la Universidad del Cauca de las etnias Misak, Guambiana, Nasa, Páez y Mestiza y

la muestra fue integrada por 72 estudiantes con edades comprendidas entre 18 y 25 años y que pertenecen a las etnias mencionadas.

Los resultados del estudio consideran las relaciones, significados, concepciones y explicaciones sobre la idea de equilibrio, sus interrelaciones, relevancias y jerarquías; los cuales permiten comprender los compromisos ontológicos y epistemológicos subyacentes en las ideas de los estudiantes. Concluye afirmando que las creencias y sistemas de conocimientos relacionados con la experiencia personal y los elementos culturales de su comunidad, definen su visión y conocimientos sobre el tema; se asume el mundo natural, físico y sociocultural desde sus relaciones con el mundo que los rodea.

Esta investigación se toma como referencia porque vincula lo cotidiano con conceptos físicos, y explora respuestas de distintos grupos culturales ante situaciones de aparente intrascendencia, para ubicar los compromisos ontológicos y epistemológicos en el contexto sociocultural de los individuos que participaron en el estudio.

En relación a las investigaciones realizadas en Argentina y México sobre el tema que se desarrolla en esta investigación, se hace referencia a los presentados por:

Menéndez, V. (2023). *El uso de la historia para mejorar la enseñanza de la física: las ideas científicas en la antigüedad y la edad media*. Instituto Superior de Formación Docente 117. Buenos Aires, Argentina. El autor identifica la importancia de incorporar el contexto histórico en el análisis de los descubrimientos y su vigencia en el tiempo, y con ello, desarrollar el proceso de creación de conceptos de la ciencia física, en correspondencia a los saberes de la época y las restricciones socioculturales impuestas. En su estudio hace referencia a una frase de E. Mach (1867): “La teoría científica sólo puede comprenderse si se comprende su desarrollo histórico” (citado por Matthews, 2017) como un precepto didáctico propio. El mismo Matthews señala que los retos que enfrenta la ciencia actual a nivel teórico, curricular y pedagógico no podrán resolverse si no se acude a la historia y a la filosofía de la ciencia para encontrar soluciones.

Se considera un antecedente válido debido a que resalta la importancia de incluir en el proceso pedagógico de la física el contexto histórico y su desarrollo.

Álvarez García, J.L. (2012). *El fenómeno de la caída de los cuerpos*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias, Departamento de Física.

El autor hace una recopilación de la historia de los estudios sobre el fenómeno de la caída de los cuerpos, desde Aristóteles hasta Galileo, en la que muestra cómo las visiones particulares de los científicos influyeron en el análisis del fenómeno en estudio; las contradicciones entre sus distintas perspectivas, así como los errores que cometieron en la formulación de sus teorías, y sus rectificaciones. Con esta reconstrucción histórica, se pone en evidencia la manera en que fue evolucionando la noción, la explicación y los conceptos relacionados con el fenómeno de la caída de los cuerpos.

El desarrollo del trabajo comienza con la visión aristotélica sobre la caída de los cuerpos, que de acuerdo al autor, está estrechamente relacionada con la filosofía de Aristóteles, para quien los fenómenos naturales tienen “una finalidad, una causa”; posteriormente se refieren a una serie de pensadores y científicos que hicieron sus aportes a dicho fenómeno, entre el momento histórico de Aristóteles y el de Galileo, resaltando la importancia de éste último, por sus aportes en la transición hacia una nueva ciencia. Este trabajo se toma como antecedente porque presenta una reconstrucción histórica sobre los estudios del fenómeno de la caída de los cuerpos, en la que resalta la creación científica y aportes de Aristóteles y Galileo. Así mismo, demuestra que la producción del conocimiento científico surge en un contexto sociocultural y desde la noción del mundo de sus creadores.

Bases Teóricas

Las características del problema de investigación planteado en este estudio se diversifica en tres grandes aspectos que deben ser considerados para su comprensión y explicación: en primer lugar, se asume que la enseñanza de la ciencia debe considerarse desde la perspectiva cultural a través de la recontextualización de saberes; en segundo lugar, se considera que esa recontextualización de saberes implica considerar el proceso histórico a través de dos categorías: la temporalidad (tiempo histórico) y la espacialidad (espacio-lugar histórico); en tercer lugar, la visión ontológica y epistemológica propia de ese proceso histórico, la cual deriva en compromisos ontológicos y epistemológicos de los pensadores e investigadores de la ciencia y sus teorías, tomando las aproximaciones a la explicación de la caída de los cuerpos en una ventana de tiempo de veinte siglos.

Perspectiva cultural para la enseñanza de las ciencias: relación entre cultura y conocimiento.

A partir de la premisa de que los contextos socioculturales influyen en las formas de construcción del conocimiento y a su vez, del aprendizaje, es pertinente resaltar la interrelación que existe entre cultura y conocimiento. Así, las experiencias, la visión del mundo, los sistemas de creencias, las costumbres y hábitos, entre otros aspectos que conforman la construcción cultural individual determinan la interpretación del conocimiento y sus significaciones. En opinión de Molina (2014):

[...] develar estas interrelaciones entre cultura y conocimientos, no solo implica desentrañar estructuras de significación, determinar su campo social y su alcance, sino además, entender cómo los procesos de conocer del sujeto no son actos neutros, mas por el contrario son intencionales e interesados porque están dotados de sentido y significación (P. 23).

Molina (2014) también señala que el término cultura sigue un campo de posibles interrelaciones: el significado construido y su trayectoria en el tiempo, lo que implica transmisión y sedimentación, expresadas en concepciones simbólicas. Esas concepciones se generan a través del caudal de intercambio: los seres humanos se comunican, se perpetúan y desarrollan a través del signo, el símbolo, la comunicación, la significación; elementos que constituyen dicho caudal. En este sentido, asume el concepto semiótico de cultura como el más útil para explicar la relación entre cultura y conocimiento.

Significa entonces que en la relación entre cultura y conocimiento se entremezclan las percepciones e interpretaciones individuales sobre la realidad con el intercambio entre las personas, este último determinado por los símbolos y signos que inciden en las formas de comunicación. En otras palabras, entre cultura y comunicación subyacen aspectos individuales y colectivos, fuertemente influenciados por las formas de comunicación, que a su vez, determinan la manera en la que se produce y transmite el conocimiento.

Por otra parte, Martín (2004) reafirma lo siguiente:

(...) «La ciencia es tan antigua como la conciencia; ella nació el día en que el hombre, por primera vez, dedicó un instante a la observación de una gota de agua, de leche o de sangre, de un trozo de piedra, de piel, de fruto, y cuando a este propósito se plantea alguna cuestión. Y, después, cuando el hombre confía sus interrogantes a otro, crea la información; su reflexión y transmisión constituyen la cultura» (p.303).

Es decir, la utilización de conceptos actuales de la ciencia y la técnica ha surgido, en cada momento, a través de su particular manifestación cultural; lo que hace pensar en una ecuación compleja cuyas variables la conforman la ciencia, la tecnología, la cultura y la sociedad, cuya resultante es la evolución cultural o sucesión de culturas humanas en las que el período de ritmo va siendo cada vez más corto y en las que el cambio de las estructuras sociales tiene una interpretación fundada en los avances científicos y tecnológicos.

El análisis que hace Martín (2004) puede resumirse en los siguientes aspectos que enriquecen el tema sobre ciencia y cultura. Señala lo siguiente:

- El contexto histórico marca la relación entre Filosofía y Ciencia, formando una síntesis cultural que duró siglos. Se hace referencia a la influencia de Aristóteles en esa relación, pues fue capaz de recopilar en el siglo IV a.C. el saber científico de la época pues sus obras abarcan temas científicos, éticos, políticos y metafísicos; defendía la observación empírica y la lógica para comprender el mundo natural. Su enfoque de la observación y clasificación de la naturaleza sentó las bases para la investigación científica posterior.
- Plantea el autor que el advenimiento del método científico y la liberación de trabas religiosas llevaron a la separación entre Ciencia y Filosofía (Renacimiento). Sin embargo, augura nuevas formas de interacción entre Ciencia y Cultura pues tanto la calidad de vida y el bienestar de los seres humanos están ligados a ellas, lo cual permite una comprensión global del mundo.

Las referencias anteriormente mencionadas dan cuenta de cómo los contextos históricos son determinantes en la forma de pensamiento y la interacción social. En el entendido que la cultura contempla un cúmulo de códigos y creencias individuales y colectivas, es lógico asumir que lo planteado sobre la relación entre ciencia y cultura, pasa por entender cómo las perspectivas culturales determinan la enseñanza de las ciencias en general y de la física en particular. Es así como la cultura será restrictora o liberadora de la ciencia, por ende, del conocimiento; como lo ha evidenciado la historia.

La historia: Conceptos y Categorías

Tal como lo señala García, R. (2016) la historia estudia a los hombres en espacio y tiempo, es la historia de la sociedad; por lo que debemos asumirla como proceso social y como ciencia social. Cita a Kapsoli, W. (1983) cuando afirma que la historia “es la ciencia que estudia las

relaciones sociales entre los hombres y las modalidades de sus cambios... toda sociedad en una estructura determinada, una modalidad de funcionamiento, de desarrollo y que lleva consigo el principio de la contradicción que determinará su cambio y superación” (Kapsoli p.5).

Para profundizar en este tema, es necesario explicar las categorías que están asociadas a la investigación que se realiza: hecho histórico, proceso histórico, tiempo histórico y espacio histórico. Tal como lo establece la Universidad Nacional Autónoma de México (2017) en su portal académico cuando se habla de un hecho histórico, los historiadores lo conceptualizan desde lo relevante para la comprensión del pasado, pues ha tenido impacto en la sociedad, puede ser explicado en su propio contexto de acuerdo a la situación política, social y cultural del momento y el lugar donde se produjo y si es protagonizado por seres humanos.

Al igual que el “hecho histórico”, el proceso histórico es una categoría elaborada por los historiadores para referirse al conjunto de acontecimientos y cambios de la sociedad que están relacionados entre sí. Dicho de otra manera, los historiadores relacionan distintos hechos históricos y los organizan en un relato que busca explicar las transformaciones políticas, sociales, culturales y económicas por las que atraviesan las sociedades humanas.

La historia como disciplina científica estudia los hechos, sucesos o acontecimientos que transforman la sociedad en un lugar y un tiempo determinado. Es el estudio de la Humanidad a través del tiempo y el espacio; ese tiempo y ese espacio son la temporalidad y la espacialidad que permite la ubicación del hecho histórico en sus justas dimensiones.

La temporalidad hace referencia al tiempo histórico, es el movimiento de la sociedad, de lo humano, de los acontecimientos del hombre. Se percibe, es una construcción mental, subjetiva y heterogénea. Se estudian las causas y las consecuencias que generan los acontecimientos en ese tiempo histórico. La espacialidad es el lugar físico, geográfico y socio-histórico, es el espacio histórico donde se dan los acontecimientos, porque hacen referencia a toda la construcción histórica y social particular que se ha desarrollado en ese espacio.

Compromisos ontológicos y epistemológicos

Es importante situarse en las definiciones de los compromisos ontológicos y epistemológicos para comprender estas posturas en los filósofos naturales, frente al fenómeno físico de la caída de los cuerpos. Los compromisos ontológicos se enfocan sobre el marco inicial de pensamiento de los mismos y los compromisos epistemológicos llevan a ubicar los métodos y procesos para su análisis y descubrimientos. Dichos compromisos juegan un papel importante en

el estudio de la física, subyacen a los procesos de razonamiento y contribuyen a la naturaleza compleja del razonamiento científico. Puede encontrarse que con investigaciones posteriores los postulados de un filósofo son corroborados o descartados, pero al contextualizar de donde partieron y sus métodos utilizados se valoran los mismos.

Cuando se menciona el compromiso ontológico al referirse a lo real, “estar ahí” que daría lugar de la realidad constituida por las personas, en donde se sitúa y actualiza a partir del sentido que se da al mundo, se establece diferencia con el compromiso epistemológico que se orienta a los criterios sobre lo que es y cómo se procede a construir el conocimiento. Para De Berríos y Briceño (2009) la orientación epistemológica:

(...) hace referencia a la distinción gnoseológica o espacio concretamente epistemológico en tanto su alusión al “saber” o a la fuente del “saber” en una investigación. Según esta primera dimensión del tratamiento epistemológico en una investigación, es necesaria una distinción gnoseológica, que implica exaltar la fuente del conocimiento que da sustento a la investigación que se trate (p47).

Esta orientación gnoseológica está referida a las convicciones acerca de la fuente del conocimiento, simplificada en dos valores como son, el “empirismo” y el “racionalismo”. Refiere pedreros (2013) asume que “las ideologías y las constricciones sociopolíticas influyen grandemente las opiniones conscientes sobre el conocimiento, sobre sus fuentes, sobre lo que se considera legítimo o aceptable” (p. 124) en síntesis, sobre las imágenes del conocimiento.

Troncoso (2009) establece una definición para el compromiso ontológico: “En la filosofía del lenguaje y la metafísica, un “compromiso ontológico”, se menciona para hacer necesaria una proposición en la cual la existencia de una cosa es presupuesta o implicada al afirmar la existencia de otra” (p. 20).

Así tendremos que para Pedreros (2011) “Los compromisos epistemológicos, se refieren a aquellos criterios acerca de lo que es el conocimiento y como se procede para construirlo, aspecto que determina las imágenes y fuentes conocimiento de cada época” (p. 10).

En el siguiente cuadro se sintetiza la conceptualización y los aspectos esenciales que contemplan los compromisos ontológicos y epistemológicos.

Cuadro 1.*Compromisos Ontológicos y Epistemológicos*

Compromiso ontológico	Compromiso epistemológico
Los compromisos ontológicos se basan en concebir conceptos y creencias, que constituyen realidades externas e independientes al sujeto que asume la existencia de un mundo organizado.	Los compromisos epistemológicos serán los criterios acerca de lo que es el conocimiento y cómo se procede para construirlo tomando en cuenta las imágenes y fuentes de conocimiento de cada época, con la influencia de las ideologías y elementos sociopolíticos del momento.

Fuente: Elaboración propia

En tal sentido, la identificación de los compromisos ontológicos de Aristóteles, Galileo y Newton permitirá establecer cómo pudieron enfrentar el problema de la caída de los cuerpos desde sus percepciones y visiones de mundo, lo que se relacionan con sus realidades históricas y sociales e inciden en sus interpretaciones y la forma de concebir la ciencia. Por su parte, la visualización de los compromisos epistemológicos contribuirá a comprender los referentes teóricos y los procesos que siguieron los filósofos naturales para explicar el fenómeno, lo cual constituye en sí la manera de producir y transmitir conocimiento.

Capítulo I - El contexto histórico y sociocultural de Aristóteles, Galileo y Newton

El contexto histórico y sociocultural de Aristóteles, Galileo y Newton, tuvo características particulares y permitió configurar las cosmovisiones a partir de las cuales formularon sus teorías. El período clásico griego fue caldo de cultivo de grandes filósofos como Sócrates, Gorgias, Protágoras, Demócrito, Anaxágoras, Platón y Aristóteles, con gran influencia en el mundo occidental. El Renacimiento (siglos XV y XVI) como período histórico fue de surgimiento y florecimiento de las artes, y se expresó de igual manera en la renovación de las ciencias. En este proceso, surgieron importantes tensiones entre la institucionalidad de la iglesia y los librepensadores, surgidas desde una concepción de poder a través del conocimiento.

1.1 Aristóteles y el contexto educativo griego

Aristóteles fue filósofo, politólogo, científico y naturalista. Históricamente se considera como creador del método científico por sus aportes al método de observación que se detalla en su obra *Metafísica*. Aproximarse a su proceso histórico pasa por reconocer la influencia que tuvo en él la educación griega, a partir de la cual se configuró su forma de pensamiento. La educación ateniense que se impuso en casi toda Grecia, tenía una primera etapa dirigida hacia la formación integral, mediante la enseñanza literaria y retórica, científica y filosófica combinada con la artística y educación física. Esta etapa se desarrolló a través de escuelas privadas atendidas por “grammatistes” hasta que los niños cumplían los 12 o 14 años, con apoyo de un “pedagogo” que se encargaba, más que de impartir, de velar la asistencia y ayuda en sus clases y tareas. Posterior a ésta, desde los 14 a los 18 años los alumnos pasaban a profundizar en la literatura, matemáticas, aritmética, geometría, música y astronomía, a la vez que continuaban con el desarrollo físico. La tercera etapa se iniciaba cercana a los 18 años de edad y comprendía la formación hacia el Ciudadano y el servicio Militar. Ya a los 21 años se podía optar por una profesión. No obstante, este proceso educativo completo sólo fue cursado por una minoría privilegiada mientras que, en general las personas sólo cumplían el primer grado y el servicio militar.

Las corrientes educativas de la Grecia clásica se identifican como socrática, platónica, jenofónica y protagórica, cada una con una visión y fin específico, aunque no absolutamente excluyentes entre sí. Como lo indica Vázquez (2000): “De esta manera la corriente socrática corresponde a la formación de sabios, la platónica a la de gobernantes, la jenofónica a la de

trabajadores y súbditos y la protagórica a la de ciudadanos”. Por lo que se sobreentiende que no puede haber gobernantes sin súbditos, complementándose la corriente platónica con la jenofónica.

El fundamento teórico de la corriente socrática es el amor a la filosofía, a la verdad, a lo bello y a lo bueno, “donde educar es cultivar el alma” (Vázquez, 2000, p. 94). La corriente platónica por su parte tiene como convicción que poseen la verdad absoluta, aunque pocos puedan conocerla, es elitista y estaba dirigida a los futuros gobernantes. La jenofónica en contraste con la platónica indica que:

“La educación es para todos, pero cada persona debe ser educada de acuerdo con su naturaleza: el hombre como hombre, la mujer como mujer, el esclavo como esclavo, el hombre libre como hombre libre, etc. Que cada sujeto se responsabilice de lo que le corresponde.” (Vázquez, 2000, p. 106).

La protagórica pretendía la igualdad de todos ante la ley, por lo que se opone a que la virtud sea accesible a pocos, se contrapone a la platónica debido a que la verdad está dada por la verdad de cada uno y no la verdad absoluta del gobernante.

A este ámbito educativo de la escuela griega se inserta Aristóteles (Estagira, 384 a. C.- Calcis, 322 a. C.) a los 17 años de edad tras la muerte de sus padres, quien provenía de una familia de médicos de la corte macedónica, ingresa específicamente a la Academia de Platón en Atenas, en la cual llegó a ejercer la docencia de retórica hasta el año 347 cuando muere Platón. Debido a su condición de Meteco (extranjero) no pudo heredar la Academia; Espeucipo, sobrino de Platón es el que continúa con ella y debido a esto Aristóteles dejó Atenas para establecerse en Atarneo por invitación de Hermias. Posteriormente, Aristóteles regresó a Macedonia por invitación del rey Filipo II como preceptor de Alejandro Magno.

En 336 a. C. retorna a Atenas donde fundó su propia escuela, el Liceo. Con la muerte de Alejandro Magno en el 323, Aristóteles abandona Atenas ante las acciones antimacedónicas que suceden en la ciudad, asentándose en Calcis, ciudad donde fallece en el 322 a. C.

Las obras de Aristóteles que se conservan se pueden categorizar en tres períodos delimitados por tres sucesos, los cuales son la muerte de Platón en el 348 a.C., el retorno a Atenas en el 335 a.C. y su propia muerte en el 323 a.C. En la primera etapa se observa una clara influencia de Platón (permanencia en la Academia de Atenas); en la segunda etapa comienza a apartarse de la de las tesis predominantemente platónicas e inicia la configuración de su propio pensamiento; y

en la tercera etapa se evidencia la orientación empirista y científica de su pensamiento en contraposición a la filosofía de Platón.

Pese a haber sido su discípulo, los pensamientos de Aristóteles y Platón difieren, principalmente en el planteamiento de Platón sobre la existencia de un plano superior de las ideas mientras que Aristóteles indicaba que todo estaba en un mismo plano.

Para Aristóteles, todo objeto consta de materia y forma (hilemorfismo). Esta última es la esencia del objeto, susceptible de conocerse por el concepto. La forma es lo que hace que la cosa sea lo que es. Las esencias no están, por tanto, fuera de las cosas: son immanentes a ellas. No existen dos mundos, como enseña Platón: el de las Ideas y el de las cosas. Sólo hay uno que comprende por igual materias y formas, cosas e ideas (Larroyo, 1993, p. XLV).

Puede apreciarse entonces como el contexto histórico y sociocultural impacta en la conformación de pensamiento de Aristóteles, al respecto existen dos aspectos esenciales en su evolución. Por una parte, la influencia de la escuela griega, y por la otra la incidencia inicial que en él tiene Platón, pese a que posteriormente Aristóteles se distancia de sus ideas. Esto es relevante en las formas aristotélicas de producir conocimiento, especialmente en la interpretación del fenómeno de la caída de los cuerpos.

1.2 Galileo y la revolución científica del siglo XVI

La revolución científica del siglo XVI se caracterizó por significativas transformaciones en la comprensión sobre las ciencias, lo que condujo a nuevas perspectivas y espacios para la producción y divulgación del conocimiento científico. Así como se produjo un extraordinario florecimiento artístico y arquitectónico ampliamente divulgado, en el campo científico también se produjeron grandes avances marcados por el cambio de la visión geocéntrica del universo a la visión heliocéntrica propuesta por Copérnico (Torun, 1473 - Frauenburg, 1543), que movió las bases de la estructura de poder sobre el conocimiento. En general, los descubrimientos científicos del Renacimiento tuvieron un profundo impacto en la comprensión del mundo natural y las artes.

En el aspecto filosófico, el aristotelismo y el neoplatonismo desempeñaron un papel importante en el desarrollo de la ciencia durante el Renacimiento. La ciencia que se enseñaba en las primeras universidades modernas se basaba en la lógica, la metafísica y la filosofía natural de Aristóteles, que luego fue sustituida por el resurgimiento del neoplatonismo y condujo a un clima intelectual que enfatizaba la separación de materia y forma, la dualidad de apariencia y forma, y

los modelos matemáticos para manipular la materia. Esto, debido a la recuperación de textos griegos y la difusión de la ciencia a través de la imprenta. Como plantea Lohr (1996):

El aristotelismo del periodo que corre entre 1450 y 1650 presenta un panorama que se diferencia radicalmente de la filosofía cultivada en el ámbito universitario medieval. A pesar de que los grandes desarrollos en lógica y física que tuvieron lugar a fines de la Edad Media habrían podido contribuir a la crisis de la ciencia aristotélica, sin embargo el aristotelismo del nuevo periodo que comienza en el siglo XV sigue siendo predominantemente clerical y presenta una visión del mundo esencialmente unificada. Pero en el siglo XVI esta unidad se desarma, por lo que debe hablarse, no de uno sino de varios aristotelismos en el Renacimiento. (Lohr p.6)

De lo anterior se puede resaltar que el aristotelismo renacentista fue un fenómeno complejo y variado, con múltiples interpretaciones y contradicciones. En algunos casos implicó la armonización del platonismo y el aristotelismo, así como la demostración de aspectos centrales de la doctrina cristiana a través de la filosofía. El papel metodológico de la evidencia científica, la inmortalidad del alma y las características y el papel de Dios como motor primario son aspectos esenciales en las disertaciones del aristotelismo durante los siglos XV y XVI. De forma opuesta pero también complementaria, el neoplatonismo renacentista se caracterizó por la preocupación por restaurar la sabiduría antigua y desarrollar una cosmovisión cristiana basada en el conocimiento de la armonía de la creación de Dios, destaca la síntesis del cristianismo y la filosofía antigua, inspirándose en la Cábala y las ideas de Pitágoras y Platón. El neoplatonismo veía la filosofía como una forma de vida, cuyo objetivo era educar el alma y cultivar la inteligencia para contemplar la belleza y compartirla con los demás.

La influencia de la iglesia en las ciencias del Renacimiento fue significativa. La Iglesia católica, a través de las universidades creadas desde el siglo XII a partir de escuelas eclesiásticas tradicionales y escuelas privadas que luego fueron avaladas por la iglesia, acogió a científicos como Galileo y apoyó la investigación científica. Sin embargo, aunque el Renacimiento fue importante en el desarrollo de las ciencias naturales también cambió las ideas preconcebidas que la gente tenía sobre Dios, lo que llevó a una disminución en la asociación entre la teología y las ciencias naturales. Durante este período, la interconexión entre ciencia y religión era evidente, y el trabajo de Francis Bacon sirvió como vínculo intermediario entre los discursos controlados por la Iglesia y la ciencia. El desarrollo de la pintura renacentista, liberada de dogmas religiosos, permitió a los artistas

explorar el mundo desde una perspectiva racional y tuvo una profunda influencia en el arte moderno europeo. El cristianismo, aunque inicialmente coexistió con creencias antiguas en magia y fuerzas sobrenaturales, finalmente condujo al establecimiento de la medicina racional, aunque surgieron conflictos entre la iglesia cristiana y la medicina secular.

La revolución científica del siglo XVI influyó en los aportes de Galileo Galilei (Pisa, 15 de febrero de 1564 - Arcetri, 8 de enero de 1642). Según Rivera (2021) su visión evidencia una dicotomía entre el pensamiento medieval y el moderno. Galileo se formó en el Colegio Jesuita de Bolonia, la escuela Geminiano Montanari de Padua (luego denominada Escuela Galileana de Geminiano Montanari de Padua) y la Academia Físico-Matemática de Roma. Era el hijo mayor de una familia modesta, en cuya juventud orientó su interés a la obtención de un puesto en la Biblioteca del Vaticano. Recibió el patrocinio de la familia Ottoboni, fortalecido cuando uno de los miembros de esta familia, Pietro Ottoboni, se convirtió en el Papa Alejandro VIII.

Galileo cuestionó el aristotelismo predominante en su época y asumió las ideas de Platón desde la visión de Arquímedes. De esta forma, establece una ruptura con la filosofía medieval y sienta las bases de la ciencia moderna. Así mismo, al defender la astronomía copernicana contra las acusaciones de contradecir las Sagradas Escrituras, Galileo generó tensiones entre la ciencia y la religión. El conflicto de Galileo con la iglesia surgió de su apoyo al heliocentrismo, la idea de que la Tierra gira alrededor del Sol. En el siglo XVII, la iglesia consideraba que este punto de vista era contrario a la Biblia y, por tanto, herético. Como plantea Jiménez (2016) el conflicto de Galileo con la iglesia no fue únicamente un conflicto entre ciencia y religión, sino más bien una lucha de poder entre Galileo y la iglesia. Creía que el estudio del movimiento planetario caía bajo el dominio de la astronomía, mientras que los problemas cosmológicos permanecían dentro del ámbito de la filosofía y la teología. La iglesia, por otra parte, vio las afirmaciones de Galileo como un desafío a su autoridad e interpretación de las Escrituras. La iglesia finalmente condenó a Galileo por sus opiniones, obligándolo a retractarse y colocándolo bajo arresto domiciliario por el resto de su vida.

El debate sobre la perspectiva científica de Galileo es extenso. Para algunos su trabajo es empírico mientras que para otros es racionalista. En opinión de Blasjo (2021) el conocimiento de Galileo sobre las matemáticas no era muy amplio, por lo que se orientó a la experimentación y al empirismo, que constituyeron los aspectos esenciales de sus propuestas metodológicas en la investigación. Por su parte, para Velilla-Jiménez (2018) “Galileo fue uno de los filósofos naturales

que vio en las matemáticas un modo adecuado de explicar todos los fenómenos físicos sin recurrir a las ciencias ocultas” (p. 65)

En su obra, Galileo cuestionó la idea de la ciencia como un proceso asimétrico y cerrado. En contraposición, enfatizó el papel de la intuición y la imaginación en el desarrollo del pensamiento científico. En sus escritos propone un método de construcción de modelos para la comprensión de la producción del conocimiento científico en base a la realidad que es una contribución al método científico.

1.3 Newton, entre Dios y la ciencia.

El desarrollo de las matemáticas y la ciencia en el siglo XVII estuvo marcado por avances significativos en el cálculo y el uso de símbolos en las matemáticas. Matemáticos como François Viète, René Descartes, Pietro Mengoli y Gottfried Wilhelm Leibniz exploraron la utilidad del lenguaje simbólico y los procedimientos algebraicos. Descartes, en particular, combinó la geometría y el álgebra para crear un nuevo tipo de ecuación algebraica, estableciendo números y figuras en una relación sin precedentes. Este desarrollo llevó a la demanda de nuevas notaciones y nuevos conceptos matemáticos, como series infinitas, exponentes negativos y fraccionarios y expresiones para magnitudes infinitesimales. El desarrollo del cálculo infinitesimal por Newton y Leibniz amplió aún más el campo de las matemáticas, introduciendo curvas trascendentales y algoritmos para encontrar derivadas e integrales. Surgió el conflicto entre las antiguas concepciones matemáticas basadas en construcciones geométricas y el nuevo enfoque analítico, pero los matemáticos trataron de conciliar ambas para mantener la credibilidad y la autoridad de las matemáticas.

Al referirse al empirismo moderno son referencias obligadas Francis Bacon, quien contribuyó al método empírico con su obra *Novum organum*; así como Gassendi, más orientado al materialismo. Sin embargo, en opinión de García (2014) el materialismo es consecuencia del empirismo. Al respecto Granés (1988) afirma:

En sus diferentes versiones, el empirismo es probablemente la corriente de pensamiento que ejerce la mayor influencia en las ciencias y en la filosofía en la Inglaterra de los siglos XVII y XVIII. En la época de Newton posee un enorme vigor no solamente en su oposición

decidida a la tradición aristotélica y medieval sino también en la apertura de nuevos campos de conocimiento. (Granés p.39)

El empirismo busca el *cómo* sin cuestionarse el *por qué* y ese proceso permite aislar la ciencia de contradicciones teológicas. Pensadores como Bacon, Boyle y Newton establecen la observación y la experimentación y constituyen las bases sobre las cuales debe levantarse la ciencia natural.

En este tiempo histórico transcurre la vida de Isaac Newton (Woolsthorpe, Lincolnshire; 25 de diciembre de 1642 / 4 de enero de 1643-Kensington, Londres; 20 de marzo / 31 de marzo de 1727), con importantes aportes a la evolución de la ciencia en varios campos, como las matemáticas, la astronomía, la óptica y la física. Desarrolló la teoría de la gravitación, que desafió las ideas del filósofo René Descartes y presentó una visión radicalmente diferente de la naturaleza y la ciencia. La obra de Newton, en particular sus *Principia* y *Opticks*, tiene un profundo impacto en la comunidad científica hasta la actualidad, pues sobre ella aún se estudia y se indagan nuevas dimensiones.

Además de sus escritos científicos, Newton también exploró otros temas como la alquimia, la teología, la profecía y la cronología. Su interpretación de la literatura apocalíptica bíblica era completamente protestante y estaba alineada con el canon historicista. Las ideas de Newton no eran sensacionalistas ni únicas, sino que formaban parte de una larga tradición de intérpretes de escritos apocalípticos bíblicos.

La filosofía natural de Newton se sustenta en el hecho de pensar que el mundo fue hecho por un ente con habilidades geométricas y mecánicas. Ese ente es Dios que cumple el rol de “agente voluntario”. Desde esta visión, el desarrollo de su trabajo científico era una forma de descubrir a Dios y la manera en que éste se relaciona con el mundo, de esta manera es Dios quien manifiesta sus intenciones a través de la actuación de sus siervos, que constituyen causas secundarias. En otras palabras, la verdadera causa de todos los fenómenos es la voluntad de Dios.

La filosofía natural de Newton fue influyente en el desarrollo de la teología natural. Newton en la segunda edición de los *Principia* (1713) añadió un “escolio General” donde establece su posición ante la relación de “Dios con su creación”, en la que afirma lo siguiente: “Esto concluye la discusión sobre Dios, y tratar a Dios a partir de los fenómenos es ciertamente una parte de la filosofía natural” (Newton, 1713 citado en Henry, 2008. p.70). Henry (2008) expone lo que denomina la unidad de pensamiento de Newton:

La unidad de pensamiento de Newton ha sido reiterada ahora en términos más prácticos. Ha sido explicada por James E. Force en términos del interés de Newton por un Dios de dominio absoluto y una concomitante teología voluntarista, y por la difunta Betty Jo Dobbs en términos de una teología natural en la que los principios activos en la materia son establecidos como causas secundarias que dan testimonio del poder y sabiduría de Dios (p. XX).

La comprensión de la naturaleza del espacio como parte de la creación de Dios era esencial para Newton, pues para él, allí se ubicaban los fundamentos de las ciencias mecánicas. Es evidente que las creencias religiosas de Newton, incluidos el protestantismo, el antitrinitarismo y el arrianismo, influyeron en su concepción de la ciencia y en la forma en que explicaba los acontecimientos. Sus puntos de vista teológicos condicionaron sus escritos científicos, y sus creencias religiosas moldearon sus creencias en otros campos del conocimiento, por lo que las concepciones científicas de Newton estuvieron influenciadas por varias tradiciones, incluidas la teología y la alquimia. Utilizó principios alquímicos para explicar la naturaleza de la gravedad, demostrando que sus intereses alquímicos eran importantes, junto con sus descubrimientos en mecánica y óptica.

El trabajo científico de Newton y su vida misma, es inseparable de sus creencias religiosas. En este sentido, fundamenta su alquimia en la filosofía mecánica para estudiar los principios activos presentes en las partículas de la materia, que creía conformaban los cuerpos. Según Henry (2008) Newton planteó empíricamente los principios activos, los cuales tuvieron doble finalidad, una dentro de la filosofía natural y otra teológica; para Newton, los principios activos solo pueden haber sido introducidos en la materia por Dios. Las contribuciones de Newton a la ciencia y su enfoque multidisciplinario han consolidado su lugar en la historia como uno de los científicos más influyentes de todos los tiempos.

El desarrollo histórico de las ciencias respondió a una ralentización importante durante 20 siglos determinado por el fin de la Grecia Helénica con un dominio del pensamiento aristotélico hasta el Renacimiento, casi siempre dominado por la iglesia católica. Las ciencias y producción del conocimiento fueron controlados por las distintas formas de estado y poderes eclesiásticos de los que Aristóteles, Galileo y Newton se vieron inmersos. Aristóteles no los contradice, Galileo en un contexto de reconfiguración del pensamiento y del hacer científico, a pesar de haber sido

formado en universidades católicas contradice a la iglesia, al socavar su visión geocentrista. Newton, que pertenece a la iglesia protestante, afirma que su proceso científico es de descubrimiento de los saberes de Dios, principio bajo el cual da explicación a los fenómenos.

Capítulo II - Referentes ontológicos y epistemológicos

Aristóteles (Siglo IV a.C.), Galileo (S. XVI) y Newton (S. XVII) fueron exponentes del pensamiento filosófico de sus respectivos momentos históricos y referentes posteriores del estudio de las ciencias, por lo que es pertinente la identificación de los compromisos ontológicos y epistemológicos que orientan los criterios en la formulación de las teorías científicas. Así se puede desarrollar una comprensión más profunda de la naturaleza de la ciencia y su impacto en la enseñanza y la investigación en física, desde su perspectiva cultural.

2.1 Aristóteles y la naturaleza humana

¿Por qué damos por entendido que para Aristóteles el conocimiento del mundo se daba por medio de lo sensible? Efectivamente, para el filósofo, la naturaleza del hombre era totalmente racional, hasta cierto punto, ya que el pensamiento humano no puede abarcar toda la naturaleza, es decir que entre el cuerpo y el alma hay una unión para construir la realidad física, aunque el proceso del conocer se nos dará primeramente por la percepción de los objetos materiales. Si tenemos “el dominio de lo sensible tendremos dominio del conocimiento humano” (Koyre, 1977, p.33) o, dicho de otra manera, sin las sensaciones dadas por la naturaleza no puede haber conocimiento. No todo se queda en conocimiento fáctico, el hombre con toda la información que ha recolectado, por medio de los sentidos, es capaz de elaborar una abstracción de las sensaciones hechas y, por consiguiente, crear conocimiento. Es por eso por lo que los seres – netamente - espirituales no son capaces de acceder al conocimiento de lo real, del mundo físico.

Adicionalmente respecto a Aristóteles, Frías, et al. (2020) indican que “sustituyó la contemplación de Platón por la investigación, y el mundo de las ideas eternas por los hechos concretos... Aristóteles, fundador de la lógica, defendía utilizar el método racional del conocimiento, que después aplicaría para crear el método científico”, reafirmando la contraposición de la visión epistémica de Aristóteles con la de su maestro.

Según Koyre (1980) “Para el aristotelismo, el dominio de lo sensible es el dominio propio del conocimiento humano. Sin sensación no hay ciencia. Sin duda, el hombre no se limita a sentir, elabora la sensación.”, esta frase nos lleva a comprender que Aristóteles concebía al proceso epistemológico como proveniente del ser humano compuesto por cuerpo y alma con lo que lo diferencia del ser platónico – cuerpo que aprisiona el alma– ya que integra las sensaciones con el pensamiento abstracto.

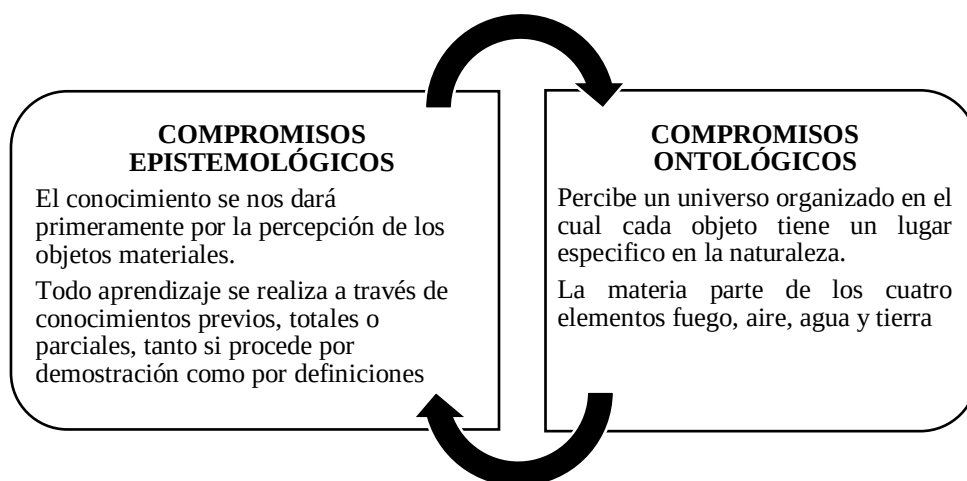
En las propiedades físicas, referidas a los cuerpos, Aristóteles distingue entre los movimientos naturales y violentos, organizando su cosmovisión y su percepción de la realidad. En nuestra naturaleza se nos haría extraño ver que un cuerpo “pesado” se elevara hacia el cielo, igualmente, no sería común ver la pluma de una paloma caer con gran velocidad hacia el centro de la Tierra, y podríamos pensar que existen cuerpos pesados y cuerpos livianos, y que cada uno es conforme a su naturaleza. “Además, que una cosa se realice de manera desordenada es lo mismo que realizarse en contra de su naturaleza. Porque el orden es la naturaleza propia de los seres sensibles” (Aristóteles, p.172).

Para entender la física aristotélica, hay que comprender su visión de mundo, en esta, el filósofo considera que hay naturalezas bien definidas y un cosmos ordenado donde los entes forman parte de un todo, cada cosa dentro del universo debe tener un lugar bien determinado, un lugar para cada cosa, y cada cosa en su lugar. La idea de que los cuerpos buscan su lugar natural está fundamentada en que todo cuerpo pertenece a un lugar en específico, un lugar en el universo y pertenece a un orden preestablecido. En cambio, si al objeto se le perturbara, es decir, lo cambiáramos de lugar dotándolo de movimiento, estaríamos despojando al cuerpo de su lugar natural, violentando su naturaleza, más, sin embargo, este buscará retornar al orden hasta encontrar un equilibrio, su lugar natural. (Koyre, 1966, p.9).

Los compromisos ontológicos de Aristóteles respecto al contexto educativo griego evidencian que percibía un universo ordenado y preciso caracterizado dentro de la visión de los cuatro elementos primordiales. Sin embargo epistemológicamente difiere la producción del conocimiento con la escuela donde se había formado. En el diagrama 1 se destacan los aspectos más sobresalientes de los compromisos ontológicos y epistemológicos de Aristóteles.

Diagrama 1.

Compromisos Ontológicos y Epistemológicos de Aristóteles



Fuente: Elaboración propia

2.2 Galileo, ciencia y experimentación.

Galileo intentó dar una estructura matemática al pensamiento aristotélico, pero el problema central fue que el sentido común, como lo llamó Aristóteles, no era suficiente para conformar una realidad física. Así pues, Galileo se acoge a una manera diferente de percibir las cosas, y el empirismo, como primera fuente de conocimiento, pasaría a un segundo plano.

...está bien sabido, dice Mazzoni, que Platón creía que las matemáticas son particularmente apropiadas a las investigaciones de la física (...) pero Aristóteles sostenía un punto de vista diferente y explicaba los errores de Platón por su excesiva adhesión a las matemáticas (Koyre 1966, p.171)

A pesar de lo indicado por Koyré a las referencias de Aristóteles la matemática ha tenido un papel relevante en la ciencia, especialmente como lenguaje, y el problema, en gran parte, es compaginarla con los fenómenos físicos, por lo que parte importante del pensamiento de Galileo se fundamenta en la “experimentación”, siendo esta un interrogatorio metódico de la naturaleza (Koyre, 1966, p.153) pero para esta interrogación se necesita un lenguaje adecuado que refleje el mundo físico de la mejor manera, pero con los números y operaciones matemáticas no era

suficiente, el italiano utilizó la geometría, por ser un lenguaje más preciso del cual hacía uso de símbolos (triángulos, círculos y curvas). Entonces tenemos dos puntos de vista:

Si reivindicamos para las matemáticas un estatuto superior, si además le atribuimos un valor real y una posición decisiva en física, somos platónicos. Si por el contrario vemos en las matemáticas una ciencia abstracta, así, pues, de menos valor que aquellas —física y metafísica— que tratan del ser real; si particularmente sostenemos que la física no necesita ninguna otra base que la experiencia y debe edificarse directamente sobre la percepción, que las matemáticas deben contentarse con el papel secundario y subsidiario de un simple auxiliar, somos aristotélicos (Koyre, 1966, p.172)

Así nos adentramos en otra discusión importante, que remarca si lo cualitativo, realmente, se puede cuantificar, ya que las cualidades por no ser matemáticas no pueden estar ligadas a esta, la física no es geometría aplicada, y esto lo tenía muy claro Galileo, él entendía que la física no era conforme con los conceptos matemáticos, así pues, entre más nos acerquemos al rigor matemático, más lejos estaremos de la naturaleza. Siendo este el reto que tomó el físico pisano, trato de darle estructura matemática a problemas concretos, como el de la caída de los cuerpos, dando una solución sujeta a las leyes matemáticas. (Koyre 1966 p.173). Al ser Galileo defensor de la matemática como estructura lógica que nos permite acercarnos a la naturaleza, Koyre afirma que Galileo es platónico-racional. Y esto queda claro en las primeras páginas de *Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo: Ptolemaico y Copernicano*, en donde manifiesta que:

Sé perfectamente que los pitagóricos tenían la más alta estima por la ciencia de los números, y que Platón mismo admiraba la inteligencia del hombre y creía que este participa en la divinidad por la única razón de que es capaz de comprender la naturaleza de los números. Yo mismo me siento inclinado a emitir el mismo juicio (Koyre 1966, p.176)

Para explicar el comportamiento de las estrellas y planetas, Galileo tuvo que modificar, hasta el punto de desordenar, las ideas geocéntricas que habían gobernado en el occidente por más de dos siglos que se habían empezado a sustituir por el heliocentrismo establecido en los estudios de Copérnico y Kepler. Y es que en el desorden se basa las estructuras de la realidad galileana, se aparta del principio aristotélico, significando la disolución del cosmos, idea que destruye el mundo estructurado, finito y jerárquicamente ordenado adoptando un mundo abierto indefinido e incluso infinito (Koyre 1966, p.154).

El supuesto que dice que hay un mundo sublunar y uno supralunar, y que en cada uno de ellos había realidades diferentes, una hecha para hombres y otra materializada para cuerpos divinos, respectivamente, fue abolida por la idea de un universo en el cual las leyes físicas son iguales para todos los cuerpos, ya sean terrestres o celestes, unificando la astronomía y la física. En este punto vemos la relación matemática con la naturaleza, la física adquiere mayor importancia al tener una aplicación, “una utilidad ante la capacidad de dominio del hombre sobre las fuerzas de la naturaleza” (Granés 1988, p.44).

Galileo se preocupó más por desarrollar un modelo espacio-temporal que se ocupaba en explicar el “cómo” y dejando a un lado preguntas sobre el “por qué”, estas últimas estarán ligadas a concepciones metafísicas que pueden escapar al entendimiento humano y no siempre encuentran respuestas en la ciencia, y para Granés (1988) “Las explicaciones causales de la física escolástica en términos de cualidades han perdido en la época de Galileo toda legitimidad”. (p.57)

En cambio, para Koyre (1980) lo anterior no era del todo cierto, este definía a la física galileana como la *física de los graves*, la física de los cuerpos que caen. Y es que para Galileo la caída jugaba un papel fundamental considerándolo como el único movimiento natural—refiriéndose a los movimientos naturales definidos por Aristóteles, donde cada cuerpo buscara un lugar natural, que estará determinado por la composición que este tenga (agua, tierra, aire y fuego)—todos los cuerpos son “*graves*”, ninguno se encuentra privado de peso. Así pues, la “*pesantez*” o “*gravedad*” es una propiedad natural de los cuerpos, y como es la única propiedad natural del cuerpo, es también la única fuente de movimiento, un movimiento hacia abajo. (p.227-229)

Cometéis un error, señor Simplicio; deberíais haber dicho: todo el mundo sabe que se le llama pesantez. Ahora bien, yo no os pregunto el nombre sino la esencia de la cosa, y de esa esencia no sabéis más de lo que sabéis de la esencia del principio del movimiento circular de las estrellas (...) En realidad no comprendemos cuál es el principio y la virtud que mueve la piedra hacia abajo (Galileo Dialogo p.260) (Koyre 1980, p.231)

Sin embargo, que las cosas fueran empujadas hacia la tierra es solo una experiencia corriente, pues ignoramos la causa, externa o interna, y solo estaríamos designando el hecho y no habría explicación de fondo (Koyre 1980 p.231) y la gravedad solo sería un nombre asignado a ese hecho. Lo que constituye una esencia del cuerpo, que no se puede separar del pensamiento humano es, para Galileo, las propiedades matemáticas como el número, la figura (geometría) y el movimiento. Entonces ¿en dónde queda la gravedad?, la respuesta es: “entre la nada de las

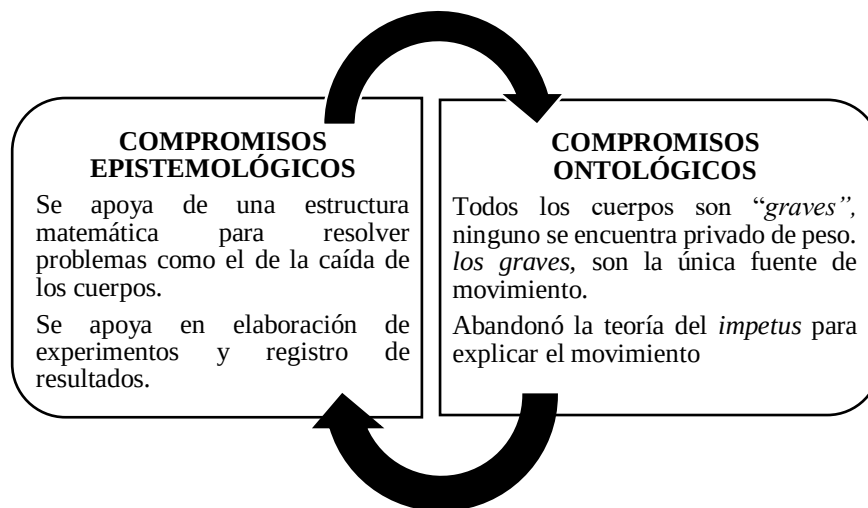
apariencias sensibles y el ser de lo real matemático.” y es por lo que solo adquiere una existencia de hecho. (Koyre 1980, p.233), adicionalmente Koyre (1980) refuerza que.

...los cuerpos son graves (...) Por más que la gravedad no sea una noción clara, matemática, y no designe una cualidad esencial del cuerpo, la física, ciencia del movimiento y del reposo, no puede prescindir de ella. (...) Los cuerpos de la física matemática, los cuerpos galileanos o, para llamarlos por su verdadero nombre, los cuerpos arquimedianos no son otra cosa que «cuerpos» geométricos, euclidianos, dotados de gravedad. En otras palabras, la gravedad es la única propiedad «física» que poseen (p.233-234)

El aporte central de Galileo fue el establecer la experimentación como medio de crear conocimiento, dando una sistematización matemática a lo observado en la realidad. Así mismo, contradijo las ideas geocentristas existentes en contraposición al pensamiento aristotélico e interpretación del mundo y reforzando lo elaborado por Kepler y Copérnico. En el diagrama 2 se resumen sus compromisos ontológicos y epistemológicos.

Diagrama 2.

Compromisos Ontológicos y Epistemológicos de Galileo



Fuente: Elaboración propia

2.3 La Filosofía Natural Newtoniana

La importancia de Newton radica en sus aportes al desarrollo de las matemáticas y las ciencias en el siglo XVII, expresados mediante el cálculo. Desarrolló la teoría de la gravitación aplicándola a los cuerpos celestes conocidos.

Se suele relacionar a Newton con una estructura lógico-matemática que podría ser parecida a la racionalidad, como vimos anteriormente con Galileo, ya que por medio de relaciones de proporcionalidad pudo describir de una manera muy precisa la naturaleza de los cuerpos en movimiento, y formular la ley de gravitación universal. La Filosofía experimental estaba ampliamente utilizada, pero según Shapiro (2006) Newton se rehusaba a emplearla. Por tanto, el empirismo científico es la teoría que más se aproxima a su pensamiento por la correlación que tiene con él, debido a que asume la experiencia como concepto central, tanto en el sentido interno (la reflexión) como en el externo (la sensación).

Prieto (2019) indica que “La experiencia es la causa primigenia de nuestras ideas” (p.30) así pues, se relacionan las ideas Newtonianas con Locke. Es que según Locke nuestra mente es un papel en blanco carente de toda noción innata, y sólo a través de la experiencia se pueden adquirir conocimientos, entonces “Las ‘ideas Simples’ son pues las impresiones particulares, los primeros contenidos que recibe la mente de manera pasiva y sobre los cuales podrán comenzar a operar sus diversas facultades.” (Granés, 1988, p.109) El segundo recurso hecho por el hombre es ‘la percepción de las operaciones internas de nuestra mente’, con el sentido interno la mente consigue ideas tales como percepción, pensamiento, creencia, duda, etc. Que proceden de la experiencia interna y que no podrían venir de la sensación. A estas últimas se les puede catalogar como ideas generales, y solo se pueden llegar a ellas a partir de las ideas particulares, que se pueden ‘ensamblar’ de manera maleable y así formar las ideas complejas, siendo estas últimas subjetivas.

La actividad del conocer queda así referida y confinada exclusivamente al campo de las ideas. La experiencia y la vida misma sólo son relevantes para el conocimiento en la medida en que resultan ser fuentes de ideas, claro está, en el sentido particular que el empirismo filosófico le da a este término a través de los canales de la sensación y de la reflexión” (Granés, 1988, p.119).

La parte objetiva del conocimiento será dada por las ideas simples, sensaciones, y las abstracciones e interpretaciones, nos da una parte subjetiva, y se refiere al proceso interno del sujeto que toma las ideas simples y las moldea para construir un conocimiento general. “De esta manera

se forman, según Locke, las ideas de los números a partir de la idea simple de unidad y la idea de espacio inconmensurable a partir de la idea simple de distancia” (Granés, 1988, p.112).

“Estos primeros elementos básicos que acabamos de exponer ponen de presente un rasgo característico del empirismo inglés desde sus inicios con Francis Bacon: la concepción del entendimiento humano como una facultad esencialmente finita, que se ve limitada a trabajar con contenidos que se le imponen "desde afuera". El entendimiento ordena, organiza lo dado, pero, en el fondo, no crea nada nuevo” (Granés, 1988, p.111).

Locke plantea que “Todo conocimiento general deberá buscarse y encontrarse únicamente en nuestra propia mente, y será tan sólo el examen de nuestras propias ideas lo que nos lo proporcionará” (Granés, 1988, pag. 135) por lo que podemos inferir que Locke siendo escéptico de que este conocimiento general se pueda obtener, elogia a Newton, admirando su facilidad de conectar ciertos aspectos de la realidad física con las ideas abstractas de las matemáticas.

En las reglas para filosofar que establece en la 2da edición del libro Principia de 1713 en el cual se indica como metodológicamente se puede concebir una ley de generalización. Granés (1988) las sintetiza de la siguiente manera:

Regla I

"No debemos para las cosas naturales admitir más causas que las verdaderas y suficientes para explicar los fenómenos".

Regla II

"Por consiguiente, debemos asignar tanto como sea posible a los mismos efectos las mismas causas".

Regla III

"Las cualidades de los cuerpos que no admiten intensificación ni reducción y que resultan pertenecer a todos los cuerpos dentro del campo de nuestros experimentos, deben considerarse cualidades universales de cualquiera tipo de cuerpos".

Regla IV

"En filosofía experimental debemos recoger proposiciones verdaderas o muy aproximadas inferidas por inducción general a partir de los fenómenos, prescindiendo de cualesquiera hipótesis contrarias, hasta que se produzcan otros fenómenos capaces de hacer más precisas esas proposiciones o sujetas a excepciones" (pp.81-82)

En su obra *Principia*, Newton se propone establecer como real la ley de la gravitación universal, y que no se quede como una hipótesis matemática, relacionando los fenómenos astronómicos con un análisis lógico-matemático.

En las proposiciones del libro III Newton demostró con base en los datos astronómicos, que los satélites de Júpiter, los planetas y la luna son atraídos a Júpiter, el sol y la tierra, respectivamente, con fuerza que varía con el cuadrado de la distancia. (Granés 1988, p.84). Además, demuestra que la atracción que ejerce la Tierra a la Luna es la misma a la que ejerce la Tierra a los cuerpos que están cerca de ella.

En la proposición V: “Los planetas circunjoviales gravitan hacia Júpiter, los circunsaturnales hacia Saturno, y los circunsolares hacia el Sol, y por la fuerza de su gravedad son continuamente desviados de movimientos rectilíneos y retenidos en órbitas curvilíneas.” (Newton 1687 p.549), luego en la Proposición VI —“Todos los cuerpos gravitan hacia cada planeta y sus pesos hacia un mismo planeta, a iguales distancias del centro del planeta, son proporcionales a la cantidad de materia existente en cada uno” (Newton, 1687, p.550)— se basa en la tercera regla, y con mucha más generalidad enuncia la proposición VII—“La gravedad ocurre en todos los cuerpos y es proporcional a la cantidad de materia existente en cada uno.” (Newton, 1687, p.553)— En conclusión, Newton con el enunciado de las proporciones consolida la ley de la gravitación universal como un fenómeno de cuerpos reales, y no solo como una teoría matemática, que permite dar un estatus de ley de la naturaleza.

En las demostraciones de la ley de gravitación universal, se puede argüir que, matemáticamente, a la causa del movimiento se puede asociar la fuerza. Aunque no siempre fue así, o por lo menos así lo hace ver Cohen (1980); muestra que hay un cambio en la perspectiva newtoniana antes de 1679 puesto que considera que la realidad física solo constaba de: tamaño, forma y solidez. Luego de un arduo estudio de los péndulos añade las fuerzas de atracción, contenida en los cuerpos, al catálogo ontológico de la naturaleza (Cohen, 1980, p.275) llegando a considerar a las fuerzas centrípetas “entidades por derecho propio”, así pues, Cohen (1980) argumenta que:

(...) la clave del pensamiento creador de Newton en mecánica celeste no fue que considerase que las fuerzas fuesen propiedades reales, primarias o esenciales de los cuerpos o de la materia macroscópica, sino más bien que pudiese examinar las condiciones y propiedades de tales fuerzas como si fuesen reales, sin que fuese preciso hallar una

respuesta satisfactoria a los problemas relativos a la realidad independiente de dichas fuerzas (p.276).

Y es que Newton se esforzó por encontrar una causa material o metafísica a la fuerza, oponiéndose a que hicieran interpretaciones del tipo ontológico a la gravitación universal.

(...) Que la gravedad deba ser innata, inherente y esencial a la materia de tal manera que un cuerpo pueda actuar sobre otro a distancia a través del vacío sin la mediación de ninguna otra cosa por medio y a través de la cual su acción y su fuerza puedan transmitirse del uno a otro es para mí un absurdo tan grande que no creo que ningún hombre que posea en asuntos filosóficos una facultad competente de pensamiento pueda jamás caer en él. La gravedad debe ser causada por un agente actuando constantemente según ciertas leyes; pero que este agente sea material o inmaterial, se lo he dejado a consideración de mis lectores (Cohen, 1980, p.3).

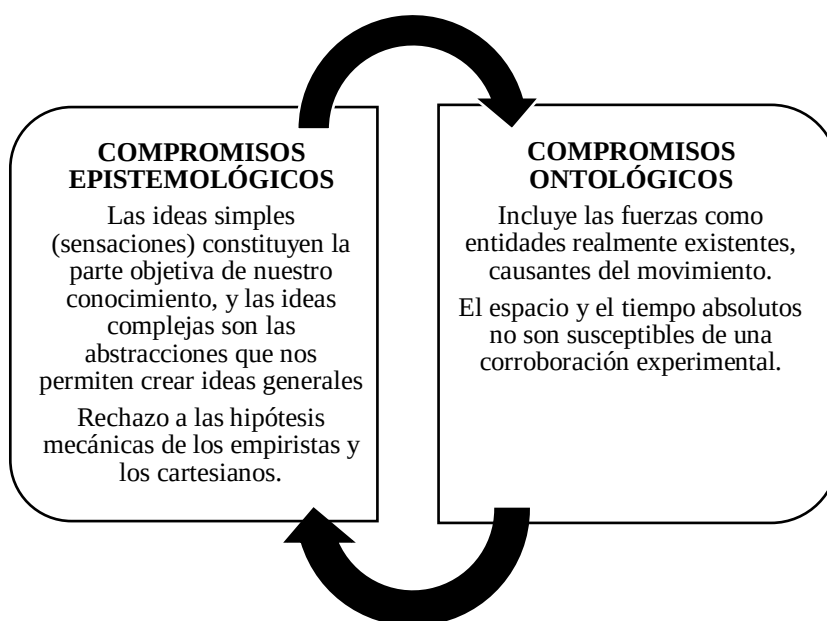
Newton sólo podía aceptar tres tipos de causas, la primera de tipo material en el cual el medio se hacía partícipe de la atracción gravitacional, y que le llamó éter, el segundo es más del tipo inmaterial, y se lo debe a la influencia de Henry More, en el que se insinuaba la existencia a un misterioso "*espíritu sutilísimo*" responsable no sólo de la gravedad sino también de los efectos eléctricos y luminosos. La última está relacionada a lo religioso y atribuye la causa primigenia a Dios.

Westfall (1971) aclara que la razón de que Newton no sea claro con entidades reales referidas a la fuerza, se debe a que era un problema complejo y complicado, y es necesario buscar en sus obras no publicadas para comprender lo que quiere decir "Por lo que respecta a las obras publicadas, y sobre todo por lo que atañe a las herramientas conceptuales que utilizaba en las discusiones científicas, trataba a las fuerzas como entidades realmente existentes" (Westfall p. 377).

El contexto histórico social de Newton se ubicó 50 años después de Galileo, en el cual se generó la apertura a los métodos de creación de la ciencia; la iglesia flexibilizó sus posturas ante los descubrimientos realizados; y se impulsaron los procesos de difusión del conocimiento gracias a la imprenta. Los compromisos epistemológicos y ontológicos de Newton se expresan en el diagrama 3.

Diagrama 3.

Compromisos Ontológicos y Epistemológicos de Newton



Fuente: Elaboración propia

2.4 Comparación de los Compromisos de Aristóteles, Galileo y Newton

La identificación de los compromisos epistemológicos y ontológicos de Aristóteles, Galileo y Newton implica la comprensión de los respectivos momentos históricos en los que desarrollaron su vida y obra científica. Así mismo, pasa por acercarse a sus cosmovisiones y formas de desarrollo del pensamiento. Con respecto a esto, es pertinente recordar que el contexto histórico de Aristóteles se caracterizó por el dominio del estado (polis griega) que influyó fuertemente la escuela, en la cual se formó este filósofo. Por su parte, el momento histórico de Galileo fue el del Renacimiento, con el auge de nuevas visiones del mundo, que se reflejaron en innovaciones artísticas y científicas, que continuaron su evolución, incluso después de la época de Newton; ésta última con mayor apertura a la producción y difusión del conocimiento.

Debido a la compleja connotación teórica que contempla la epistemología y la ontología, se han definido algunas categorías a partir de las cuales contrastar los compromisos epistemológicos y ontológicos de Aristóteles, Galileo y Newton. Para los compromisos epistemológicos se proponen como categorías los fundamentos, referidos a los principios bajo los cuales estos filósofos naturales desarrollaron sus teorías y obras; y los métodos, donde se explica

la manera en la desarrollaron la ciencia y la producción del conocimiento. En cuanto a los compromisos ontológicos se plantean como categorías, la percepción socio-temporal de la realidad, a través de la cual se intenta explicar la relación del ser con su espacio y tiempo histórico, y la manera en que observan el universo. La otra categoría que se establece para los compromisos ontológicos es el cuestionamiento de los fundamentos de lo existente, entendiendo esta como la oposición que fija cada uno de los filósofos naturales frente a los preceptos de la ciencia en su momento histórico.

Pese a este ejercicio de categorización propuesto, es esencial resaltar la interrelación entre los compromisos ontológicos y epistemológicos como parte de la unidad que conforman el pensamiento y acción para el desarrollo de la ciencia. A continuación, se muestran en cuadros comparativos los compromisos epistemológicos y ontológicos de Aristóteles, Galileo y Newton; formulados en base a las categorías expuestas.

Cuadro 2.

Cuadro comparativo de Compromisos Ontológicos

Compromisos Ontológicos		
Aristóteles	Galileo	Newton
Percibe un universo organizado en el cual cada objeto tiene un lugar específico en la naturaleza. La materia parte de los cuatro elementos fuego, aire, agua y tierra	Todos los cuerpos son “<i>graves</i>”, ninguno se encuentra privado de peso. <i>los graves</i>, son la única fuente de movimiento. Abandono a la teoría del <i>impetus</i> para explicar el movimiento	Además de tamaño, forma y solidez, las fuerzas entran a ser parte ontológica del pensamiento newtoniano, ya que son entidades realmente existentes, que son causantes de movimiento. El espacio y el tiempo absolutos no son susceptibles de una corroboración experimental.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.*Cuadro comparativo de Compromisos Epistemológicos*

Compromisos Epistemológicos		
Aristóteles	Galileo	Newton
El conocimiento se nos dará primeramente por la percepción de los objetos materiales. Todo aprendizaje se realiza a través de conocimientos previos, totales o parciales, tanto si procede por demostración como por definiciones	Relacionado las ideas platónicas-racionalistas, se apoya de una estructura matemática para desarrollar problemas físicos con un modelo espacio-temporal. Se apoya en elaboración de experimentos y registro de resultados.	Las ideas simples (sensaciones) constituyen la parte objetiva de nuestro conocimiento, y las ideas complejas son las abstracciones que nos permiten crear ideas generales. Rechazo a las hipótesis mecánicas de los empiristas y los cartesianos.

Fuente: Elaboración propia

En los compromisos ontológicos y epistemológicos de Aristóteles, Galileo y Newton se refleja el desarrollo histórico y la realidad socio cultural de cada época. Aristóteles estableció un orden del universo que perduró casi 20 siglos, siendo en el Renacimiento en el que hubo connotaciones científicas que refutan las teorías aristotélicas, Galileo desarrolla sus teorías y experimentos avanzando en lo determinado por Copérnico y Kepler, lo cual influye en los descubrimientos de Newton gracias a la difusión de éstos. A nivel epistemológico los tres filósofos naturales exponen que tanto la observación como la sistematización de los hallazgos son métodos fundamentales para la creación del conocimiento.

Capítulo III - El evento de la caída de los cuerpos a partir de los planteamientos de Aristóteles, Galileo y Newton.

El comportamiento de los cuerpos que caen, como fenómeno físico, ha sido objeto de estudio desde distintas perspectivas. Aristóteles, Galileo y Newton establecieron elementos fundamentales para la explicación de este evento. Aristóteles conceptualizó la caída de los cuerpos desde una visión filosófica que se mantuvo durante casi 20 siglos. Ya en el Renacimiento, el planteamiento de Galileo en el que afirmó que todos los cuerpos caen al mismo ritmo en el vacío, en contradicción a Aristóteles, supuso un hito importante en la física al cambiar de la perspectiva filosófica a un incipiente proceso de matematización que posteriormente Newton consolida al definir las leyes de la dinámica y la gravitación universal.

3.1 Aristóteles, atracción al centro del universo.

En el estudio de la caída de los cuerpos de Aristóteles se establecen principios que serán asumidos como absolutos hasta el final del Renacimiento, pese a detractores como Filopón en siglo V d.C. Es importante aclarar que la física de Aristóteles no era matematizable según indica Álvarez (2012) y que se basaba en un concepto principal: la necesidad de todo cuerpo de regresar a su lugar natural, que está ubicado en el centro del universo (la Tierra). Aristóteles sustentaba que el mundo está hecho de 4 elementos; tierra, agua, aire y fuego, los cuales tienen una posición natural en el universo con cuatro esferas superpuestas, correspondientes a cada uno de los cuatro elementos. Debido a que los objetos están compuestos por estos elementos, la proporción de cada uno dirigirá su movimiento a las esferas que integran el universo. El movimiento hacia dicho lugar de cada cuerpo estaría dado por la cualidad del *ímpetus*, mientras más *ímpetus* tenga el mismo se moverá más rápidamente hacia su posición en el universo.

Es de suponer que bajo esta cosmovisión las piedras compuestas esencialmente por tierra caerían más rápido que la madera, compuesta por tierra y agua; el aire caliente iría hacia arriba debido a que está compuesto por aire y fuego; mientras que el aire frío hacia abajo ya que se compone de aire y agua.

Las esferas tolemaicas representadas por Petrus Apianus (1539) muestran no solo la ubicación geocéntrica del universo con capas superpuestas correspondientes a la Luna, Mercurio, Venus, El Sol, Marte, Júpiter, Saturno y las Estrellas y Costelaciones. En esta imagen también se observan representados gráficamente en el centro, los cuatro elementos en 4 esferas consecutivas:

Tierra, Agua, Aire y Fuego; por lo que se enfatiza el concepto de la tierra como punto centro de la ubicación de los cuerpos.

En este contexto Aristóteles realiza observaciones y establece premisas (algunas luego refutadas) sobre el peso de los cuerpos; el movimiento de los mismos; el medio dónde se realiza; el concepto de vacío; y las velocidades de los cuerpos con respecto a su composición, tamaño y forma. Aunque algunos de estos conceptos no los define como tales, como es el caso de la velocidad. Aristóteles indica en su texto *Física* lo siguiente con respecto a los pesos de los cuerpos:

Además, lo que afirmamos es evidente también por las siguientes consideraciones. Vemos que un mismo peso y cuerpo se desplaza más rápidamente que otro por dos razones: o porque es diferente aquello a través de lo cual pasa (como el pasar a través del agua o la tierra o el aire), o porque el cuerpo que se desplaza difiere de otro por el exceso de peso o ligereza, aunque los otros factores sean los mismos. (p.255)

Sin embargo, según indica Álvarez (2012) “para Aristóteles no existía el concepto de peso (fuerza gravitacional sobre un cuerpo), sino la cualidad de gravedad que poseían los cuerpos que él llamaba graves (formados esencialmente de los elementos agua y tierra).” (p. 36).

Aristóteles también analiza el movimiento de los cuerpos según el medio por el cual se desplaza:

Así, el cuerpo A se desplazará a través del medio B en el tiempo C, y a través del medio D (que es menos denso) en el tiempo E; si las longitudes de B y D son iguales, los tiempos C y E serán proporcionales a la resistencia del medio. Sean entonces B agua y D aire; en cuanto que el aire es más ligero y menos corpóreo que el agua, A pasará más rápidamente a través de D que a través de B. Habrá entonces entre ambas velocidades la misma proporción que aquella por la que el aire se diferencia del agua. De esta manera, si el aire es dos veces más sutil que el agua, A pasará a través de B en el doble de tiempo que a través de D, y por tanto el tiempo C será el doble que el tiempo E. Y siempre, cuanto lo más incorpóreo y menos resistente y más divisible sea el medio a través del cual el cuerpo se desplaza, tanto más rápidamente lo atravesará. (Aristóteles, op. Cit. pp 255-256).

Bajo esta premisa Aristóteles estableció que el vacío no puede existir, ya que no creía que podía haber un vacío, porque un vacío sería uniforme, simétrico. No podría haber arriba o abajo, nada diferenciaría el frente y el fondo, o a los lados.

Álvarez (2012) indica que Aristóteles, respecto al movimiento de los cuerpos indica en el tratado *Sobre el Cielo* que “Si un cuerpo dado se mueve cierta distancia en cierto tiempo, un peso mayor se moverá igual distancia en un tiempo más breve, y la proporción entre ambos pesos, uno respecto al otro, la guardarán de manera inversa los tiempos, uno respecto al otro”. Esta sentencia implica que el movimiento está supeditado a la masa y en función de ella el tiempo disminuye, aspecto que fue refutado posteriormente.

Aristóteles planteaba la inexistencia del vacío. Su teoría con respecto a la caída de los cuerpos indica que mientras más masa tenga un objeto más rápido cae, lo que se relaciona con la noción de *ímpetus*; ya que aún no se había desarrollado el concepto de velocidad que hoy día se conoce. Esta formulación se relaciona con su compromiso ontológico sobre el lugar que cada cosa tiene en el universo y con su compromiso epistemológico respecto a la percepción de los objetos y los conocimientos previos. Desde el punto de vista de la enseñanza de la física, Aristóteles genera aportes analíticos que a la luz de los avances científicos han sido refutados, sin embargo pueden elaborarse experimentos que estén dirigidos a detallar estos planteamientos.

3.2 Galileo, bases de la mecánica moderna

El concepto aristotélico de los “graves” siguió siendo válido hasta el Renacimiento, por lo que Galileo a partir de la física establecida para el momento -muy marcada por Arquímedes- fija su proceso de investigación en procesos matematizables y geometrizable, ya contando con el conocimiento aportado de sus antecesores como Leonardo da Vinci, Giovanni Bendetti, Francisco Bonamico y Guiobaldo del Monte. En ese proceso, Galileo partiendo también de la dinámica del *ímpetus*, intentaba elaborar procesos para matematizar la física aristotélica y la física parisina pero sin lograr resultados. Luego, al sustituir la cualidad (levedad y gravedad) por una escala cuantitativa determinada por pesos relativos afectados por el entorno (a contraposición de pesos absolutos) e incorporar elementos del modelo de la hidrostática de Arquímedes gracias a observar algo lógico (actual), por ejemplo, que la madera cae en el aire y sube al ser sumergida. Lo anterior lo llevó a su primer avance, determinando que: sólo en el vacío, en donde el medio no ofrece ninguna resistencia los cuerpos, tienen un peso absoluto.

Con experimentos realizados con planos inclinados y esferas entintadas sugeridos por el marqués Guiobaldo del Monte, definió una metodología de registros de procesos experimentales, con variaciones de la altura y la inclinación de la misma. Con este experimento determina el

carácter parabólico (o semi-parabólico) del movimiento definido por el proyectil al salir del plano inclinado, también registró los valores de la proyección horizontal.

Álvarez (2012) relata que Galileo pone en boca de Salviati¹ lo siguiente:

“Hemos visto ya que las diferencias de velocidad de los móviles con pesos distintos son cada vez mayores a medida que los medios atravesados ofrecen más resistencia... En las bolas de oro, de plomo, de cobre, de pórvido y de otras materias pesadas, sin embargo, será casi insensible la diferencia de sus velocidades en el aire... Habiendo visto, repito, todo esto, yo llegaría a la conclusión de que, si se eliminara absolutamente la resistencia del medio, todos los cuerpos descenderían con la misma velocidad” (p. 58).

Con esta reflexión ya se acerca a la ley de la caída de los cuerpos, pero en la carta a Paolo Sarpi del año 1604 citada en Koyre (1980) se indica que la asume como que la velocidad aumenta en función de la distancia:

“Reflexionando sobre los problemas del movimiento, para los cuales, y a fin de demostrar los accidentes por mí observados, me faltaba un principio totalmente indudable que pudiera poner como axioma, he llegado a una proposición que tiene mucho de natural y evidente; y, supuesta esta, demuestro luego todo el resto, en ´ especial que los espacios atravesados por el movimiento natural están en proporción doble del tiempo y que, ´ por consiguiente, los espacios atravesados en tiempo iguales son como los números impares “ab unitate”... ´ Y el principio es el siguiente: Que el móvil natural va aumentando de velocidad en la misma proporción en que se aleja de su punto de partida...” (p. 76)

Posteriormente Galileo se corrige y define que es en función del tiempo que la velocidad aumenta:

“... Debemos, ahora, tratar del movimiento acelerado... en cuanto determinemos teóricamente que un ´ movimiento es uniformemente y, del mismo modo, continuamente acelerado, cuando en tiempos iguales, se los tome de la forma que se quiera, adquiera incrementos iguales de velocidad... Por eso, creo que no nos apartamos en absoluto de la

¹ Salviati es uno de los personajes de la obra de Galileo “*Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo* (italiano: *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo Tolemaico, e Coperniciano*)”

recta razón si admitimos que la intensidad de la velocidad crece según el incremento del tiempo” (Álvarez, op.cit. p. 58).

En el experimento realizado con plano inclinado y registrado en el folio 107v, cuya finalidad era para averiguar la dependencia de las distancias recorridas por un objeto en tiempos regulares; las dimensiones fueron establecidas en *punti* (1 *punti* = 0.0944 cm), y ante la inexistencia de los cronómetros, el tiempo fue determinado a través de la duración de una nota musical específica.

A la tabla elaborada por Galileo, Álvarez y Posada (2003) le incorpora dos columnas, una dónde multiplica el tiempo al cuadrado de la primera columna por 33 que es el valor determinado del primer tramo medido al primer tiempo. La otra columna añadida revisa la diferencia entre la medición de Galileo y el cálculo resultante, encontrando pequeñas diferencias entre éstas que en general son igual o menores al 0,5% exceptuando el primer valor, pero considerando el alto grado de imprecisión que pudo haber ocurrido: imperfecciones en la esfera y en el plano inclinado, sistema de medición y principalmente la medición del tiempo.

Diagrama 4.

Datos consignados en el folio 107v de Galileo

t^2	t	d	D	Divergencia entre d y D	% de error
1	1	33	33	0	0,00%
4	2	130	132	-2	-1,52%
9	3	298	297	1	0,34%
16	4	526	528	-2	-0,38%
25	5	824	825	-1	-0,12%
36	6	1192	1188	4	0,34%
49	7	1620	1617	3	0,19%
64	8	2123	2112	11	0,52%

Los valores de d y D están en *punti*

Fuente: Álvarez y Posada (2003) con aporte propio en columna de % de error

Álvarez (2012) afirma que mediante este experimento Galileo determinó lo siguiente:

Si un móvil cae, partiendo del reposo, con un movimiento uniformemente acelerado, los espacios por el recorrido en cualquier tiempo que sea están entre sí como el cuadrado de la proporción de los tiempos, o lo que es lo mismo, como los cuadrados de los tiempos. (p.49)

El compromiso ontológico de Galileo parte de la noción de que todos los cuerpos tienen peso. A su vez, su compromiso epistemológico se centra en la experimentación respaldada por estructuras matemáticas. Para explicar la caída de los cuerpos Galileo exponía, en contraposición a Aristóteles que, al haber vacío los cuerpos caen a la misma velocidad sin importar su tamaño y peso. Así mismo, estableció una fórmula a partir de sus resultados en función de los tiempos y la distancia recorrida, que en primera instancia permite realizar experimentos en las aulas dirigidos a los cálculos matemáticos de este fenómeno físico.

3.3 Newton, La Ley de la Gravitación Universal

Tras grandes descubrimientos de la matemática como el teorema del binomio para exponente fraccionario, así como su tratado de *Opticks or a Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflections and Colours of Light* (1907) en el campo de la óptica, Newton reservó algunos de sus hallazgos hasta consolidar los mismos como el cálculo diferencial, aunque hay autores que indican que Newton no aceptaba que le contradijeran por lo que no se exponía a discusión.

Es en 1687 que Newton publicó la primera edición de su obra *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, escrito en latín que en ese momento era aún el idioma internacional y de carácter científico, en la que presentó toda su teoría de la mecánica de manera concisa a través de ocho definiciones y tres axiomas: la ley de la inercia, la ley de proporcionalidad entre la fuerza resultante y la aceleración, y la tercera ley, o principio de acción y reacción. Estos son los tres axiomas que conforman lo que hoy se conoce como leyes de Newton.

La primera de ley de Newton (ley de la inercia) dice que “Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme en línea recta, salvo en la medida en que le obliguen a cambiar dicho estado fuerzas impresas en él” (Newton, p.94). Ya Galileo había enunciado el principio de inercia, tanto para el caso del plano horizontal o los planos inclinados positivos o negativos (a favor o en contra del movimiento del móvil). Miguel (1986, p. 52) enuncia la Ley de Inercia como:

$$\sum \vec{F} = 0 \Leftrightarrow \vec{a} = 0 \quad \begin{matrix} F \\ a \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{Sumatoria de las fuerzas} \\ \text{aceleración} \end{matrix} \quad (1)$$

Newton planteaba para esta ecuación que el móvil transita un espacio absoluto en el cual pudiera estar ausente cualquier inferencia externa, sin embargo, posteriormente no sólo se plantea la inexistencia de ese espacio absoluto, sino que se infiere que nada está en reposo y que es según

el sistema de referencia que se puede indicar que dicho cuerpo lo está. En el mismo sentido, el movimiento rectilíneo uniforme sólo es con respecto a ese sistema de referencia.

La segunda ley de Newton (Principio fundamental de la dinámica) afirma que “El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime” (Newton, p.94). Partiendo del principio de inercia -sin cambios en la velocidad del cuerpo- se requiere establecer cómo se expresaría el cambio en la velocidad. Se asume que esta ley implica tanto la aceleración como la desaceleración de un cuerpo, ya sea que esté inicialmente en reposo o en movimiento. Miguel (1986, p. 52) enuncia la Ley de aceleración como:

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

F	sumatoria de fuerzas, en Newtons	(2)
m	masa del cuerpo, en kilogramos	
a	Aceleración del cuerpo, en metros por segundo al cuadrado	

A nivel de autores e investigadores se discute si esto es una ley o si es una definición de fuerza, pero Hernández y Melo (2005) hacen una redacción pragmática al respecto:

Casi toda la Física posterior se apoyó en el concepto de fuerza que aún se define o se establece prácticamente con las mismas palabras que utilizó Newton. La lógica de formulación de la Segunda Ley no es clara, ya que Newton empleó ideas intuitivas que él mismo nunca consideró como verdades establecidas, de aquí que algunos sean propensos a confundir la ley con la definición de fuerza. Pero no, la Segunda Ley es una ley con todas las de la ley. (p. 64)

La tercera ley de Newton (acción-reacción) señala que “Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria: O sea, las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en direcciones opuestas” (Newton, p.94). Miguel (1986, p.53) enuncia la fórmula de la Ley de Acción y de Reacción de la siguiente manera:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

F_{12}	fuerza aplicada por el cuerpo 1 sobre el cuerpo 2, en Newtons	(3)
F_{21}	fuerza aplicada por el cuerpo 2 sobre el cuerpo 1, en Newtons	

De acuerdo a la tercera Ley de Newton, las fuerzas se ejercen recíprocamente entre los cuerpos, y fundamentado en que esta interacción es inmediata y asumiendo que las masas de los cuerpos pueden ser distintas, las aceleraciones también han de ser distintas.

Al utilizar las tres leyes de la dinámica, Newton consigue definir la relación en la fuerza de la gravedad que interactúa entre dos cuerpos; estableciendo que esta fuerza es directamente proporcional al producto de sus dos masas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ambos cuerpos. Stewart (2013, p.67) expresa la ley de Gravitación Universal en los siguientes términos:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

F	fuerza de atracción gravitatoria entre dos masas, en Newtons	
G	constante de gravitación universal, en N.m ² /kg ²	
m_1	masa del cuerpo 1, en kilogramos	
m_2	masa del cuerpo 2, en kilogramos	
d	distancia que separa los cuerpos (desde el centro), en metros	(4)

Está establecido que el valor de la constante de gravitación universal es de 6,67 x 10⁻¹¹ N.m²/kg², y en el campo experimental existe la necesidad para perfeccionar su precisión. Otros autores como Nesbet (2022) teorizan que la constante G no es universal debido a que la forma de la composición atómica de las masas puede alterar la misma.

El compromiso ontológico de Newton se enfoca en la existencia del tamaño, la forma, la solidez y las fuerzas. En tanto, en su compromiso epistemológico asume que mientras las ideas simples generan algo objetivo, las complejas desarrollan resultados generales. Bajo estas premisas Newton asumió la Ley de Gravitación Universal como ley de la naturaleza, la cual constituye el fundamento explicativo y de cálculo de los movimientos astronómicos. También influyó en la determinación científica que dos cuerpos pueden interactuar sin tener contacto físico. Al haber establecido fórmulas, el proceso didáctico con experimentos para la comprensión de la caída de los cuerpos es fácilmente aplicable en las actividades de aprendizaje de la física.

3.4 Desarrollo de la concepción de la caída de los cuerpos entre los filósofos naturales

La escuela helénica se caracteriza por su interés en el conocimiento de la naturaleza y su funcionamiento. Así pues, los pensadores griegos dedicaban sus estudios a encontrar las causas del mundo, y esto para Aristóteles no era ajeno, ya que la explicación de los 4 elementos que conforman el universo muestra el comportamiento de los cuerpos ya que dependiendo de su elemento característico este se elevará o caerá.

La escuela platónica de la cual hizo parte Aristóteles es importante, aunque no marca una influencia directa en su pensamiento, muestra la búsqueda de nuevas maneras de conocer el mundo

que nos rodea, dejando atrás el mundo del plano superior de las ideas para tener una visión más empirista argumentando que la forma es lo que hace que la cosa sea lo que es, no existen dos mundos como enseña Platón.

Bajo este contexto Aristóteles da cualidades a los objetos, los cuales tienen pesantez o ligereza, por tanto, un cuerpo que caiga más rápido tendrá mayor pesantez que un cuerpo que cae más lento. De este subyace un problema, otorgarles dos cualidades opuestas a los cuerpos, ya que no se podría determinar si un cuerpo tiene una o la otra cualidad.

La influencia de Aristóteles en la era medieval era muy grande, las universidades impartieron enseñanzas aristotélicas y la iglesia acogió éstas favorablemente ya que al compararlas con sus creencias teológicas encontraban similitud con las creencias teológicas. Con el crecimiento de la imprenta en Europa y la traducción de textos antiguos hacen que leer a autores diferentes a Aristóteles abran el panorama de nuevos conocimientos.

Para Galileo la perspectiva hacia el problema cambia, puesto que se entiende que para dar cualidad a un cuerpo basta solo con la propiedad que describa la cantidad de materia, la cual sería masa de los cuerpos. Para Galileo el *ímpetus* toma un papel protagónico, ya que esta propiedad no es intrínseca de los cuerpos, sino que es dotada por un factor externo. Este pensamiento galileiano del *ímpetus*, es el que organiza Newton para poder esculpir la primera ley de la inercia, la cual dice que un cuerpo permanecerá en su estado de movimiento, ya sea el reposo o movimiento uniforme, y seguirá en este estado a no ser que haya una fuerza externa que cambie su estado de movimiento.

Y este es el caso de Galileo el cual el trabajo que hizo de planos inclinados se aparta de la experiencia como fuente fiable del conocimiento, e introduce la experimentación como herramienta para metódico para interrogar la naturaleza. En esta exploración llega a la conclusión de que si suprimimos el medio por el cual caen los cuerpos, estos caerían a la misma velocidad sin importar su masa. Esta parte imaginativa la cual nos pone en un plano ideal en el cual no existen los medios, y la utilización de la geometría nos hace argüir que la influencia platónica estuvo presente en su pensamiento.

Aunque para Galileo, asegurar la existencia de entes no fue su preocupación, se puede ver en su trabajo que el ente llamado *ímpetus* como agente externo al cuerpo no lo convencía, sentó bases para pensar que los cuerpos poseían una resistencia al ser movidos, la cual sirvió para argumentar las leyes de inercia, años después por parte de Newton.

El Renacimiento en auge con el gran crecimiento de las artes y las ciencias en Europa, cuya aceleración en el caso de las ciencias se da gracias a los aportes en la matemática hechos por Descartes, Mangoli y el mismo Newton. En el pensamiento filosófico tenemos a Francis Bacon y Locke como influencias directas a Newton, y es que todos estos pensadores dan un aporte al pensamiento del inglés, el empirismo moderno nos muestra el camino por el cual proceder para poder entender la naturaleza. Las ideas simples estarán dadas por nuestras experiencias sensibles (ver caer un objeto) y las ideas complejas serán las que somos capaces de racionalizar y reflexionar sobre nuestras observaciones y poder crear un lenguaje lógico que abarque la generalidad (3 leyes de newton) y, para para poder dar explicación a las reflexiones realizadas, era necesario establecer que la causa del movimiento son las fuerzas.

Era necesario organizar las experiencias observadas y obtener una ley universal que agrupara todos los fenómenos dinámicos que rodean la naturaleza, desde el desplazamiento de una piedra que es lanzada hasta los movimientos celestes, es así como Newton postula las 3 leyes obteniendo uno de los grandes logros de la humanidad. Newton, al igual que sus antecesores, tuvo una visión acorde a su época y logró organizar los cimientos de la física moderna, determinando que sus descubrimientos fueran estudiados y puestos a prueba para generar el conocimiento que tenemos hoy en día.

Desde Aristóteles hasta Newton se puede observar como la caída de cuerpos se ha interpretado de formas diferentes, y su comprensión va de la mano del entendimiento de la naturaleza de la respectiva época. Si bien las perspectivas aristotélicas carecen de rigurosidad en el ámbito científico actual, esta visión ayudó a entender el evento de la caída de cuerpos e identificar sus aciertos y falencias. Al igual que el griego, Galileo enfrentó este problema, aunque con más herramientas; la introducción del *ímpetus* como entidad física era muy ambiguo, pero gracias a la geometrización del espacio y la utilización del experimento como herramienta se logró alcanzar mejores conclusiones de las experiencias obtenidas.

Conclusiones

En este estudio se exploraron los aspectos ontológicos y epistemológicos que subyacen en las teorías sobre el estudio de la caída de los cuerpos de Aristóteles, Galileo y Newton, en el entendido que dichos aspectos derivan del contexto histórico y sociocultural de cada uno de los filósofos naturales. En este sentido, un fenómeno como la caída de los cuerpos puede ser descrito por doctrinas filosóficas diferentes, y cada perspectiva muestra el modo en que los pensadores observaban y describían la naturaleza.

Los aportes y teorías de Aristóteles, Galileo y Newton sobre el estudio de la caída de los cuerpos fueron consecuencia de la realidad histórica e impactaron el mundo científico de su época, así como tuvieron vigencia hasta que surgieron hallazgos y explicaciones distintas. Entre Aristóteles y Galileo transcurrieron casi 20 siglos, mientras que entre Galileo y Newton menos de medio siglo. El salto temporal posterior a la Grecia Helénica se puede caracterizar por un largo período histórico donde la producción del conocimiento científico fue casi nula ya que tuvo un contexto de guerras, surgimiento y desaparición de estados, reinos e imperios, creación e implicaciones sociales, políticas y de poder de las nuevas religiones. Este panorama cambia en el siglo XVI con el Renacimiento, a partir de dos elementos cruciales: la invención de la imprenta y movimientos libre-pensadores no necesariamente atados o controlados por las estructuras de poder. La influencia del pensamiento griego del aristotelismo fue casi hegemónico hasta el Renacimiento y asumido como elemento científico que no contradecía a las sagradas escrituras; el planteamiento de Copérnico mueve las bases de la ciencia hacia el heliocentrismo y Galileo fundamenta el cambio, sin embargo, Newton expresa la Ley de Gravitación Universal 40 años después de la muerte de Galileo con la venia del poder imperante.

La distancia histórica de estos filósofos naturales conlleva a que los compromisos ontológicos y epistemológicos sean distintos. En este sentido, los compromisos ontológicos de los filósofos naturales responden al momento socio-histórico de cada uno y los paradigmas científicos dominantes. Aristóteles con el conocimiento establecido en la Grecia Clásica; Galileo con la influencia aristotélica del medio-evo a la cual se opuso; y Newton enmarcado con la expansión y difusión del Renacimiento ocurrido no solo en las artes, sino también en las ciencias.

En relación a los compromisos epistemológicos de Aristóteles, Galileo y Newton, éstos también variaron entre ellos. En el caso aristotélico se establece que el conocimiento se da primeramente por la percepción de los objetos materiales y que todo aprendizaje se realiza a través de conocimientos previos, totales o parciales, tanto si procede por demostración como por definiciones. Galileo está relacionado a las ideas platónicas-racionalistas, se apoya de una estructura matemática para desarrollar problemas físicos con un modelo espacio-temporal y se apoya en la elaboración de experimentos y registro de resultados. Newton por su parte, asume que las ideas simples (sensaciones) constituyen la parte objetiva de nuestro conocimiento, y las ideas complejas son las abstracciones que nos permiten crear ideas generales, declara un rechazo a las hipótesis mecánicas de los empiristas y los cartesianos, pero utiliza la hipótesis en su postulados y tratados.

De tales compromisos surge el estudio del evento de la caída de los cuerpos, que estuvo regido por el planteamiento de Aristóteles hasta el siglo XVI, con conceptualización lógica geocentrista (en su más amplio sentido), pero no matematizable. Posteriormente, Galileo sienta las bases para la revolución en la física dinámica, deslastrándose de conceptos como el “*grave*” y el “*impetus*” para lograr establecer la existencia de nuevos niveles de la física, así como de métodos científicos. Por su parte, Newton define las 3 leyes de la dinámica y la Ley de la Gravitación Universal, a partir de los principios establecidos por Galileo. La concentración y luego divulgación del conocimiento fueron fundamentales para la elaboración de este avance científico.

Es así como cada filósofo natural estudia el evento de la caída de los cuerpos en base a principios epistemológicos y ontológicos diferentes, es decir, tienen concepciones distintas sobre la realidad y construyen sus explicaciones particulares sobre la misma.

La importancia del abordaje del evento de la caída de los cuerpos dentro de la enseñanza de la física radica en las herramientas que nos proporciona para entender y organizar nuestros conocimientos, puesto que los autores escogidos dan diferentes etapas de la experiencia que tenemos de la naturaleza. En primer lugar, en Aristóteles podemos identificar la importancia de la experiencia sensible, en la cual utilizamos nuestros sentidos para observar los fenómenos circundantes. No obstante, estas observaciones no otorgan un criterio de verídico para entender la naturaleza, así pues, es necesario racionalizar y organizar nuestras ideas, ya que cada observación tiene una carga teórica. Es así como Galileo ofrece aportes como la experimentación en la que se

somete a prueba la naturaleza con la intervención humana y mediante la geometría y el idealismo brinda una versión más precisa de la caída de los cuerpos.

Por último, Newton es el que tomando todas estas experiencias y conocimientos previos logra determinar 3 leyes fundamentales que reúne todas las experiencias en torno a la caída de cuerpos, y darle una estructura matemática que es de suma importancia para la ciencia moderna. En síntesis, se puede afirmar que dentro de estas 3 etapas están remarcados la modelación de un concepto como la gravedad, en un recorrido que parte de darle cualidades a un evento como la caída de cuerpos, pasando por el razonamiento del mismo, hasta una cuantificación que generaliza las experiencias.

De lo anterior conviene resaltar que la ciencia no es una construcción espontánea, ni aislada de su contexto. Por el contrario, el conocimiento científico está estrechamente vinculado a la realidad histórica, social y cultural en el que se produce. De ahí la importancia de reconocer e incorporar la perspectiva cultural en los procesos de enseñanza de las ciencias, para que ésta realmente se coloque al servicio de la sociedad.

Referencias

- Álvarez G. J.L. (2012). *El fenómeno de la caída de los cuerpos*. Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Recibido el 16 de noviembre de 2011; aceptado el 25 de enero de 2012. Disponible en:
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfe/v58n1/v58n1a9.pdf>
- Álvarez y Posada (2003) *La obra de Galileo y la conformación del experimento en la física* revista mexicana de física 49 (1) 61–73. México, D. F., México. Disponible en
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0035-001X2003000100011&script=sci_arttext
- Aragón Rodelo, L. A., & Cabarcas Bolívar, K. (2023). Entorno social vivencial de los estudiantes y la contextualización de los contenidos para el aprendizaje de la Química. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 3(7), 1–13. <https://doi.org/10.53595/rlo.v3.i7.059>
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. 6ta. Fidas G. Arias Odón. Disponible en:
<https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Blåsjö, V. (2021). *Galileo, Ignoramus: Mathematics versus Philosophy in the Scientific Revolution*. arXiv preprint arXiv:2102.06595. Disponible en:
<https://arxiv.org/abs/2102.06595>
- Briones, G. (1996). *Epistemología de las ciencias sociales* (p. 233). Bogotá: Icfes. <https://cordescorporacion.cl/wp-content/uploads/2018/03/epistemologi%C3%A1a-briones.pdf>.
- Cohen, Bernard (1980). *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. Alianza editorial.
- De Berríos, O. G., y Briceño B., M. Y. (2009). Enfoques epistemológicos que orientan la investigación de 4to. nivel. *Visión gerencial*, 47-54.
- Frías, N. B., Raúl, J., Lázaro, B., Rodríguez, F. G., & Téllez, G. (2020). *Aristóteles: creador de la filosofía de la ciencia y del método científico*. Disponible en:
https://www.rade.es/doc/05R-BURGOS%20et%20al._Aristoteles.pdf

- García Chuquillanqui, R. F. (2016). El desarrollo de la sociedad desde la visión de la historia como ciencia social. *Horizonte de la Ciencia*, 6(10), 61–70. Recuperado a partir de <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/horizontedelaciencia/article/view/356>
- García, J. A. (2014). El empirismo y la filosofía hoy. *Contrastes. Revista Internacional De Filosofía*, 19(3). Disponible en: <https://www.revistas.uma.es/index.php/contrastes/article/view/1104/1055>
- Granés, José. (1988). *Newton y el empirismo- una exploración de las relaciones entre sus concepciones del conocimiento del mundo natural*. Empresa Editorial Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia
- Henry, John (2008). Isaac Newton: ciencia y religión en la unidad de su pensamiento. *Estudios de Filosofía*, Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/ef/n38/n38a04.pdf>
- Hernández L. y Melo O. de (2005). El Laberinto de las Leyes de Newton. *Revista Cubana de Física* Vol. 22, No. 1, 2005. Disponible en: <http://www.revistacubanadefisica.org/RCFextradata/OldFiles/2005/FIS%2022105/FIS%2022105-111.pdf>
- Hernández, Fernández y Baptista (2014) *Metodología de la Investigación*. 6ta ed. Mc Graw Hill. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Jiménez Cuesta, J.R. 2016. Ciencia versus Religión: Un conflicto imposible en tiempos del caso Galileo. *Disputatio*. 5, 6 (dic. 2016), 157-171. Disponible en: <https://studiahumanitatis.eu/ojs/index.php/disputatio/article/view/jimenez-ciencia/291>
- Koyre, Alexandre. (1966). *Estudios de historia del pensamiento científico*. Siglo veintiuno editores S.A.
- Koyre, Alexandre. (1980). *Estudios Galileanos*. Siglo veintiuno editores S.A.
- Larroyo, Francisco (1993). *Aristóteles, Tratados de Lógica (el Organon)*. Editorial Porrúa, S. A. México. 9na ed.
- Lohr, Charles H. (1996). *Del aristotelismo medieval al aristotelismo renacentista, la transformación de la división aristotélica de las ciencias especulativas en el siglo XVI. Patristica Et Mediævalia*, 17, 3-15. Recuperado a partir de: <http://revistascientificas2.filo.uba.ar/index.php/petm/article/view/7915/6971>

- Menéndez, Vicente (2023). El uso de la historia para mejorar la enseñanza de la física: las ideas científicas en la antigüedad y la edad media. *Revista de la Enseñanza de la Física*, volumen 35, número extra, selección de trabajos presentados a REF | PP. 219-222. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/43313>
- Miguel, O. (1986). Análisis comportamental de las leyes de Newton. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 51-55. Disponible en <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/50860/92864>
- Molina A., Adela, Niño E. Charbel y Sánchez A., Juanma (2014) *Enseñanza de las ciencias y cultura: múltiples aproximaciones*. Universidad Distrital José de Caldas. https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/libreria_cm_archivos/pdf_1453.pdf
- Municio, Á. M. (2004). PPCCT-2002. La Compresión Social de la Ciencia. *Arbor*, 179(706), 405-441. Disponible en: <https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/524>
- Nesbet, R. K. (2022). Conformal gravity: Newton's constant is not universal. *Europhysics Letters*, 139(5), 59004. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1209/0295-5075/ac8d28/meta>
- Newton, Isaac (1687) *principios matemáticos de la filosofía natural* (traducción de Eloy Rada García), edit. Epublibre. – 2da ed 1713 – 3era ed. 1726
- Pedrerros M., Rosa, I. (2011). Compromisos ontológicos y epistemológicos en el estudio de situaciones de equilibrio en comunidades culturalmente diferenciadas. *Diversidad Cultural y Educación, Educación y Ciudad*. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5704963.pdf>
- Pedrerros. M, Rosa I. (2013). Diálogo de las perspectivas de perfil conceptual y conglomerados de relevancia. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, vol. 6, núm. 12, julio-diciembre, 2013, pp. 119-131. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/2810/281029756008.pdf>
- Peña R., Faustino (2007). Reflexiones acerca de la investigación en educación y pedagogía. *Pedagogía y Saberes* N° 27. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá. 218p. Disponible en: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/PYS/article/download/6868/5605/17149>
- Prieto, A. (2018). *Debate onto epistémico entre Newton y Leibniz: solapamiento y tangencialidad*. Facultad de Filosofía. Universidad complutense de Madrid.

- Rivera-Juárez, Juan M. (2021). Consecuencias de los trabajos de Galileo en la ciencia posterior. *Revista EIA*, 18(35), 16-22. Epub October 16, 2021. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/v18n35/2463-0950-eia-18-35-16.pdf>
- Schwartz, Nora (2019). *El enfoque histórico-cognitivo de la creación de conceptos científicos, Filosofía y Economía*. Disponible en: https://www.academia.edu/45308404/Filosof%C3%ADa_y_Econom%C3%ADa_https_aa6c778c_2feb_4a87_bfde_5944bd2a7912_filesusr_com_ugd_58093c_b2ab6446f66b447db598fd5349666206_pdf
- Stewart, I., & Fernández, L. S. (2013). *17 ecuaciones que cambiaron el mundo*. Barcelona: Crítica. Disponible en <http://www.librosmaravillosos.com/17ecuacionesquecambiaronelmundo/pdf/17%20ecuaciones%20que%20cambiaron%20el%20mundo%20-%20Ian%20Stewart.pdf>
- Troncoso, Nadia (2009) *Hacia una ontología de la economía Lawson-Machlup*, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2009/diciembre/0652282/0652282.pdf>
- Universidad Nacional Autónoma de México (2017) *Historia Universal 1 » Unidad 1 » Categorías y conceptos » Hecho histórico*. <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/historiauniversal1/unidad1/categoriasConceptos/hechoHistorico>
- Vázquez Martínez, Francisco (2000) Las corrientes educativas en la Grecia clásica desde la perspectiva del concepto postura. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (México), XXX (1), pp. 89-116. Centro de Estudios Educativos, A.C. Distrito Federal, México. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/270/27030104.pdf>
- Velilla-Jiménez, H. E. (2018). *Formas de matematización de la filosofía natural: Galileo y la redefinición sociocognitiva de sus matemáticas*. *Estudios de Filosofía*, (57), 59-93. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-36282018000100059&script=sci_arttext
- Westfall, Richard S. (1971) *Force in Newton's physics: The Science of dynamics in the seven-teenth century*. American Elsevier. New York.