



Universidad de Chile

Facultad de Filosofía y Humanidades

Departamento de Filosofía

Escuela de pregrado

La metafísica como heurística para la formulación de hipótesis en períodos de crisis científica

Tesina para optar al Grado de Licenciado en Filosofía

Estudiante: Vicente Alejandro Pinto Prado

Profesor guía: Manuel Ernesto Rodríguez Tudor

Santiago de Chile 2021

Dedicatoria:

En agradecimiento a toda mi familia, quienes me han apoyado en el proceso espiritual y literario. A mis amigos, quienes me acompañaron en el juego de vivir y disfrutar. A mis profesores, quienes me guiaron en los saberes filosóficos e intelectuales. A mi pareja, quien me ha entregado su amor para sostener dicha tarea.

Resumen

En este trabajo se examina el carácter heurístico de la metafísica en el desarrollo científico. Se defiende que esta disciplina aporta positivamente nuestro entendimiento científico de la realidad. En el capítulo 1 se analiza la importancia del estudio histórico de las ciencias por parte de los científicos, poniendo énfasis en los conceptos kuhnianos de paradigmas científicos, ciencia normal y revolución científica, para luego dar una definición propia del concepto de metafísica. El capítulo 2 se dedica a ejemplificar hechos históricos en los que la metafísica ha jugado un rol fundamental en el desarrollo de la disciplina científica, mostrando situaciones en las que han ocurrido revoluciones científicas justamente a causa de nuevas concepciones metafísicas. Finalizando con el capítulo 3, donde expondré el problema de la universalidad de las leyes científicas, para luego proponer a las matemáticas como el fundamento metafísico que permite leyes universales independiente del problema de la inducción planteado por Karl Popper, concluyendo que la utilidad de la metafísica radica justamente en que esta puede realizar enunciados que se escapan de las leyes universales del paradigma vigente, proponiendo supuestos por los que se podría guiar una nueva revolución científica.

Palabras clave

Paradigma científico, historia de las ciencias, metafísica, revolución científica.

Índice

Introducción: Metodología y propósito de la investigación.....	1
Capítulo 1: Asuntos preliminares	4
1.1. La importancia del problema histórico.....	4
1.2. Introducción al concepto de paradigmas científicos.....	5
1.2.1. Cambios de paradigma: La ciencia normal y las revoluciones científicas	7
1.3. El problema histórico insinuado por el pensamiento filosófico	8
1.3.1. Contraste metafísico entre el pensamiento medieval y moderno	8
1.3.2. Posible solución al problema histórico por medio de los fundamentos metafísicos de la ciencia moderna.....	12
1.4. Carácter heurístico de la metafísica	13
Capítulo 2: La filosofía natural en el pensamiento moderno	16
2.1. El sistema ptolemaico	16
2.2. El problema de la nueva astronomía sugerido por Edwin Arthur Burtt	16
2.2.1. ¿Qué motivó a Copérnico a plantear una nueva astronomía?	18
2.3. La influencia de las matemáticas en las concepciones metafísicas	20
2.3.1. Posibilidades que da la libertad del algebra de su vinculación con la espacialidad.....	21
2.4. Kepler y la cercanía con el sistema copernicano.....	23
2.4.1. Ideas clave de la nueva metafísica: Cualidades primarias y secundarias	26
2.5. Galileo: La conveniencia del estudio matemático del movimiento.....	27
2.5.1. El movimiento local como ciencia: La dinámica terrestre	28
2.5.2. El orden matemático en la naturaleza.....	28
2.5.3. La metafísica en el método científico de Galileo.....	29
2.5.4. Aporte de Galileo a la nueva metafísica: Movimiento, espacio y tiempo.....	31

Capítulo 3: Consideraciones finales.....	34
3.1. La respuesta a incógnitas desde la ciencia normal: Problemas con la universalidad de las leyes científicas	34
3.1.1. El problema de la inducción en la universalidad de las leyes.....	37
3.2. Entendiendo la naturaleza: La necesidad de los paradigmas y las revoluciones científicas	38
3.3. La influencia de la metafísica moderna: Las matemáticas como base explicativa de la realidad	39
Conclusión: Síntesis, algunas dificultades y posteriores investigaciones.....	43
Bibliografía.....	45

Introducción: Metodología y propósito de la investigación

Una manera de comenzar un trabajo de investigación es definiendo sus propósitos, exponiendo sus expectativas y marcando una metodología concreta que estructure el progreso del texto. La utilidad de este modo de portarse es poder entregar un texto comprensible para el lector, sin exigirle a este la tarea de encontrar los objetivos tácitos que puede o no incluir el autor al componer un texto. Con la finalidad de entregar un trabajo claro, mi investigación de pregrado busca seguir ese mismo principio. Es necesario entonces, antes de redactar lo que sería mi investigación, exponer los propósitos y la metodología que seguirá el texto en su totalidad.

El marco general de este escrito es lo que llamo un breve análisis histórico del avance científico donde la metafísica participa como heurística. Es en esta esfera donde yace mi examen y por donde me guiaré para mostrar mis resultados. En menester de lo anterior, la manera de proceder del texto es, naturalmente, exponiendo la importancia del problema histórico y sus incidencias en el estudio de las ciencias. Kuhn es un autor insignia en cuanto al impacto que tiene la historia científica en el desarrollo de las ciencias, explicando que estas últimas se guían por paradigmas científicos, los cuales a lo largo de la historia pueden ser sustituidos por otros paradigmas en un proceso que él denominó revolución científica.

El estudio histórico al ser el centro de mi investigación es la columna vertebral de todo lo que le prosigue, por lo que el concepto heurístico de la metafísica se verá respaldado en los mismos hechos relatados a lo largo de la historia de las ciencias. Copérnico juega un papel revolucionario en este sentido, logrando que autores que le siguen, como Kepler y Galileo, puedan haber desarrollado de manera fructífera su pensamiento científico.

El propósito de la investigación, en consecuencia, será exponer el aporte de la metafísica en el desarrollo de las teorías científicas a lo largo de la historia, pudiendo captar el componente heurístico que esta misma tiene en su vínculo con las ciencias empíricas.

Respecto a la metodología, la planificación de escritura estriba, esencialmente, en exponer un texto en párrafos en su preferencia sintéticos y precisos, siguiendo los límites esperados

por las reglas académicas. El esqueleto del texto estará compuesto por tres capítulos con sus respectivas subdivisiones, intentando recopilar en subtítulos los argumentos capitales de cada exposición en beneficio de mantener cierto hilo del cual guiarse en medio de un escrito que podría resultar confuso.

El primer capítulo de este trabajo tendrá un carácter introductorio, Estará centrado en contextualizar al lector respecto de la corriente filosófica que seguirá el texto en el desarrollo de los argumentos. Por lo mismo, relataré brevemente la importancia del problema histórico desde la visión del filósofo Thomas Kuhn y de la importancia que le da al estudio de la historia por parte de la comunidad científica. Conceptos como paradigmas científicos, ciencia normal y revolución científica serán explicados y tomados como esenciales para el desarrollo positivo de las ciencias.

A pesar de que el estudio científico es algo que abarca toda la historia del ser humano, por la brevedad de este trabajo, mi argumento se centrara en el tránsito desde la época medieval a la época moderna. Naturalmente estarán expuestos en este capítulo algunos de los problemas centrales que incumben a los medievales en el estudio científico, poniendo énfasis en cuáles fueron los puntos criticados por los filósofos que abrieron las puertas a la modernidad científica. Terminando el capítulo me centraré en posibles soluciones planteadas por Edwin Arthur Burt y en la definición de metafísica que usaré a lo largo del relato.

El contenido del segundo capítulo es el marco teórico, es decir, el conjunto de antecedentes históricos y disputas principales entre el pensamiento escolástico y moderno. Una breve exposición acerca del sistema ptolemaico estará incluida, seguida de una visión general acerca de los problemas no religiosos que siguieron al heliocentrismo copernicano. Kepler aparece en este punto de la historia como un pensador iluminado por Copérnico, quien rescata la importancia de la geometría y las matemáticas en el entendimiento del universo, llegando a proponer nuevas ideas metafísicas que comenzaban a embriagar los espíritus modernos. Las cualidades primarias y secundarias aparecen como un remplazo a las categorías escolásticas heredadas del aristotelismo. Contemporáneo a Kepler está Galileo. Nace antes y muere después que Kepler y dedica su vida a defender a las matemáticas como el eje central del estudio científico de la naturaleza. Sin embargo, a diferencia de Kepler, Galileo fue un pensador que centró su estudio en el movimiento de los cuerpos pequeños, impulsando el

nacimiento de una nueva ciencia: la dinámica terrestre. Naturalmente, Galileo fue fiel seguidor de la idea de un orden matemático en la naturaleza y se explayó aún más que Kepler acerca de la doctrina de cualidades primarias y secundarias, llegando a sostener que las cualidades reales del objeto eran las primarias compuestas por la solidez, extensión, figura, forma, movimiento o reposo y número. En efecto, el trabajo de Galileo en cuanto al poder predictivo de la dinámica terrestre y de solucionar cuestiones tan básicas como demostrar que dos cuerpos de distinta masa tardan el mismo tiempo en caer a la tierra lo dejaron como un pensador capital en la historia científica, abriéndole las puertas a pensadores posteriores que desarrollarían aún más sus descubrimientos.

El tercer y último capítulo tendrá carácter conclusivo. Expondré mis argumentos a favor de una metafísica como heurística del pensamiento científico en períodos de crisis científica. El problema de la inducción examinado por Popper será corolario de la imposibilidad lógica de una universalidad en las leyes científicas. Asimismo, la necesidad de las leyes universales en los paradigmas y las revoluciones científicas guiará mi argumento a favor de la metafísica y su aporte a la ciencia moderna. Naturalmente el ingrediente principal en este punto es el giro metafísico moderno. La realidad deja de ser explicada en términos cualitativos escolásticos, pasando a una explicación matemática de la naturaleza, y en ese sentido, la metafísica moderna es guiada por la idea de que el universo es, en su naturaleza, matemático.

Capítulo 1: Asuntos preliminares

1.1. La importancia del problema histórico

Para que el cultivo de la historia de la ciencia adquiriera cabal sentido y rinda todos los frutos que promete, se impone el examen de ciertas coyunturas, propias del desenvolvimiento científico. La “revolución científica” es quizás la circunstancia en que el desarrollo de la ciencia exhibe su plena peculiaridad, sin que importe gran cosa de qué materia se trate o la época considerada. (Kuhn, 2004, p. 3).

La importancia del problema histórico en el campo de la filosofía de las ciencias es principalmente expuesta por Thomas Kuhn, quien en el año 1949 se doctoró en física en la Universidad de Harvard. En esa misma facultad dictó un curso de historia de la ciencia, y es en ese lugar dónde aparecen sus principales aportes filosóficos.

Kuhn (2004) plantea que la visión que se tiene del estudio científico en su época se entiende como una constelación de hechos, teorías y métodos reunidos en los libros de texto. Siguiendo esta línea, un científico sería aquel que contribuye de una u otra forma a esta constelación de hechos. En este sentido, la ciencia es el proceso gradual en el que estos conceptos han sido añadidos a lo largo del tiempo y la historia de la ciencia sería la encargada de relatar estos incrementos sucesivos y, por supuesto, los obstáculos que han impedido dicha acumulación. Entonces, el historiador tiene dos misiones. En primer lugar, determinar por quién y en qué momento fue descubierto o inventado cada hecho, ley o teoría científica y, en segundo lugar, describir y explicar los errores que cometió el científico y que circunstancias le impidieron una acumulación más acelerada de conocimiento.

Ciertos problemas les surgen a los historiadores de las ciencias por esta concepción. Uno de los más relevantes es la dificultad para discernir entre el componente científico de las observaciones pasadas y las creencias que llevaron a los anteriores científicos a tachar apresuradamente de error o superstición dichas observaciones.

Cuanto más cuidadosamente estudian, por ejemplo, la dinámica aristotélica, la química flogística o la termodinámica calórica, tanto más seguros se sienten de que

esas antiguas visiones corrientes de la naturaleza, en conjunto, no son ni menos científicos, ni más el producto de la idiosincrasia humana, que las actuales. (Kuhn, 2004, p. 22).

Los historiadores encuentran un problema porque, ¿qué es lo que nos impide pensar que el sistema científico vigente no comete los mismos errores que los que nos preceden? Si incluimos ciertos conocimientos antiguos como ciencia, entonces tendríamos que aceptar un conjunto de creencias absolutamente incompatibles entre sí. El historiador se ve forzado a aceptar esa última premisa porque el conocimiento científico es un conjunto de creencias que en ciertos casos son incompatibles. En principio las teorías antiguas no dejarían de ser científicas, sin embargo, esto nos prohíbe la concepción del desarrollo de las ciencias como un proceso de acumulación de conocimiento.

1.2. Introducción al concepto de paradigmas científicos

Kuhn (2004) propone que en vez de buscar la participación que tuvo una ciencia más antigua en nuestra biblioteca de conocimientos, el historiador debería ver a dichos partícipes desde el punto de vista de su propia época. Un ejemplo que da es que no sirve preguntarse qué diría un físico contemporáneo acerca de las predicciones de Galileo, sino más bien, hay que revisar la relación entre las opiniones de Galileo y las de sus pares de campo y época. Estos y otros problemas son los que llevan a Kuhn a sugerir el replanteamiento de la imagen de la ciencia y entenderla siempre dentro del marco de un paradigma científico. Este concepto utiliza Kuhn para expresar la manera en la que la comunidad científica de una época determinada llega a un consenso acerca de qué concepción de mundo va a guiar la producción de conocimiento científico.

Un paradigma puede ser entendido como un sistema de creencias, valores y técnicas que comparten los miembros de una comunidad científica. Es decir, un paradigma es una manera de hacer ciencia que supone una forma de interpretar la realidad, una metodología para abordarla y problemas típicos de investigación. (Ruiz Bolívar, 1997, p. 11).

Kuhn (2004) plantea que el aspecto más destacado de las implicaciones historiográficas en las ciencias es la insuficiencia de las directrices metodológicas para exponer por sí mismas una conclusión única a muchos tipos de preguntas científicas. Esto es algo que la historia de las ciencias no ha podido darnos, pues distintos científicos han llegado a lo largo de la historia a distintas conclusiones a partir de las mismas premisas, e incluso a las mismas conclusiones a partir de distintas premisas. Por ejemplo, si se le dan instrucciones para que cierta persona examine fenómenos eléctricos o químicos, esta persona que no tiene entendimiento en dichos campos, pero sabe en qué consiste el ser científico, puede llegar, de buena manera, a incontables conclusiones incompatibles entre sí. Aquellas posibles conclusiones a las que llegue estarán posiblemente determinadas por su experiencia anterior en otros campos, dígame conocimiento empírico previo o su propia disposición frente a los nuevos fenómenos. ¿Qué creencias tendrá de este nuevo fenómeno a causa de sus conocimientos previos? ¿Cuál de todos estos experimentos ya probados elige para llevarlo a cabo antes que los demás? Y, ¿qué fenómenos experimentados le resultan más importantes por sobre otros? Evidentemente las respuestas a estas preguntas son, al menos, una guía para el individuo en cuestión y habitualmente resultan determinantes en el desarrollo científico.

Las ciencias a lo largo de la historia se han caracterizado por una disputa entre distintas concepciones de la naturaleza, las cuales derivan en parte de la observación y el método científico. Kuhn (2004) concluye que la diferencia entre una teoría y otra no es un error metodológico o una observación errónea de la naturaleza, sino que “sus modos inconmensurables de ver el mundo y de practicar en él las ciencias” (Kuhn, 2004, p. 25). A fin de cuentas, las observaciones y la experiencia son las que limitan el espectro de creencias tolerables. Los percances personales e históricos constituyen siempre un componente (aunque arbitrario) de la formación de las teorías propuestas por una comunidad científica de una época determinada.

Teniendo estas premisas establecidas, lo que plantea Kuhn es que el científico obliga a la naturaleza a entrar en los cuadros conceptuales facilitados por su propia educación profesional. Esta concepción no va en detrimento del espíritu de las ciencias, es más, podemos preguntarnos si las ciencias podrían llevarse a cabo sin estos parámetros preestablecidos y llegaríamos a la conclusión de que aquel componente arbitrario es indispensable en el desarrollo científico de cualquier época.

1.2.1. Cambios de paradigma: La ciencia normal y las revoluciones científicas

La ciencia normal, término acuñado por Kuhn, hace referencia al momento en el que un paradigma se establece como principal corriente de trabajo de una comunidad científica. En el período de ciencia normal, los científicos buscan fortalecer dicho paradigma por medio de la experimentación y verificación de los principales postulados científicos. Asimismo, en el período de investigación normal el desarrollo es acumulativo, pues alimentan al paradigma vigente con más información que lo fortalece, y por lo mismo, es en la investigación normal donde los científicos consumen inevitablemente la mayor parte del tiempo.

En el período de ciencia normal se pregonaba asumiendo que la comunidad científica sabe cómo es el mundo, y gran parte del prestigio de dicha colectividad se debe a que los científicos están dispuestos a defender aquella concepción sin importar el costo. Hay varios ejemplos que ilustran de manera clara a lo que Kuhn se refiere con esto¹. El precio de asumir dicha visión produce que en ciertos casos la ciencia se estanque, pues suprimiría ideas innovadoras debido a que van en contra del paradigma vigente. Sin embargo, esto no se puede sostener a lo largo del tiempo, pues eventualmente aparecerá un fenómeno que se resistirá al paradigma predominante. En este momento serán necesarias aquellas ideas innovadoras que fueron desechadas anteriormente. La ciencia normal se estanca cuando la misma profesión que la sostiene no puede otorgar soluciones a las anomalías que inquietan a la comunidad científica. Cuando esto ocurre se inician las investigaciones extraordinarias que guían a la profesión a un nuevo conjunto de compromisos y fundamentos para la práctica científica. Estos estudios extraordinarios que culminan en el cambio del sustentáculo de las ciencias son el momento en que ocurre lo que Kuhn denomina revolución científica².

¹ Un ejemplo contemporáneo de esto es la negativa de Einstein a aceptar la mecánica cuántica por necesitar de la matemática probabilística. Para Einstein la probabilidad implica un desconocimiento de las leyes que gobiernan nuestra realidad. En la actualidad sabemos que la mecánica cuántica es probabilística y esto no la hace menos real que la mecánica clásica.

² Varias situaciones a lo largo de la historia ejemplifican este concepto. En el segundo capítulo de este trabajo adentraremos más en ellos, por ahora basta con tener en mente el cambio de paradigma del geocentrismo ptolemaico al heliocentrismo copernicano.

1.3. El problema histórico insinuado por el pensamiento filosófico

En efecto, difícilmente los autores logran salir de su época en cuanto a lo que su corriente de pensamiento se trata, sin embargo, cuando estos pensadores entran a revisar los problemas implicados en sus nociones metafísicas, la historia nos ha mostrado que se pueden obtener resultados positivos.

En los pensadores modernos hay una cierta línea que se sigue a lo largo de su historia. Ciertamente podemos llegar a un acuerdo al decir que el principal interés de la filosofía moderna es el apodado problema del conocimiento. A pesar de que este punto remonta hacia la filosofía antigua con la teoría platónica de las ideas, durante el período medieval el problema pasó a segundo plano, pues se daba por supuesto que la naturaleza a la que el espíritu humano trataba de acceder era inteligible. No fue sino hasta la época moderna con Descartes que se retoma la importancia de la teoría del conocimiento. Se llegó al consenso de que el estudio de la naturaleza y la posibilidad del conocimiento forma una etapa preliminar y necesaria para abordar con éxito problemas últimos. El problema del conocimiento pareciera surgir como una necesidad del pensamiento moderno de entender su conexión con el mundo natural. Es la comprensión de la relación entre el ser humano y la naturaleza que lo rodea. El hecho de que se hubiera accedido a un posible problema del conocimiento es corolario de que se comenzó a aceptar que la creencia que se tenía hasta la época acerca de la naturaleza del ser humano y el mundo que lo rodea posiblemente era distinta de lo que se daba por supuesto.

1.3.1. Contraste metafísico entre el pensamiento medieval y moderno

La metafísica ocupa un puesto sustancial en la cosmovisión de la época medieval y moderna. Para los medievales el ser humano ocupaba un lugar ontológicamente privilegiado en el universo por sobre la naturaleza física, mientras que, para los pensadores modernos, la naturaleza física tiene un carácter más independiente, determinante y permanente que el ser humano. Es importante analizar este contraste para poder entender el impacto en los postulados metafísicos que posteriormente fueron dando forma a la ciencia física moderna y contemporánea. Para la edad media el ser humano era el centro del universo en todo sentido.

Se entendía que la naturaleza en su completa magnitud estaba teológicamente subordinada a nuestra especie. “La visión del mundo dominante en ese período estaba caracterizada por una profunda y persistente convicción de que el hombre, con sus ideales y esperanzas, era el hecho más importante y aún dominante en el universo” (Burt, 1960, p. 15).

Esta concepción metafísica sirvió a la física medieval. Se concluía que no solo la naturaleza del mundo estaba a merced del ser humano, sino que estaba inmediatamente presente para nuestro pensamiento y era enteramente inteligible a su espíritu. En este punto hay un desacuerdo con respecto al pensamiento moderno. No es casualidad que las categorías empleadas por los medievales fueran las de sustancia, esencia, materia, forma, cualidad y cantidad. Estas categorías derivadas primitivamente del pensamiento aristotélico revelan un esfuerzo por proveer de figura científica a los acontecimientos y relaciones observadas en la experiencia sensible del mundo y en directa relación con la utilidad o finalidad que el ser humano podía darle. A diferencia del pensamiento moderno donde las categorías ocupadas eran las de tiempo, espacio, masa, energía y fuerza, el pensamiento medieval llevaba estos fenómenos a un campo antropocéntrico. Se entendía al ser humano como un ente activo y a la naturaleza como pasiva en la obtención del conocimiento. Los medievales entendían que, al estudiar un fenómeno distante en el espacio, lo que ocurría en la esfera física era que algo iba desde el ojo del observador hacia el objeto, y no del objeto a su ojo. Esto los llevó a entender que lo que tenía de real el objeto era lo perceptible de manera inmediata por medio de los sentidos. Diversos problemas surgen de esta noción de la realidad y de la relación sujeto-objeto presente en los medievales. Uno de los más claros es el que compete a las cualidades de los objetos. Por ejemplo, si yo sumerjo mi mano derecha en agua congelada y después ambas manos en agua fría, la temperatura del agua se sentirá caliente en mi mano derecha y fría en mi mano izquierda. Para la física medieval este era un verdadero problema, pues el frío y el calor eran sustancias distintas. Siendo así ¿cómo es posible que el agua tenga la sustancia de frío y calor al mismo tiempo?

De analogías se servía el pensamiento medieval para explicar diversos fenómenos, o de relaciones entre la naturaleza y las necesidades del ser humano. Se entendía que el agua caía

del cielo tanto porque hacía crecer las plantaciones³ como porque el agua tiende a ir hacia su lugar, la tierra. Asimismo, los objetos livianos tienden a ir hacia su lugar, el cielo. A través de esta discriminación teleológica se sacaban diferencias cuantitativas y cometían errores como suponer que un objeto más pesado caería más rápido a la tierra que uno más liviano.⁴ No es de mi interés adentrarme más en estos ejemplos, pues me parece suficiente para tener una idea general de hacia dónde apuntaba el pensamiento medieval. En aquella época, la ciencia justificaba en sus supuestos que el ser humano con sus conocimientos y necesidades era el hecho determinante del mundo. Las premisas derivadas de esta concepción eran extrapoladas incluso a ámbitos más generales. Tan así era su certeza que pensaban que el hábitat terrestre del ser humano tenía que ser el centro del plano astronómico.⁵

No es incorrecto pensar que la física medieval se sostenía netamente por su concepción religiosa. Al no poder explicar ciertos hechos y tener una concepción de que lo inmediato del fenómeno constituye la totalidad de su ontología, tenían la necesidad de respaldar aquello en una entidad primera o algo superior. Para los antiguos fue el motor inmóvil y con los medievales esto evolucionó en el Dios cristiano.

Y dijo Dios: Hagamos al hombre a nuestra imagen, conforme a nuestra semejanza; y tenga dominio sobre los peces del mar, y sobre las aves de los cielos, y

³ Entendiendo a las plantaciones como aquellas que proveen de alimento al ser humano. En ese sentido es que el agua cae del cielo con la finalidad de satisfacer las necesidades humanas.

⁴ Bien sabemos que esto fue refutado posteriormente por Galileo, quién (se cuenta) realizó un experimento al dejar caer dos esferas de diferente masa desde la torre de Pisa, las cuales cayeron al suelo al mismo tiempo. Más allá de si la historia es real o no, esto está más que comprobado, tanto en las matemáticas de Galileo como en los experimentos posteriores.

⁵ Si bien esta concepción en principio es errónea, en ciertos niveles prácticos es acertada. Pretendiendo entender el plano astronómico como el “universo observable”, es correcto afirmar que nuestro planeta es el centro del universo. Llamamos universo observable a la parte del cosmos cuya luz ha tenido tiempo de llegar hasta nosotros. Asimismo, podemos afirmar que el planeta Tierra se encuentra en el centro del universo observable, pues existe un límite de observación definido como el punto desde el cual la luz ha tenido el tiempo de viajar hasta la tierra. De esta forma nuestro universo estaría trazado por una superficie esférica que representaría los límites del universo observable, y nuestro planeta estaría en el centro, pues este punto sería equidistante a cualquier punto del contorno de la esfera.

De todas formas, las teorías físicas actuales niegan la realidad ontológica de una premisa que sitúe al planeta Tierra como centro del universo. Solo desde un punto de vista relativista se podría afirmar, pues para cualquier punto de referencia (por ejemplo, en Júpiter), aquel sería el centro del universo.

sobre las bestias, y sobre toda la tierra y sobre todo animal que se arrastra sobre la tierra.

Y creó Dios al hombre a su imagen, a imagen de Dios lo creó; varón y hembra los creó.

Y los bendijo Dios y les dijo Dios: Fructificad y multiplicaos; y henchid la tierra y sojuzgadla; y tened dominio sobre los peces del mar, y sobre las aves de los cielos y sobre todas las bestias que se mueven sobre la tierra.

Y dijo Dios: He aquí que os he dado toda hierba que da semilla que está sobre la faz de toda la tierra; y todo árbol en que hay fruto de árbol que da semilla os será para comer. (Gn 1, 26 - 29).

El pensador medieval nunca olvidaba que su filosofía era una filosofía religiosa. La mayoría de sus descubrimientos o teorías tenían que estar acorde a las sagradas escrituras. El ser humano al ser creado a imagen y semejanza de Dios estaba vinculado de manera esencial a Él. El mundo fue puesto por Dios para su creación más divina. Toda la naturaleza estaba dispuesta para que el ser humano la conociera tanto a ella como a su Creador.

La religiosidad medieval fue puesta en cuestión con el tiempo. Algunos pensadores modernos ya se preguntaban si era correcto vivir una vida bajo esos supuestos. El pensador más radical sitúa al ser humano ya no en un lugar de privilegio en el plano cósmico, sino que en una realidad mecánica expresada en los conceptos de tiempo, espacio y átomos. Nuestro amado planeta Tierra pasa a ser un punto mínimo en la inmensidad del cosmos y el sentido espiritual parece solo tener sentido en los lugares más profundos de nuestra mente.

La especulación del pensamiento medieval se encaminó en esa dirección. En un principio para los filósofos era evidente entender la naturaleza como subordinada al conocimiento humano comprendiendo el paradigma en el que se encontraban. Pasando al pensamiento moderno ya parecía obvio concebir a la naturaleza como existente y operante en su total independencia, y en la medida que aquella relación entre el ser humano y la naturaleza llega a ser clara, el conocimiento y el sentido de la vida humana pasan a ser producidos por la naturaleza, y el destino de nuestra especie, naturalmente, dependiente de ella (Burt 1960).

1.3.2. Posible solución al problema histórico por medio de los fundamentos metafísicos de la ciencia moderna

Burt (1960) sostiene que la metafísica moderna indica un interesante fenómeno. Desde las teorías planteadas por Berkeley y Leibniz podemos ver que quienes siguieron esta línea de investigación desviaron su interés del ámbito epistemológico. La filosofía de Berkeley, Hume, Kant, Hegel y similares, tienen en común que el centro de su investigación va en el sentido de protestar en contra de la nueva relación del hombre con la naturaleza. Buscaron restablecer al ser humano en un puesto de importancia dentro del dibujo cósmico. El fracaso de las teorías de estos filósofos se da por algo propio de la naturaleza humana, pues permiten fácilmente que el ser humano piense de sí mismo de manera más elevada de lo que debería. En su antojo por parecer importantes dentro del drama cósmico es que el ser humano a través de sus teorías busca incluirse dentro de su historia, y, naturalmente, como un agente ontológicamente valioso. En palabras de Burt: “El error de la aplicación consistiría en última instancia en el supuesto gratuito de que porque el hombre, mientras está en la tierra, puede conocer y usar ciertas partes de su mundo, con ello realiza una distinción última y permanente en el mundo” (Burt, 1960, p. 23).

Sin embargo, el fracaso de estos filósofos puede que se deba a algo más. Lo que no vieron los pensadores modernos fue la importancia del cambio de terminología al momento de referirse a su propia metafísica. Desde los términos de sustancia, esencia, materia, forma, causalidad, potencia y acto, pasaron a los conceptos de fuerza, movimiento, espacio y tiempo. El espíritu moderno al estar tan envuelto en esta nueva terminología tiene un particular problema en darse cuenta de la poca importancia que le daban los medievales a dichos conceptos. Para los escolásticos las relaciones espaciales y temporales eran puramente accidentales y no esenciales como para los modernos. Hume ya se preguntaba acerca del tiempo y la causalidad y Kant se cuestionaba la relación entre el espacio y el vacío. En otros términos, podemos ver que los filósofos modernos se estaban refiriendo a la realidad por medio de conceptos relativamente nuevos. En efecto, plantea Burt (1960), quizás la falla de estos filósofos recae en que aún no lograron balancear el estatus ontológico que alguna vez tuvo nuestra especie en la época medieval con los nuevos términos que quieren aplicar. Pudiera ser que la filosofía moderna al encontrarse de cara con estos nuevos conceptos acepta sin examen importantes preconcepciones. Claramente el planteamiento de estos filósofos

obligó a otros pensadores a buscar los errores de sus concepciones. El ser humano se vio envuelto en un sano estado de escepticismo y dispuesto a saciar estas dudas con innovadoras respuestas a sus cuestiones. Es importante analizar todas estas temáticas y sus avances desde el punto de vista historiográfico. Pareciera fundamental preguntarnos cómo ocurrió que el ser humano empezó a pensar el mundo en términos de átomos y de materia en el espacio y el tiempo, en vez de usar categorías medievales como los de sustancia o accidente. Este cambio está expuesto en la historia de los pensadores entre el siglo XVI y XVII, y por eso es fundamental analizar dicha historia.

1.4. Carácter heurístico de la metafísica

Es importante aclarar en este punto que no hay un consenso con respecto a que es la metafísica. Especificaré a qué me refiero cuando utilizo este concepto centrándome, naturalmente, en su uso dentro del campo científico.

 Mi opinión del asunto -valga lo que valiere- es que no existe, en absoluto, un método lógico de tener nuevas ideas, ni una reconstrucción lógica de este proceso. Puede expresarse mi parecer diciendo que todo descubrimiento contiene <<un elemento irracional>> o <<una intuición creadora>> en el sentido de Bergson. Einstein habla de un modo parecido de la <<búsqueda de aquellas leyes sumamente universales... a partir de las cuales puede obtenerse una imagen del mundo por pura deducción. No existe una senda lógica -dice- que encamine a estas... leyes. Sólo pueden alcanzarse por la intuición, apoyada en algo así como una introyección (*‘Einführung’*) de los objetos de la experiencia>>. (Popper, 2017, p. 39).

En efecto, la metafísica la entiendo como una crítica sistemática de los fundamentos conceptuales de las ciencias, y la manera en la que opera es a modo de herramienta que le permite al científico hacer uso de su intuición para proponer nuevos paradigmas en períodos de crisis científica. La metafísica pasaría a ser un espacio dispuesto para el trabajo intuitivo propio del ser humano donde este puede plantearse nuevas maneras de observar y entender la realidad sin barreras que le impidan romper las leyes físicas vigentes dentro del paradigma en el que este se encuentre. Esta concepción acerca de la metafísica, tal como expondré a lo largo de este trabajo, encuentra su respaldo en hechos ocurridos a lo largo de la historia donde

esta suerte de intuición lleva al físico a exponer una nueva visión de mundo rompiendo con el paradigma vigente y mostrando una nueva forma de entender la realidad. Popper ya mencionaba en uno de sus textos:

Pues no puede negarse que, así como ha habido ideas metafísicas que han puesto una barrera al avance de la ciencia, han existido otras -tal el atomismo especulativo- que la han ayudado. Y si miramos el asunto desde un ángulo psicológico, me siento inclinado a pensar que la investigación científica es imposible sin fe en algunas ideas de una índole puramente especulativa (y, a veces, sumamente brumosas): fe desprovista enteramente de garantías desde el punto de vista de la ciencia, y que – en esta misma medida- es <<metafísica>>. (Popper, 2017, p. 47).

Tomando esta concepción metafísica, es momento de examinar el carácter heurístico dentro del campo científico. Para esto hay que observar el concepto “heurístico”. Este tiene connotación común de una guía para algún fin, un principio de sugerencias sobre cómo proceder dentro de cierto campo de estudio, ya sea en la formulación o en la solución de algún problema. Buscaré analizar si la metafísica se trata de una heurística para la formación de hipótesis científicas, por lo tanto, es necesario aclarar cuál es el fin de dicha heurística. Wartofsky (1979) expone dos maneras de entender la heurística en las ciencias. Por una parte, se encuentra la heurística para la práctica científica, por ejemplo, un algoritmo o paradigma de un procedimiento experimental. Esta práctica es ordenada por conceptos e implica el aprendizaje de dichos conceptos por parte del científico, lo cual comprende parte de la adquisición de sus herramientas de oficio. La heurística para la práctica es catalogable como inteligente, más no racional. Por otra parte, menciona la heurística para la comprensión científica, la cual abarca un modelo conceptual o teórico. Esta heurística comprendería el carácter racional de las ciencias, pues requiere el uso reflexivo de los conceptos y una actitud crítica hacia la práctica científica. Por lo tanto, es requisito del científico conocer los conceptos necesarios para avanzar en su campo, conceptos comprendidos como herramientas de trabajo, para luego adentrarse en estos conceptos fundamentales desde una actitud de reflexión crítica. En este sentido se expone el carácter heurístico de la metafísica, pues es la herramienta que le permitiría al científico poder reflexionar acerca de los fundamentos propios del paradigma científico vigente y cuestionarlos, pudiendo incluso ignorar leyes

fundamentales y proponer nuevas bases dentro del paradigma científico en el que se encuentre.

Capítulo 2: La filosofía natural en el pensamiento moderno

2.1. El sistema ptolemaico

Comenzando este capítulo es necesario informar brevemente acerca de la concepción de universo que se tenía a finales de la época medieval y a principios de la época moderna. El sistema ptolemaico, o también conocido como sistema geocéntrico, es un modelo matemático del universo planteado por el astrónomo y matemático Claudio Ptolomeo alrededor del año 150 d.C. y descrito por él en su libro *Las Hipótesis Planetarias*. El sistema ptolemaico es un sistema geocéntrico, es decir, se asume que la tierra es el centro del universo. Ya desde los griegos se tenía una idea de que los planetas debían viajar en movimiento uniforme y perfecto. Para los antiguos la perfección era dada en el círculo, por lo que indudablemente el movimiento de los cuerpos celestes tenía que seguir dicho patrón. Sin embargo, los astrónomos anteriores a Ptolomeo notaron que los movimientos de los cuerpos celestes observados desde la tierra no eran perfectamente circulares. El sistema de Ptolomeo logró explicar esta “imperfección” postulando que los movimientos en apariencia irregulares se explicaban aplicando una combinación de varios movimientos circulares regulares vistos en perspectiva desde una tierra estacionaria. Los fundamentos de este modelo fueron planteados ya por científicos griegos anteriores, pero desembocaron en un modelo matemático predictivo y preciso con Ptolomeo, por lo que gozó con gran aprobación por parte de la comunidad científica de aquella época y un rechazo a las posturas heliocéntricas postuladas por astrónomos posteriores.

2.2. El problema de la nueva astronomía sugerido por Edwin Arthur Burtt

Con Copérnico pareciera ser que se da inicio a este nuevo capítulo en la historia astronómica. El astrónomo fue pionero al sostener que la Tierra es un planeta que gira sobre su eje y da vueltas alrededor del Sol. Comúnmente se crítica a los contendores contemporáneos a

Copérnico por fundamentar su ataque principalmente en consideraciones teológicas (que en esa época en gran parte era cierto), pero lo que no tomamos en cuenta es que Copérnico asume esta concepción de mundo antes de cualquier confirmación empírica, y por esto es importante tomar en consideración las objeciones científicas que se levantaron en su época.

Antes de Copérnico no se conocían fenómenos astronómicos que no se explicaran según el sistema ptolemaico con tanta precisión y exactitud como las tecnologías de aquella época lo permitían. Como suele ocurrir incluso en la actualidad, una hipótesis científica no es desechada a menos que se puedan obtener considerables ventajas de ello, y claramente este no era el caso. Burt (1960) describe tres puntos clave que explicarían en parte la negativa por parte de los pensadores contemporáneos a Copérnico a tolerar esta nueva visión de mundo. Primero, la precisión en cuanto a los movimientos de los cuerpos celestes se mantenía tanto para la visión ptolemaica como para la copernicana. Segundo, el testimonio de los sentidos aún era un argumento de peso en este asunto. Todavía no llegaban los instrumentos que permitirían ver cómo lucen realmente estos cuerpos celestes y las distancias a las que se encuentran. Las manchas del Sol se ignoraban, al igual que la superficie áspera de la Luna. En otras palabras, aún no se tenían los medios adecuados para determinar que los demás astros estaban esencialmente constituidos por el mismo material que la Tierra. A vista de los sentidos la Tierra era claramente firme y estable, mientras que los demás astros se muestran como algo móvil y débil, análogo al viento y el fuego. Tercero, sobre el supuesto de la primacía del testimonio de los sentidos en el estudio científico se había fundado una filosofía natural del universo que dejaba contento al pensamiento humano de aquella época. Asimismo, los cuatro elementos eran clave para los pensadores de entonces: tierra, agua, aire y fuego, en escala ascendente respectivamente, tanto por sus relaciones espaciales como por su dignidad y valor. Estas eran las categorías que los filósofos acostumbraron a usar cuando se hablaba del reino de lo inanimado. Dentro de esta concepción necesariamente se incluía el supuesto de que los demás astros eran de calidad más noble y más móviles que la Tierra. Luego, sumando estos presupuestos a las otras premisas fundamentales nacidas de la metafísica aristotélica, que estaba en concordancia con la totalidad de la experiencia humana hasta esa época, la sola insinuación de una nueva hipótesis astronómica forzosamente aparecía como una contradicción con respecto a los conocimientos alcanzados por el ser humano sobre su mundo hasta ese entonces.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, no es insensato pensar que los pensadores contemporáneos a Copérnico, incluso ignorando sus concepciones religiosas del universo, tenían objeciones más que válidas para rechazar la astronomía copernicana. Particularmente los pensadores con una inclinación más empírica.

A la luz de estas consideraciones es correcto decir que aunque no hubiera habido ningún escrúpulo religioso contra la astronomía copernicana, los hombres sensatos de toda Europa, especialmente los de tendencias empíricas, hubieran visto gran extravagancia en la aceptación de los frutos prematuros de una imaginación incontrolada, en vez de dar preferencia a las sólidas inducciones construidas paulatinamente a través de los tiempos que confirmaban la experiencia sensible del hombre. Conviene recordar este hecho, ahora que una de las características de la filosofía contemporánea es poner el acento sobre el empirismo. Los empiristas actuales hubieran sido los primeros en desechar la nueva filosofía del universo si hubieran vivido en el siglo XVI. (Burt, 1960, pp. 37 – 38).

2.2.1. ¿Qué motivó a Copérnico a plantear una nueva astronomía?

Tomando en consideración las críticas no religiosas que Copérnico pudo recibir por su hipótesis heliocéntrica del universo es sensato preguntar, ¿qué fue lo que gatilló esta fe en su visión de mundo? Si pensamos en qué pensó Copérnico en su época acerca de las objeciones no teológicas de su sistema podemos ver que hay un punto clave en el que podría tener ventaja en el debate. La concepción copernicana ponía los hechos de la astronomía en un universo mucho más armonioso, y lo que es más importante, su explicación era más simple.

A lo largo de la historia de las ciencias, los propios científicos han notado un patrón, y es que, si la naturaleza quiere hacer algo va a hacerlo de la manera más simple posible, en otras palabras, la naturaleza buscará la manera de lograr su cometido haciendo uso de la menor cantidad de energía posible. La naturaleza no hace nada en vano, y es vano lo que sucede por efecto de mucho cuando basta con poco, por ejemplo, cuando una manzana cae de un árbol lo hace en línea recta, porque así recorre la menor distancia posible hacia quien está ejerciendo la fuerza, en este caso, el planeta Tierra. Una burbuja de jabón, ¿por qué es esférica

y no cúbica?, porque la esfera es la manera en la que se usa la menor cantidad de jabón para contener una cantidad determinada de aire. Asimismo, existen muchos ejemplos en la naturaleza que nos llevan a concluir que la naturaleza, efectivamente, busca la manera más simple de lograr su cometido. El sistema astronómico copernicano explicaba los mismos fenómenos que los del sistema ptolemaico, pero de manera más simple. Burt (1960) explica que efectivamente el sistema copernicano era más sencillo, pues en vez de los aproximadamente ochenta epiciclos del sistema ptolemaico, Copérnico rescataba los mismos fenómenos con tan solo treinta y cuatro.

Este es un gran soporte para la hipótesis copernicana en contra de, incluso, tales objeciones filosóficas tan imperiosas. Esto permitió disminuir en parte la aversión hacia la visión copernicana. Los molestos epiciclos explicados por el sistema ptolemaico se veían ahora mucho más armoniosos bajo la hipótesis copernicana, varios desórdenes desaparecieron, y la simplicidad en la naturaleza poco a poco fue imponiendo su autoridad.

En consecuencia, si la tierra realiza otros movimientos, por ejemplo, alrededor del centro, será necesario que éstos sean semejantes a los que aparecen exteriormente en muchos [astros], entre ellos encontramos el circuito anual. Puesto que si se cambiara [el movimiento] de solar en terrestre, concedida la inmovilidad del Sol, los ortos y los ocasos de los signos y de las estrellas fijas, por los cuales se convierten en estrellas matutinas y vespertinas, aparecerían del mismo modo, y también las detenciones, los retrocesos y avances de las errantes, no parecería como propio de ellas, sino como un movimiento de la tierra, el cambiar en virtud de sus apariencias. Finalmente, se pensará que el Sol ocupa el centro del mundo. Todo esto nos lo enseña la razón del orden, según la cual se suceden unas cosas a otras, y la armonía de todo el mundo, si, como dicen, con los dos ojos contemplamos esta cuestión. (Copérnico, 1997, pp. 29 – 30).

Copérnico logró llegar a las mismas conclusiones del sistema ptolemaico por medio de explicaciones mucho más sencillas, y esto es clave, pues posteriormente esta sencillez explicativa será la responsable de impulsar a una gran velocidad el desarrollo de las ciencias astronómicas. Asimismo, lo rescatable de esta concepción es la idea metafísica que respalda el pensamiento de Copérnico, así como la de muchos pensadores de la astronomía, ¿de dónde

viene la necesidad de tener una naturaleza que busca hacer uso de la menor cantidad de energía para lograr su cometido, sino de una propia concepción metafísica de la naturaleza?

2.3. La influencia de las matemáticas en las concepciones metafísicas

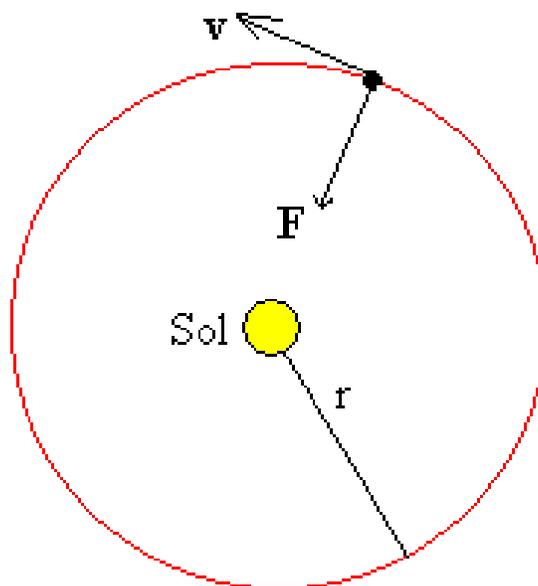
Hasta Copérnico el avance de las matemáticas había sido sustancial, pero no tan determinante como lo es en la actualidad. En la antigüedad podemos ver que la aritmética se desarrolló en estrecha dependencia de la geometría. En el caso de Platón y la doctrina de la reminiscencia podemos ver la importancia de la geometría en su filosofía, pues ya mostraba su cercanía con los pitagóricos y la comprensión de un mundo compuesto puramente de números tomaba cada vez más fuerza en su concepción metafísica. Asimismo, a medida que los antiguos manejaban la óptica y la mecánica como parte de las matemáticas, también era normal que se hicieran imágenes espaciales de estas ciencias para después llevarlas al plano geométrico, lo cual sustentaba aún más el argumento de los pitagóricos, que sostenían que los elementos últimos del universo estarían constituidos por porciones limitadas de espacio. Sin embargo, para los pensadores medievales las matemáticas no tenían tanto valor en su metafísica. No fue sino hacia finales de la Edad Media cuando hubo un gran renacimiento en el pensamiento matemático. Autores como Leonardo Da Vinci expresaban de manera absoluta la importancia de las matemáticas en la investigación científica. Da Vinci Fue un pensador completo, con trabajos desde la pintura hasta la óptica y la mecánica, tenía claro que todas las conclusiones válidas tenían que ser expresadas en formulaciones matemáticas y representaciones geométricas.

Naturalmente, el pensamiento geométrico seguía siendo el guía en todo argumento científico. Ya durante los siglos XV y XVI el pensamiento algebraico iría desalojando las concepciones espaciales de sus argumentos físico-teóricos para el desarrollo de sus postulados. Problemas geométricos que antes tenían complicados razonamientos y extensos pasos a seguir fueron simplificados a fórmulas algebraicas que lograban resolver el mismo problema con una sola ecuación. Fácilmente la historia ha podido dar cuenta del enorme progreso matemático que tuvo el álgebra moderna al liberarse de su vínculo con la espacialidad. Al mismo tiempo, los matemáticos de la época veían el mar de posibilidades presentado por los símbolos algebraicos. La ley de la simplicidad en la naturaleza, la misma que descansa en una

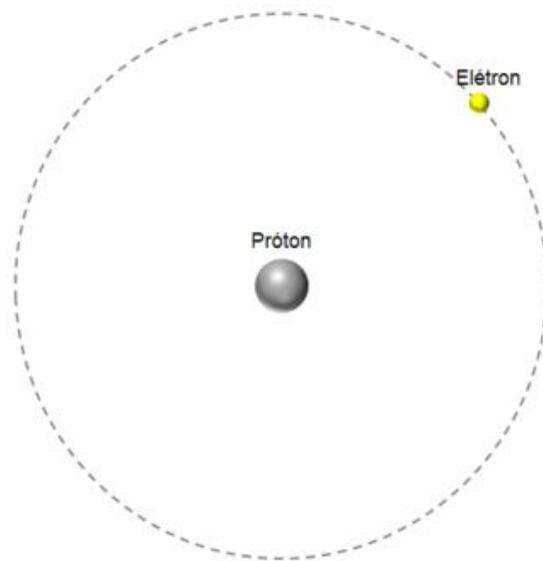
concepción metafísica, pareciera replicarse en las concepciones matemáticas. Intentar reducir términos y simplificar fórmulas fueron el gran aliado en este período de desarrollo científico. A pesar de que seguían necesitando las concepciones geométricas, con el tiempo pudieron desarrollar fórmulas para explicar los mismos fenómenos cada vez de manera más simple.

2.3.1. Posibilidades que da la libertad del algebra de su vinculación con la espacialidad

Un beneficio que nos dio el desarrollo algebraico es poder explicar fenómenos que no es sencillo representar en ideas geométricas, y, por ende, alejadas del sentido común. Un ejemplo de esta situación se puede ver en lo que conocemos acerca de la mecánica cuántica.



Por una parte, tenemos la representación de un planeta orbitando a su estrella. Como sabemos, el planeta tiene un giro orbital alrededor de la estrella y otro giro sobre sí mismo. En un sentido clásico, si queremos definir este giro usamos la magnitud de momento angular, que depende de la masa del cuerpo que gira, de su distribución respecto al eje, y de la velocidad de giro. Asimismo, tenemos dos momentos angulares: uno orbital, que es el del planeta girando alrededor de su estrella, y otro propio del planeta girando sobre sí mismo.



Por otra parte, tenemos la representación de un átomo de hidrógeno. En 1925 Ralf Kroning, George Uhlenbeck y Samuel Goudsmit se preguntaron si los átomos funcionaban de la misma manera que los planetas, es decir, plantearon que el electrón además de tener un momento angular orbital poseía también un momento de giro sobre sí mismo. A esta propiedad la llamaron spin. En 1925 se conocía muy poco acerca de las peculiaridades del átomo y de las partículas subatómicas en general, en realidad las analogías entre spin y momento de giro clásico terminan acá. La realidad es que el electrón o el protón como objetos cuánticos no pueden girar. No tiene sentido imaginar al electrón como una estructura sólida que gira. El electrón en virtud de la mecánica cuántica es más bien como una bola amorfa y difusa llena de probabilidades. Además, el spin está cuantizado, es decir, no puede tomar cualquier valor. A diferencia de si ponemos a girar un trompo, su momento angular puede ser cualquiera, solo basta con hacerlo girar más rápido o más lento. En el caso de una partícula esto no funciona así. El spin de una partícula tiene valores fijos, no es posible hacer que una partícula tenga un spin menor o mayor del que ya está determinado. El spin hay que entenderlo no como un giro, sino como una propiedad cuántica intrínseca, al igual que la masa o la carga eléctrica, y sin análogo en el mundo de la mecánica clásica.

Y así, todas las partículas poseen spin, una cantidad fija que varía en múltiplos semi enteros; 0 , $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, 2 . Por ejemplo, las partículas de materia como los electrones y los quarks tienen

spin de $1/2$, esto quiere decir que la partícula tiene que dar dos vueltas completas para quedarse como estaba al principio.

Lo interesante de los fenómenos cuánticos es que se alejan completamente de lo que nuestro sentido común nos dicta, y es acá donde las matemáticas algebraicas y probabilísticas juegan un papel fundamental en el desarrollo de dichas teorías. Con el álgebra moderna nos libramos de la vinculación con la espacialidad y logramos concebir realidades que se alejan completamente de las teorías clásicas de la realidad, y, en consecuencia, del propio sentido común.

2.4. Kepler y la cercanía con el sistema copernicano

Los cincuenta años posteriores a la muerte de Copérnico no tuvieron a pensadores más atrevidos que Kepler. A sus veinte años ya mostraba afinidad con el sistema copernicano. A pesar de que concordamos en la actualidad que Copérnico es uno de los primeros astrónomos modernos, no es incorrecto afirmar que la teología seguía siendo un argumento de peso dentro de su teoría física. Bajo esa lógica Copérnico ya había visualizado la dignidad astronómica en su obra *De revolutionibus orbium coelestium*, al final del capítulo X del libro I, luego de exponer todas las teorías anteriores a él acerca de las posiciones de los cuerpos celestes, Copérnico finaliza argumentando a favor de la hipótesis heliocéntrica de la siguiente manera:

Y en medio de todo permanece el Sol. Pues, ¿quién en este bellísimo templo pondría esta lámpara en otro lugar mejor, desde el que pudiera iluminar todo? Y no sin razón unos le llaman lámpara del mundo, otros mente, otros rector. Trimegisto le llamó dios visible, Sófocles, en Electra, el que todo lo ve. Así, en efecto, como sentado en un solio real, gobierna la familia de los astros que lo rodean. (Copérnico, 1997, pp. 34 - 35).

Copérnico al ver la importancia del Sol en el plano astronómico no tardó en atribuirle un sentido místico e incluso teológico. Era propio de su época y de su concepción de mundo el vincular los fenómenos físicos con los antiguos mitos y de atribuirle características divinas a los astros. Con la finalidad de hacer calzar todo dentro de la metafísica medieval Copérnico da este pie inicial en su defensa a favor del heliocentrismo.

En consecuencia, encontramos bajo esta ordenación una admirable simetría del mundo y un nexa seguro de armonía entre el movimiento y la longitud de las órbitas, como no puede encontrarse de otro modo. Aquí es posible advertir al observador atento por qué aparece mayor la progresión y la retrogradación en Júpiter que en Saturno y menor que en Marte, y a la vez mayor en Venus que en Mercurio; y por qué tal flujo y reflujos aparece más frecuentemente en Saturno que en Júpiter y más raramente en Marte y en Venus que en Mercurio; además, por qué Saturno, Júpiter y Marte acrónicos están más cerca de la tierra que en las proximidades de su ocultación y aparición. Pero sobre todo Marte, cuando dura toda la noche [en oposición al Sol], parece igualar en magnitud a Júpiter (distinguible sólo por su color rojizo), sin embargo, en otro sitio se le encuentra con dificultad entre las estrellas de segunda magnitud, buscándole con una observación cuidadosa por medio de sextantes. Todo ello procede de la misma causa: el movimiento de la tierra. (Copérnico, 1997, p. 35).

Y finaliza el argumento con respaldos razonables acerca de las distintas posiciones de los astros, atribuyendo todo esto al movimiento de la Tierra.

Kepler se apoderó de estos corolarios y los hizo propios en lo que sería la obra de toda su vida. Su cercanía con Copérnico se debió en gran parte a la simplicidad del sistema copernicano y la cercanía de Kepler con la idea de unidad y sencillez en la naturaleza. Sus adquisiciones matemáticas solo lo motivaron más aún por la nueva astronomía, dejando de lado el sistema ptolemaico y el geocentrismo. El principio de simplicidad en la naturaleza Kepler lo vincula con la simplicidad en las matemáticas. El neoplatonismo aparece como un influyente directo en su obra, pues las matemáticas tenían primacía ontológica incluso por sobre los fenómenos experimentados por los sentidos, lo que, sumado a su prolijidad matemática, especialmente la aplicación de sus ideas a la solución de cálculos de ciertos volúmenes y áreas utilizando infinitesimales, fueron el pie inicial al posterior cálculo desarrollado por Newton y Leibniz.

Sin embargo, lo que motivó al joven Kepler a seguir de cerca el sistema copernicano no fue solo su sencillez explicativa, sino que también la dignidad e importancia que Copérnico le daba al Sol. A pesar de que Kepler era uno de los fundadores de la moderna ciencia exacta, solía incluir en sus teorías matemáticas ciertas predicciones infundadas, que, a pesar de ser

erróneas, en gran parte fueron el motor para que Kepler desarrollara todo su trabajo intelectual. Para Kepler la dignidad de Sol tenía su fundamento en la doctrina de la Trinidad: “El Sol, según Kepler, es el Dios padre; la esfera de las estrellas fijas es el Dios hijo; el medio etéreo que se halla entre ambos y que comunica el poder del Sol para impeler los planetas alrededor de sus órbitas, es el Espíritu santo” (Burt, 1960, p. 62).

Asimismo, tenemos a dos Kepler; el hombre fundador de la moderna ciencia exacta, y el que le rinde culto al Sol. No hay que pensar que es insensata su deificación al Sol como un posible miedo o al menos prudencia frente a las doctrinas místicas imperantes, sino más bien un acierto y una prueba de que las matemáticas que había estado aplicando iban por buen camino.

Es interesante analizar el vínculo entre el pensamiento teológico de Kepler y su afinidad con las ciencias exactas. Gracias al espíritu entusiasta del joven Kepler fue posible el desarrollo de su obra y el gran avance en las ciencias matemáticas, porque en parte la idea de deificación del Sol que cargaba Kepler, y luego ver esto correspondido con la correcta posición de este en el centro del universo, fue la motivación y el vínculo más directo con la doctrina copernicana. Sin embargo, a pesar de su cercanía con las ideas místicas relacionadas con el Sol, Kepler no se quedó ahí, su entusiasmo fue guiado por las influencias neopitagóricas y matemáticas, pues si encontró un símil armonioso en la relación entre los planetas y el Sol, muchas otras armonías deberían poder encontrarse en el drama cósmico por medio de un exhaustivo estudio de la información disponible. “Tanto Copérnico como Kepler estaban firmemente convencidos —por razones religiosas— de la uniformidad del movimiento, es decir, de que en su revolución cada planeta es impelido por una causa constante que nunca deja de actuar” (Burt, 1960, p. 65). Son estas intuiciones metafísicas las que llevaron a Kepler a intentar “salvar” este principio, y así mismo con varios otros principios que fueron aportando al desarrollo astronómico.

2.4.1. Ideas clave de la nueva metafísica: Cualidades primarias y secundarias

Esta revolución científica en el sentido kuhniano fue modificando ciertas concepciones metafísicas, abriendo paso al cambio desde el pensamiento medieval a una concepción más moderna de la física. Como ya mencioné, Kepler era un convencido de que debe haber un sentido de armonía matemática en todo el universo, y que es labor del ser humano estudiar los fenómenos y encontrar estas armonías, para así, confirmar la veracidad del sistema copernicano.

La fe de Kepler en las matemáticas fue tal que, si los cálculos le exigían algún tipo de realidad, él las tomaba como un hecho. De esta premisa la metafísica de Kepler fue mostrando cierta cercanía con la distinción de cualidades primarias y secundarias que ya habían sido observadas por las escuelas escépticas y atomistas de la época antigua, pero que recién volvieron a tener peso a finales del siglo XVI. Autores como Descartes dejaron explícito material que da cuenta de cómo nace la idea de esta distinción entre cualidades primarias y secundarias. Los fenómenos cognoscibles, tal como se le ofrecen al entendimiento a través de los sentidos es difuso. En la experiencia varias veces los sentidos nos han engañado: en cuanto a dimensiones, texturas, colores, distancias, movimiento, etc. En efecto, los sentidos no son cien por ciento confiables y es prudente dudar de ellos. En este contexto nace la distinción de cualidades primarias y secundarias. Para Kepler, naturalmente, las cualidades primarias (intrínsecas al objeto) serían aquellas que se hallan en la armonía matemática. Para Kepler el mundo real es un mundo de características cuantitativas, y cualquier diferencia entre objetos es puramente numérica. Entonces, las cualidades secundarias serían aquellas características accidentales que tiene el objeto, las cuales son perceptibles a través de los propios sentidos; por ejemplo, color, sabor, olor. Kepler sostiene esto por medio de ciertos ejemplos prácticos que iban a respaldar de mejor manera su teoría. Ejemplos de óptica y música fueron primordiales en su explicación, pues de la misma forma que el ojo está para ver colores y el oído para escuchar sonidos, el entendimiento está para entender la cantidad. Asimismo, la cantidad es anterior a las demás cualidades, y es la única que compete al mundo del conocimiento.

Evidentemente tenemos a un Kepler influenciado por la doctrina pitagórica y platónica. El mundo de las ideas de Platón se ve identificado con el mundo de las relaciones geométricas en el pensamiento de Kepler, estas últimas ocupando un nivel primordial por sobre las demás cualidades superficiales y cambiantes. Kepler observaba belleza en la armonía del sistema copernicano, y a pesar del idealismo que implicaba su teoría, los aportes prácticos de Kepler lo llevaron a ocupar un puesto distinguido en la historia de nuestra astronomía. Los descubrimientos posteriores de Galileo y otros pensadores dieron cuenta de que el universo era bastante parecido a lo que Copérnico y Kepler habían imaginado.

A pesar del idealismo de Kepler con respecto a que la única realidad del objeto es la cantidad, hay que destacar lo importante, y justamente la razón por la que estamos en deuda con Kepler, y es que su verdadero logro como filósofo de las ciencias habita en su perseverancia de que las hipótesis matemáticamente válidas tienen que ser exactamente verificadas por medio de la observación, pues a pesar de su convicción de que el universo entero está constituido fundamentalmente por realidades cuantitativas. Asume que las leyes del pensamiento otorgadas por don divino no pueden actuar por sí solas, es decir, es necesario percibir previamente los movimientos que ejemplifican dicho fenómeno que se quiere estudiar.

2.5. Galileo: La conveniencia del estudio matemático del movimiento

Contemporáneo a Kepler encontramos a Galileo; nació antes y murió después que el admirado astrónomo alemán. Algo que tenían en común estos dos pensadores es que la metafísica de cada uno estaba influenciada por las concepciones generales de su medio y por la exhaustiva reflexión acerca de las implicaciones últimas de sus hallazgos.

Galileo fue profesor de matemática en la Universidad de Pisa, lugar en el que, a pesar de su cercanía con la teoría heliocéntrica del universo, siguió enseñando el sistema ptolemaico debido a su popularidad y mayor aceptación en el ámbito académico. Sin embargo, esto no lo desmotivó a seguir estudiando las implicaciones últimas del heliocentrismo. Galileo se interesó mucho por la mecánica. En Pisa, las oscilaciones acompasadas de la gran lámpara fueron una inspiración para Galileo, y se podría pensar que fue una de las razones por las que el estudio de los movimientos mecánicos fue el aspecto central de su obra.

2.5.1. El movimiento local como ciencia: La dinámica terrestre

Burt (1960) resalta la cercanía de Galileo con el sistema copernicano y que el movimiento que este le atribuye a la tierra fue un motor importante para la obra de Galileo, especialmente para el estudio de los movimientos de los cuerpos pequeños de la tierra que se desarrollan en nuestra experiencia cotidiana, desembocando así en una nueva ciencia: la dinámica terrestre.

La dinámica terrestre, a pesar de que se presenta como una compleja relación entre objetos en la tierra, Galileo la describe como una “sencilla y natural extensión del método matemático exacto a un campo de relaciones algo más difíciles” (Burt, 1960, p. 78).

En efecto, ya se había estudiado anteriormente que el movimiento de caída libre es acelerado, pero no se había estudiado que esta aceleración es igual para todos los objetos independiente de su peso —siempre y cuando la resistencia del aire sea despreciable—. Ya se había estudiado que el movimiento de un proyectil es curvilíneo, pero nadie había demostrado que tenía que ser el de una parábola. De esta forma Galileo fue dando amplio material al estudio científico, pues se empeñó en reducir los movimientos terrestres en términos de matemáticas exactas.

El éxito de Galileo lo consagró como el fundador de una nueva ciencia, las sustancias y causas escolásticas que sirvieron a los científicos medievales para explicar el movimiento quedaron en el pasado, despejando el camino para la nueva metafísica mecanicista. El atomismo toma fuerza y estas pequeñísimas porciones de espacio finito indestructible dotadas únicamente de cualidades matemáticas pasan a ser el fundamento de la realidad material.

2.5.2. El orden matemático en la naturaleza

Con Galileo es incluso más evidente que con Kepler la determinación del orden matemático en la naturaleza. Para Galileo, al igual que Kepler, la naturaleza se guía por el principio de sencillez y necesidad, es decir, la naturaleza no hará nada en vano, por lo que siempre hará

uso de la menor cantidad de energía para llevar a cabo un hecho, y este hecho será necesario desde un punto de vista lógico.

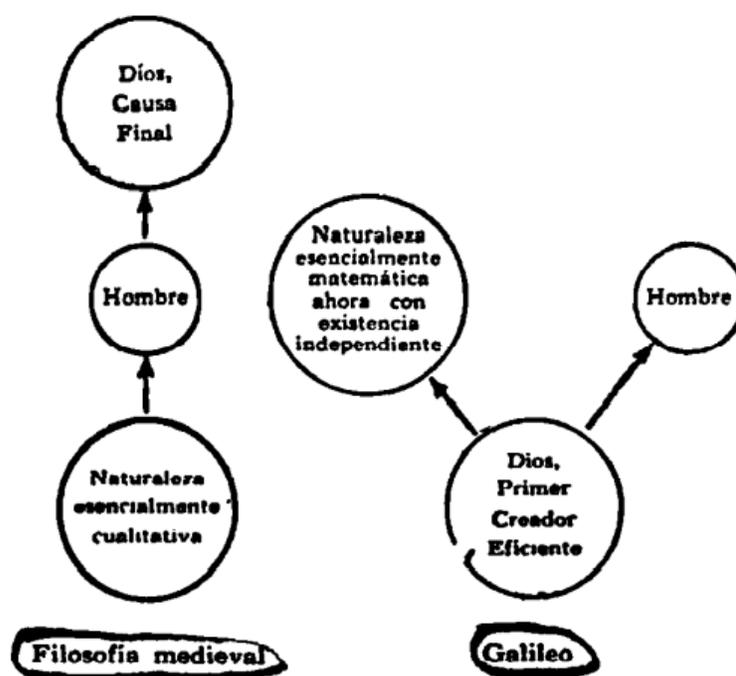
Con Galileo surge la idea de pensar el universo como un lenguaje que debe ser descifrado, y el lenguaje en el que está escrito es el de las matemáticas. A pesar de ser un pensador que hizo muchos experimentos demostrativos a lo largo de su vida, no creía que fueran necesarios, pues para su espíritu bastaba con la demostración matemática. El resultado matemático era el que le daba certeza de que lo expuesto en los números se vería reflejado necesariamente en el plano empírico.

Galileo criticó en varios aspectos a la filosofía aristotélica, y lo interesante de su victoria está en que la misma naturaleza estaba del lado de Galileo, por lo que no era él, sino la naturaleza la que mostró el error de Aristóteles. El hecho de que dos cuerpos de distinta masa cayeran a la misma velocidad a la tierra, o las manchas solares, fueron fenómenos que le dieron un grado de autoridad a Galileo en cuanto a su método científico.

2.5.3. La metafísica en el método científico de Galileo

La necesidad que exige esta metafísica en base a matemáticas arrastró también a Galileo a la metafísica de las cualidades primarias y secundarias. Sin embargo, Galileo logró explicitar esta diferencia definiendo que las cualidades primarias son aquellas objetivas, absolutas, inmutables y matemáticas, y por lo tanto se encuentran en el conocimiento de lo divino y humano, mientras que las cualidades secundarias se encuentran en el plano de la ilusión y la opinión, pues son subjetivas, relativas y cambiantes. Autores como Descartes impulsaron esta metafísica que pretendió acabar con el supuesto natural de que los objetos del plano sensible son los objetos reales. Galileo por su parte se empeñó en defender las cualidades primarias como aquellas inherentes al objeto; la forma, magnitud, posición y movimiento son cualidades que tienen en común el poder ser reducidas a magnitudes matemáticas. Galileo presentaba un universo en el que la realidad del objeto es geométrica. En efecto, todas las demás cualidades; el color, olor, calor, frío, duro, blando, y cualquier otra cualidad que no pueda ser representada en números puros, son cualidades secundarias y desprendibles del

objeto.⁶ Asimismo, la realidad de las cualidades secundarias se encuentra en su interacción con los sentidos del ser humano. Galileo entiende que las cualidades secundarias son un efecto de las cualidades primarias impactando en nuestros sentidos. En efecto, quienes producen esta impresión ilusoria y engañosa son nuestros sentidos. En esta línea es que las cualidades secundarias son subjetivas, relativas y cambiantes, porque dependen directamente de nuestros sentidos, mientras que las cualidades primarias son inherentes al objeto e independientes de nuestros sentidos.



Burt, E. A. (1960). *Los fundamentos metafísicos de la ciencia moderna*, p. 108.
Buenos Aires: Editorial Sudamericana.

De esta forma podemos ver como el paradigma va cambiando. Galileo está proponiendo un cambio sustancial en la manera de pensar el objeto de la ciencia. Si pensamos esta misma metafísica desde el punto de vista medieval, las cualidades secundarias serían aquellas entendidas como propiedades reales del objeto. Asimismo, vemos el tránsito desde una

⁶ Galileo fue el primero en definir el calor en términos de movimiento: hoy en día sabemos que la cualidad de calor o frío es la magnitud de vibración del átomo; mientras menos vibra más frío, mientras más vibra, más calor.

metafísica medieval principalmente cualitativa y dependiente del ser humano, a una metafísica moderna cuantitativa que entiende la naturaleza como esencialmente matemática, con una existencia independiente del ser humano. Sin embargo, aún siguen quedando vestigios del pensamiento medieval, pues Dios sigue siendo la causa primera creadora tanto del ser humano como de la naturaleza.

2.5.4. Aporte de Galileo a la nueva metafísica: Movimiento, espacio y tiempo

Hasta este punto hemos mencionado los avances de Galileo con respecto a Kepler. Sin embargo, pareciera que Galileo no ha hecho más que profundizar en la concepción copernicana de Kepler. Es importante aclarar que el estudio del movimiento por parte de Galileo lo llevó a una visión astronómica nueva. Los conceptos de espacio y tiempo comenzaron a ser clave en los estudios tanto galileanos como para toda la física posterior a él. En primer lugar, el abandono por parte de Galileo a la pregunta del porqué del movimiento —relacionado al pensamiento medieval y el afán de encontrar las causas primeras— y la búsqueda del cómo, fue lo que llevó a Galileo a deshacerse de conceptos escolásticos tales como acción, causa eficiente, finalidad, etc., conceptos medievales que eran utilizados para explicar el movimiento, pero que para Galileo nada decían del movimiento mismo. De la misma forma, el porqué del movimiento que consistía en el objeto de estudio para los medievales dio paso al estudio del cómo del movimiento, utilizando las ciencias matemáticas como método.

Para Galileo era evidente que la terminología teológica de los escolásticos ya no serviría para la explicación de los fenómenos, por lo que se vio forzado a desarrollar un método matemático que pudiera describir cuantitativamente el movimiento de los cuerpos. El problema era que las matemáticas hasta entonces no estaban lo suficientemente desarrolladas como para llevar a cabo tan ardua tarea. Si bien es cierto que Copérnico ya había visto esta dificultad, él se sacó el problema apelando a la geometría astronómica. Para Copérnico el movimiento podía ser explicado por medio de las ciencias geométricas. Sin embargo, Galileo necesitaba de algo más, se vio forzado a desarrollar una nueva ciencia matemática que

podiera describir los movimientos terrestres. Para lograr dicho cometido Galileo se valió de los términos coloquiales utilizados en la astronomía para referirse a distintos fenómenos e intentar definirlos de manera precisa, en otras palabras, definir estos conceptos matemáticamente. Conceptos como fuerza, atracción, velocidad, movimiento, etc., fueron utilizados y llevados al plano matemático para darles un sentido cuantitativo exacto en términos de líneas y ángulos. A pesar de que Galileo erró en muchas de sus definiciones — lo cual era de esperarse para tan ardua labor—, su planteamiento fue crucial para el desarrollo de la metafísica de la ciencia moderna que ya venía gestándose desde Copérnico.

Dentro del estudio matemático del cómo del movimiento destacan los conceptos de espacio y tiempo; cuando se estudia el movimiento se busca entender en cuántas unidades de tiempo el objeto X recorre Z unidades de distancia. Si bien los antiguos ya habían dado cuenta de que el método para estudiar el movimiento astronómico era por medio de relacionar la posición de cierta esfera celeste con cierto día, estación o época en la que se encontrara, no pudieron notar el impacto que tendría el estudiar este fenómeno por medio del estudio cuantitativo del espacio y el tiempo. Con el renacimiento del neoplatonismo la nueva ciencia recién pudo dar cuenta de la importancia de la geometría en el plano astronómico, y finalmente culminando en la astronomía copernicana. Asimismo, se identificaba el espacio —entendido como distancia recorrida— con la geometría, y el movimiento físico con las ciencias matemáticas. De aquí que Galileo tomara los conceptos de espacio y tiempo como fundamentales en su propia metafísica.

Este cambio en los conceptos de espacio y tiempo fueron sin duda importantes, pues se estaba dando paso al cambio desde un pensamiento medieval cualitativo a uno moderno cuantitativo. Para los medievales el tiempo era explicado por medio de la potencia y el acto. Aristóteles había sido el precursor inicial de dicha metafísica, la cual fue bien recibida por parte de los escolásticos y ampliamente utilizada a lo largo de su historia. La tenacidad de los medievales por negar el cambio fue guiada justamente por la idea de la potencia y el acto. Podían explicar el tránsito de estado de las cosas y al mismo tiempo negar el cambio sustancial en la esencia de las cosas. Ahora, en lugar de una metafísica que actualiza lo que está en potencia, tenemos al tiempo como duración matemáticamente cuantificable. Las consecuencias que surgen de esta concepción es que el tiempo pasa a entenderse,

naturalmente, como una cuarta dimensión. Asimismo, al igual que una dimensión espacial, el tiempo puede ser representado como una línea recta y encontrarse con hechos espaciales representados de la misma manera.

Con Galileo el mundo físico empieza a concebirse como una máquina perfecta cuyos acontecimientos futuros pueden ser plenamente predichos y controlados por quien tenga pleno conocimiento y dominio de los movimientos presentes. Eliminado el hombre del mundo real, estos aparecen sometidos por una necesidad mecánica. (Burt, 1960, p. 103).

En conclusión, los avances en la nueva ciencia planteada por Galileo fueron fundamentales en el desarrollo de las ciencias posteriores, especialmente en pensadores como Newton y Leibniz, quienes gracias a la osadía de Galileo pudieron comprender el universo como una realidad definible en términos numéricos llegando a la pretensión de cuantificar todo fenómeno experimentado.

Capítulo 3: Consideraciones finales

3.1. La respuesta a incógnitas desde la ciencia normal: Problemas con la universalidad de las leyes científicas

Una característica que Kuhn (2004) destaca del período de ciencia normal es que los científicos no aspiran a producir conocimiento novedoso a nivel fenomenal o conceptual. Esta situación puede generar ciertas interrogantes: ¿por qué los científicos dedican tanto tiempo a la investigación normal? La respuesta a esta cuestión la responderé partiendo por un punto clave que menciona nuestro autor.

Los hombres que trabajaban en el calentamiento por compresión estaban preparados, frecuentemente, para obtener cualquiera de varios resultados. Sin embargo, incluso en casos como esos, la gama de resultados esperados y, por ello, asimilables, es siempre pequeño en comparación con la gama que puede concebir la imaginación. (Kuhn, 2004, p. 68).

En efecto, la investigación normal tiene la necesidad de contrastar empíricamente sus resultados de manera sistemática, por lo que los científicos tienen la tarea de recopilar todos los datos posibles para que sus futuras investigaciones sean cada vez más exactas y ricas en información. Asimismo, los científicos se presentan frente a la investigación normal con una predisposición de resultados. Si el proyecto que se tiene en mente no da un resultado adscrito dentro de esa pequeña gama de resultados reales obtenidos, se entendería como un fracaso de la investigación. Fracaso que, naturalmente, es del científico y no de la naturaleza misma.

A lo largo de la historia podemos ver situaciones donde la ciencia normal ha mostrado la poca novedad que otorga al estudioso del área. Por ejemplo, el propio Galileo no se sorprendió de los resultados de sus experimentos porque el paradigma al que él estaba adscrito ya había previsto aquellos fenómenos.⁷

⁷ Un ejemplo contemporáneo es la fotografía del agujero negro tomada en 2019. A pesar de que fue algo novedoso no sorprendió realmente a los físicos, pues su paradigma ya les avisó de antemano su existencia.

Entonces Kuhn (2004) cuestiona que, si el objetivo de la ciencia normal no son las novedades, e incluso, si el fracaso para acercarse a un resultado esperado es entendido como un fracaso del científico ¿por qué trabajan en aquellos problemas? Tal como mencioné antes, los resultados obtenidos durante la investigación normal son importantes porque aportan en aumentar el alcance y la exactitud con la que se puede tratar un paradigma. Sin embargo, esta respuesta aún no explica el entusiasmo por parte de los científicos hacia la ciencia normal.

Kuhn (2004) da una suposición de cuál podría ser esa fascinación por parte de los científicos a la investigación normal. La comunidad encuentra la novedad cuando intenta llegar a una conclusión adscrita a la ciencia normal de una manera distinta, es decir, lograr lo esperado de un modo diferente. Lograr aquello requiere resolver múltiples enigmas conceptuales y complejos cálculos matemáticos, por lo que cuando el científico logra dicho cometido se puede referir a sí mismo como un experto en la resolución de enigmas. Naturalmente puede haber un montón de motivaciones distintas para participar de la investigación normal, pero el solucionador de enigmas, a mi parecer, es aquel que rescata la esencia de aquellos científicos inmersos en los fundamentos de la ciencia normal.

Lo que lo incita a continuar entonces es la convicción de que, a condición de que tenga la habilidad suficiente para ello, logrará resolver un enigma que nadie ha logrado resolver hasta entonces o, por lo menos, no tan bien. Muchas de las mentalidades científicas más brillantes han dedicado toda su atención profesional a enigmas exigentes de ese tipo. La mayoría de las veces, cualquier campo particular de especialización no ofrece otra cosa que hacer, hecho que no lo hace menos atrayente para los adictos del tipo apropiado. (Kuhn, 2004, pp. 72 - 73).

Kuhn no evita hacer hincapié en la relación entre los enigmas y los problemas de investigación de la ciencia normal. Para que un problema sea clasificado como un enigma, este debe tener más de una solución. También es necesario que tenga ciertas reglas que regulen la índole de las soluciones aceptadas y los pasos que hay que seguir para llegar a estas. Analizando la analogía del rompecabezas podemos ver a que se refiere nuestro autor. Si abrimos la caja de un rompecabezas y tiramos todas las piezas, podemos unir estas de muchas formas creando diversos cuadros. Sin embargo, hacer esto no constituye una solución al rompecabezas, pues existen ciertas reglas que determinan la manera en la que se puede

operar. Es necesario utilizar todas las piezas, estas deben estar con la impresión del dibujo mirando al cielo y las piezas deberán unirse, sin forzarlas, de tal forma que no quede espacio entre ellas. Estas serían algunas de las reglas que rigen al rompecabezas. Reglas similares se aplican en el campo de la ciencia normal. Kuhn (2004) sostiene que, si se permite esta analogía aplicada a un uso amplio del término “regla”, en el sentido de que este concepto sea equivalente a “preconcepción”, entonces podemos ver una similitud entre las características de las reglas de un rompecabezas y las de un enigma.

Esto es lo que ocurrió con Copérnico cuando buscó refutar la teoría ptolemaica. Encontró un fenómeno dentro de la ciencia normal que era enigmático, pues existía más de una respuesta al movimiento de los cuerpos celestes, cuestión que Copérnico resolvió de distinta manera. Lo interesante de este punto es que el estudio sistemático de la ciencia normal lleva a los científicos a descubrir muchas otras reglas complementarias que, naturalmente, facilitan la obtención de datos para definir con mayor exactitud los compromisos que puede aceptar dicho paradigma, y en ciertos casos, como en el de Copérnico, terminan en revoluciones científicas que cambian el paradigma que rige a la ciencia normal.

Volviendo al punto de las reglas que sigue esta suerte de “juego de la ciencia normal”, Kuhn (2004) menciona cuatro reglas que guían la manera en la que opera la investigación normal. (i) La ciencia normal hace enunciados generalizados, es decir, enunciados explícitos de leyes científicas, acerca de conceptos y teorías científicas, asimismo esos enunciados fijan los enigmas y determinan las soluciones aceptables. (ii) En un nivel más concreto que el de las leyes y teorías científicas, el científico trabaja comprometido con los modos de uso aceptados de ciertos instrumentos. (iii) En un nivel más elevado, el científico opera en conjunto a compromisos metafísicos. (iv) El científico debe sentirse atraído a comprender la naturaleza e insistir en la precisión y el alcance que tiene aquel orden definido en el universo, asimismo, este interés debe verse reflejado en los análisis empíricos respecto a la naturaleza misma.

Ahora bien, es necesario aclarar en que se relaciona esto con lo mencionado en el capítulo anterior. Lo que rescato de lo que sostiene Kuhn son las reglas mencionadas anteriormente. La manera en la que opera la ciencia normal es siempre la misma, sin importar el paradigma, a grandes rasgos, todos siguen estas reglas. Asimismo, la motivación de los científicos por la investigación normal va, desde mi perspectiva, guiada por los compromisos metafísicos

que sostienen cierto paradigma y que pueden ayudar a los científicos a comprometerse con leyes universales definidas en el paradigma.

3.1.1. El problema de la inducción en la universalidad de las leyes

En efecto, existe un problema que nos aleja de la posibilidad de llegar a una verdad universal en la naturaleza, y, por lo tanto, los compromisos metafísicos son necesarios dentro de un determinado paradigma.

De acuerdo con una tesis que tiene gran aceptación, las ciencias empíricas se caracterizan por utilizar los métodos inductivos para producir conocimiento. En este sentido Popper (2017) sostiene que la lógica de la investigación científica es análoga a la lógica inductiva, es decir, a la manera en la que operan los métodos inductivos. Es de conocimiento general que lo inductivo es una inferencia que pasa de enunciados particulares a enunciados universales. Desde esta perspectiva, la lógica está muy lejos de poder aceptar este tipo de enunciados como enunciados verdaderos, pues no importa el número de enunciados particulares que se tenga, siempre se corre el riesgo de que cualquier conclusión a la que lleguemos puede resultar un día falsa. El problema lógico de este asunto es que los enunciados particulares son análogos a los enunciados empíricos, es decir, no es posible llegar a una verdad universal con el estudio empírico de la realidad, que es en gran parte de donde los científicos sacan los fundamentos de sus teorías. Por lo tanto, las verdades que concluyen los científicos del método inductivo son siempre verdades probables, y por lo mismo podrían falsearse. En efecto, al no poder acceder al conocimiento universal, la única manera de comprometerse con las leyes físicas, las cuales tienen pretensiones de universalidad, es a través de esos compromisos metafísicos.

Las reglas de la ciencia normal funcionan como una guía para la perfección de la ciencia normal, pero cuando un científico entra a cuestionar los fundamentos metafísicos que sostienen la universalidad de las leyes de dicha regla es que pueden llegar a revoluciones científicas, y, en consecuencia, cambiar el paradigma en el que se encuentre.

3.2. Entendiendo la naturaleza: La necesidad de los paradigmas y las revoluciones científicas

Como mencioné en apartados anteriores, las revoluciones científicas son aquellos momentos en la historia de las ciencias de desarrollo no acumulativo, es decir, un antiguo paradigma es reemplazado, en su totalidad o parcial, pero lo importante a destacar es que este nuevo paradigma es incompatible con el antiguo.

El efecto del trabajo de Kepler y Galileo y la distinción entre cualidades primarias y secundarias tuvieron un impacto fundamental en la ciencia normal de su tiempo. El paradigma copernicano aún no estaba del todo instalado, y en parte es porque había que perfeccionarlo a nivel conceptual y matemático. Todo ese período de perfeccionamiento es parte de la investigación normal. Esta nueva ciencia impulsada desde Copérnico en adelante había logrado rechazar las explicaciones escolásticas de la naturaleza, las cuales se basaban en términos de esencias de los cuerpos materiales. La idea de que una piedra cae por causa de su naturaleza que la impulsa hacia el centro del universo dejó de tener sentido para los científicos que le siguieron a Copérnico. Todo el conjunto de entidades aristotélicas, incorporando el color, el gusto, el calor, el frío e incluso el peso, ahora debían ser explicados en los nuevos términos; tamaño, forma, posición y movimiento de la materia.

Volviendo al punto de la función conceptual en la normativa de los paradigmas, el ejemplo anterior nos da un panorama más general acerca de nuestra comprensión de las formas que puede adoptar un paradigma y de cómo puede impactar en la vida científica. Si entendemos un paradigma como vehículo para las hipótesis científicas, en este sentido su función es la de informarle a los científicos qué entidades forman parte de la naturaleza y qué entidades no, y, naturalmente, como se comportan esas entidades. En efecto, la información que da un paradigma le proporciona al científico un mapa, cuyos detalles son especificados por medio de la investigación normal. Y dado que la naturaleza misma es excesivamente complicada y diversa como para estudiarla sin un orden establecido, el mapa que otorga un paradigma es tan fundamental como la observación y la experimentación empírica para el desarrollo positivo de las ciencias.

Examinando la información histórica de las ciencias, el historiador puede sentirse atraído a sostener que cuando ocurre un hecho de revolución científica y hay una transición de un

paradigma a otro, el mundo también cambia con ellos. Efectivamente, los científicos guiados por este nuevo paradigma acogen nuevos instrumentos, utilizan nuevos conceptos y buscan en lugares que no buscaron antes. En palabras de Kuhn (2004): “durante las revoluciones los científicos ven cosas nuevas y diferentes al mirar con instrumentos conocidos y en lugares en los que ya se habían buscado antes” (p. 176). Pareciera, sostiene Kuhn, que la comunidad científica fue transportada a otra realidad, lugar en el que los objetos conocidos se ven de una manera distinta. Naturalmente, no ocurre nada de esto, si bien en el estudio científico las cosas cambian, la vida fuera de ese espacio sigue siendo la misma. Sin embargo, este cambio de paradigma le permite al científico ver al objeto de investigación, que sigue siendo el mismo, de distinta manera. En tanto la única manera que tiene el científico de acceder a su objeto de estudio es por medio del paradigma, cuando ocurre el proceso de revolución científica, naturalmente, los científicos trabajan en un mundo distinto.

Lo mencionado anteriormente expresa esta nueva visión de mundo. Pasar de entender al mundo compuesto por entidades cualitativas como color, gusto, textura y peso, ahora pasan a ser realidades expresadas en términos matemáticos exactos de extensión, figura, forma, etc.

3.3. La influencia de la metafísica moderna: Las matemáticas como base explicativa de la realidad

Ahora bien, el ingrediente principal en la revolución científica copernicana, la cual abrió las puertas a la nueva ciencia impulsada por Galileo y Kepler, sostengo que es el desarrollo matemático de las ciencias, en tanto que fue el soporte principal en el desarrollo de esta nueva ciencia, y que además permite la universalidad en las leyes científicas independiente del problema de la inducción. Las matemáticas parecieran ser independientes del conocimiento empírico, pues han sido capaces de llegar a resultados positivos sin la necesidad de comprobarlos en la experiencia. Pero ¿por qué digo que las matemáticas son el fundamento metafísico de las ciencias empíricas actuales? La misma historia nos ha mostrado como es que las matemáticas han sido un factor clave en el desarrollo de la ciencia moderna y contemporánea, llegando a sostener sus hipótesis más en las matemáticas que en la experiencia. A pesar de que siempre la respuesta última la tiene la evidencia empírica, eso no limita que los científicos confíen en las respuestas que dan los cálculos matemáticos,

incluso llegando a sostener como verdadero lo que dicen estas fórmulas antes de corroborarlo en la experiencia. Por ejemplo, Galileo era un convencido de que no necesitaría de la comprobación empírica para tener la certeza de que sus predicciones matemáticas serían correctas. En palabras citadas de Galileo: “La ignorancia ha sido el mejor maestro que jamás había tenido, pues a fin de demostrar a los opositores la verdad de las conclusiones, me fue necesario probarlas mediante gran número de experimentos, aunque para satisfacer mi propio espíritu no sentía necesidad de realizar ninguno” (Burt, 1960, pp. 81 – 82). Otro ejemplo contemporáneo es que la existencia de los agujeros negros que fue propuesta por las teorías de Einstein, y que a pesar de no ser comprobada empíricamente hasta el año 2019 con la primera fotografía de un agujero negro, científicos como Stephen Hawking ya producían nuevas teorías asumiendo su existencia porque los cálculos así lo indicaban.

Burt (1960) identifica tres aspectos fundamentales en el cambio que culminó con la conquista de esta nueva metafísica: la realidad, la causalidad y el espíritu humano. (i) Primero, el mundo en el que vive el ser humano dejó de considerarse una realidad de sustancias que posee una cantidad de cualidades igual a las experiencias sensoriales que nos puede transmitir, sino como una realidad física de átomos⁸ que poseen características formuladas en términos matemáticos. (ii) Segundo, la causalidad expresada como aquellas explicaciones basadas en la causa primera de los hechos fue desplazada en beneficio de aquellas explicaciones causales más directas al fenómeno de estudio. Se dejó de buscar la causa primera para concentrarse en la causa más cercana, abriendo el campo para el tratamiento mecánico de los movimientos de los cuerpos tanto terrestres como celestes. Naturalmente este cambio desplazó a Dios del estudio científico, pues dejó de tomarse en cuenta para explicar los fenómenos físicos que se presentaban. Asimismo, el ser humano perdió su privilegio ontológico en la naturaleza, pues los sentidos dejaron de ser fiables para estudiar la realidad, y se entendió que los hechos ocurridos en el mundo no eran para el ser humano, sino que una consecuencia lógica de la propia naturaleza de la realidad. (iii) Tercero, el intento por rescatar algo del ser humano por parte de los epistemólogos culminó en la

⁸ Actualmente sabemos que el átomo no es una partícula elemental (indivisible). Dentro del conjunto de partículas elementales se encuentran los electrones y los quarks. En un principio se pensó que los protones y los neutrones también eran partículas elementales, pero descubrieron que estas últimas eran divisibles en quarks. Los protones están compuestos por tres quarks: dos quark *up* y un quark *down*, mientras que los neutrones tienen un quark *up* y dos quark *down*.

clásica expresión del dualismo cartesiano, dónde se sospechó que el alma se encontraba en algún lugar del cerebro y esto forzó la tendencia a buscar una posible explicación mecánica para el origen de las sensaciones y de las ideas. A grandes rasgos estos cambios han sido los responsables de condicionar el pensamiento moderno, que desde entonces ya aspiraba a un ideal de exactitud matemática y una explicación física de los fenómenos.

Tanto Galileo como Kepler influenciados por este ambiente se ven inclinados a explorar una explicación matemática de la realidad. Kepler se acercó desde las realidades geométricas influenciado por las ideas copernicanas, mientras que Galileo cercano a la mecánica se inclinó por el estudio de los movimientos de los cuerpos pequeños. Ambos pensadores mostraban su interés por explorar hasta dónde podrían llegar siguiendo a las ciencias matemáticas. El replantearse los fundamentos de la realidad es un trabajo metafísico, y proponer a las matemáticas como aquellas que pueden explicar todos los fenómenos físicos es una solución a esta empresa que se sostiene hasta la actualidad.

La posición de Popper con respecto a la metafísica es la siguiente: las teorías metafísicas no son un sin sentido en su significado más estricto, como expresan los positivistas lógicos del significado de un enunciado, sino más bien, son enunciados no científicos, pues los enunciados científicos deben poder ser eventualmente falsables. Siguiendo esta línea, los enunciados metafísicos no pueden ser falseados, pues no es posible sostener que sean enunciados verdaderos o falsos. En principio no es posible que nosotros con nuestro conocimiento actual llegemos a dicha respuesta. En otras palabras, la demarcación entre ciencia y metafísica es definida por la capacidad de poder darle un valor veritativo o no al enunciado, es decir, poder sostener que ciertos enunciados son verdaderos o falsos. Una prueba para verificar si un enunciado es metafísico o no, es ver si este se puede falsear. En el caso de los enunciados metafísicos estos no pueden ser verdaderos ni falsos, por lo tanto, escapan del campo científico. Sin embargo, lo que he propuesto en este escrito es que la metafísica tiene una utilidad heurística dentro del campo científico, y es por su capacidad de pensar realidades que distan del conjunto de leyes que rigen el paradigma científico vigente. Por lo tanto, la utilidad de la metafísica radica justamente en que esta puede realizar enunciados que no poseen un valor veritativo pero que pueden servir como un supuesto por el cual se podría guiar cierto paradigma que podría ser, eventualmente, el que determine una

nueva revolución científica. Asimismo, las matemáticas al ser el fundamento que respalda a las leyes universales propuestas por ciertos paradigmas pueden ser usadas por los científicos para producir esas nuevas leyes que guiarán su investigación. Al encontrar respuestas a enigmas en las ciencias, es decir, llegar a los mismos resultados de distintas maneras, es que el científico puede ir creando nuevas fórmulas matemáticas, las cuales pueden derivar en leyes físicas. Es en esta búsqueda donde pueden aparecer pistas que guiarán al investigador hacia nuevas leyes que expliquen la naturaleza, y, en definitiva, las ciencias progresen desarrollando nuevos paradigmas.

Conclusión: Síntesis, algunas dificultades y posteriores investigaciones

Aunque este texto ha sido pensado para poder explicar los términos trabajados de la manera más sucinta posible, un asunto tan amplio como lo es la historia de las ciencias y la corriente metafísica presenta un gran desafío para su producción. Quizás puede notarse que la mayor complicación radica en la gran cantidad de información que existe con respecto al estudio de las ciencias empíricas (distintos autores y teorías), y esto se complejiza más aún cuando se pretende analizar los componentes metafísicos que pueden o no contener.

En efecto, este texto buscó defender el carácter heurístico de la metafísica. Esta última ha mostrado su utilidad a lo largo de los hechos históricos que relaté. Paradigmas científicos guiados por el geocentrismo fueron reemplazados en consecuencia de un cambio en la visión del universo de los propios autores. Copérnico sin tener ninguna certeza planteo un sistema heliocéntrico para explicar los movimientos de los cuerpos celestes. Gracias a su atrevimiento les dio la posibilidad a autores como Kepler y Galileo a pensar el universo de una manera distinta, abriendo paso al desarrollo de las matemáticas exactas por sobre las cualidades esenciales expuestas por los escolásticos. El aporte de Galileo a la nueva metafísica al incluir los conceptos de movimiento, espacio y tiempo, por sobre los de acción, causa eficiente y finalidad marcaron un antes y un después entre el pensamiento medieval y moderno.

El rol metafísico expuesto en el relato es visible desde el giro epistémico que hacen los distintos pensadores a lo largo de la historia. Pasar desde las cualidades aristotélicas entendidas como la ontología del objeto a una realidad que descansa en los fundamentos lógicos y matemáticos es un cambio en la visión metafísica de la comunidad científica. Naturalmente este cambio no se dio a corto plazo, sino que fue un período de maduración intelectual y científica necesaria para poder adoptar esta nueva metafísica.

La seguridad que tenían los escolásticos acerca del conocimiento que poseían del mundo los dejó en una situación cómoda que los condenó a una ciencia estática sin avances fundamentales. Copérnico en ese sentido es un personaje insignia en la historia tanto de la

filosofía como de la ciencia. Propuso una nueva concepción de mundo inspirado por entender de mejor manera el universo. Aun sabiendo que esto le jugaría en contra fue un fiel defensor de su teoría. Gracias a Copérnico autores como Kepler y Galileo desarrollaron de buena manera sus teorías, y, en consecuencia, autores posteriores como Newton llevaron el desarrollo científico a lo que conocemos hoy en día.

Sin embargo, este trabajo está centrado en una época específica, lo que limita los resultados generales que podría obtener. El estudio de la ciencia medieval y moderna a pesar de ser una época esencial para este proyecto investigativo no es suficiente, por lo mismo es necesario continuar con esta línea de investigación en posteriores trabajos. En primer lugar, el estudio de Newton como uno de los personajes más importantes en la historia de las ciencias es fundamental para tener un panorama más completo. Su teoría de la gravitación universal resulta esencial para seguir comprendiendo el carácter heurístico de la metafísica. ¿Desde que perspectiva Newton concibe la gravedad? En segundo lugar, el estudio de autores contemporáneos como Einstein podría resultar sumamente esclarecedor, pues es posible, quizás, una nueva visión en el aporte de la metafísica en las ciencias. La idea de pensar la gravedad ya no como una fuerza, sino como una consecuencia propia de la estructura del manto espaciotemporal es simplemente una genialidad. En tercer lugar, los estudios actuales acerca de la mecánica cuántica podrían verse beneficiados desde una visión metafísica, pues podría aportar una mirada crítica acerca de sus propios fundamentos, permitiéndonos salir de lo que es para nosotros el sentido común. Popper ya sostenía que probablemente no exista un método lógico de tener nuevas ideas, y es probable que la expresión de dicho fenómeno contenga un elemento irracional o una intuición creadora, la cual desde la perspectiva de mi escrito es en su esencia metafísica.

Bibliografía

1. Aristóteles & Calvo, T. (2007). *Metafísica*. Barcelona: Gredos.
2. Ayer, A. J. (1981). *El positivismo lógico*. México: Fondo de la Cultura Económica.
3. Burt, E. A. (1960). *Los fundamentos metafísicos de la ciencia moderna*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.
4. Cassini, A. (2013). Sobre la historia de la filosofía de la ciencia. A propósito de un libro de C. Ulises Moulines. *Crítica (México D. F. En Línea)*, Vol. 45, N° 134, pp. 69 - 97.
5. Copérnico, N. & Mínguez Pérez, C. (1997). *Sobre las revoluciones*. Barcelona: Ediciones Altaya.
6. Darós, W. R. (1997). Tareas actuales de la filosofía según los últimos escritos de Karl Popper. *Invenio*, pp. 11 – 24.
7. Descartes, R. & Flórez, M. C. (2011). *Descartes*. Madrid: Gredos.
8. Diéguez, A. (2010). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva.
9. Di Berardino, M. A. & Vidal, A. (2017). *Filosofía de las Ciencias: Hacia los cálidos valles de la epistemología contemporánea*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad de La Plata.
10. Einstein, A. (1999). *Sobre la teoría de la relatividad*. España: Ediciones Altaya.
11. Escobar, M. (2014). La metafísica modal de Leibniz: su fundamentación de la contingencia hacia 1686 y su concepción integral de madurez. *Diánoia*, Vol. 59, N° 73, pp. 47 – 72.
12. Garret, B. (2014). *¿Qué es eso llamado metafísica?* Madrid: Alianza Editorial.
13. Gargiulo De Vázquez, M. T. (2015). La noción positiva de ciencia de Paul Karl Feyerabend. *Crítica: Revista Hispanoamericana De Filosofía*, Vol. 47, N° 141, pp. 61 - 94.
14. Giannini, H. (1995). *Breve historia de la filosofía*. Santiago: Editorial Universitaria.
15. Gilbert, P. P. (2004). ¿Es aún posible una metafísica? *Universitas Philosophica*, N° 43, pp. 59-76.
16. Gilson, E. (1976). *La filosofía en la Edad Media: Desde los orígenes patrísticos hasta el fin del siglo XIV*. Madrid: Gredos.
17. Giraldo, H. (2011). Ciencia y metafísica en la filosofía de Karl R. Popper. *Revista Disertaciones*, N° 2, pp. 75 – 89.

18. Gonzáles, C. M. (2004). Ciencia y metafísica en el pensamiento de Karl Popper. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, Vol. 10, N° 10, pp. 253 – 260.
19. Gonzáles, F. (2004). ¿Qué es un paradigma? Análisis teórico, conceptual y psicolingüístico del término. *Revista Investigación y Postgrado*, Vol. 20, N° 1. 2005, pp. 13 – 54.
20. Hawking, S. W. (1998). *Historia del tiempo: Del big bang a los agujeros negros*. Lima: Hurope S. L.
21. Hume, D. & de Salas, J. (1988). *Investigación sobre el conocimiento humano*. Madrid: Alianza Editorial
22. Iranzo, V. (2005). Filosofía de la ciencia e historia de la ciencia. *Quaderns de filosofia i ciencia*, N° 35, pp. 19 – 43.
23. Kant, I. & Ribas, P. (2012). “Prólogo de la segunda edición”, en I. Kant, *Crítica de la razón pura*. Madrid: Prisa ediciones, pp. 12 - 26.
24. Koyré, A. (1994). *Pensar la ciencia*. Barcelona: Ediciones Paidós.
25. Kuhn, T. S. (1993). “La innovación de Copérnico”, en T. S. Kuhn, *La revolución copernicana*. Barcelona: Planeta-Agostini, pp. 184 – 244.
26. Kuhn, T. S. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas*. Argentina: Fondo de Cultura Económica.
27. Madrid, C. (2010). Filosofía de la Física, el cierre de la Mecánica Cuántica. *Revista El Basilisco*, N° 39, pp. 67 – 112.
28. Martín, M. (2015). Abducción, método científico e Historia: Un acercamiento al pensamiento de Charles Peirce. *Revista Páginas*, N° 14, pp. 125 – 141.
29. Melogno, P. (2014). Verificacionismo y autorefutación. *Signos Filosóficos Vol. 16*, N° 32, pp. 8 – 37.
30. Newton, I. (1642). *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Editor digital: casc.
31. Okasha, S. (2002). *Una brevísima introducción a la filosofía de la ciencia*. Editor digital: Antwan.
32. Peña, L. (1987). Cosmología aristotélica y ciencia moderna: Consideraciones sobre un texto escolástico del siglo XVIII. *Ciudad de Dios: revista agustiniana 200(1)*, pp. 21 – 35.

33. Popper, K. R. (2017). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
34. Ptolomeo, C. & Pérez Sedeño, E. (1987). *Las hipótesis de los planetas*. España: Alianza Editorial.
35. Recio, G. L. (2017). La astronomía de Ptolomeo y el caso Galileo: dos aportes histórico-epistemológicos. *Scientia et Fides*, Vol. 5 N° 2, pp. 251 – 281.
36. Soto, C. (2017). ¿Qué es la metafísica de la ciencia? *Discusiones Filosóficas*, 18, 31, pp. 87 – 105.
37. Quine, W. V. O, Sacristán, M. & Mosterín, J. (2002). *Desde un punto de vista lógico*. Barcelona: Paidós.
38. Ruiz Bolívar, C. (1997). Paradigmas Emergentes en Investigación. *Memorias de la 2da Jornada de Investigadores Junior*, pp. 11-17.
39. Rodríguez-Yáñez, A., Aboites, V. & Rionda, L. M. (2021). Nancy Cartwright: Una introducción a su filosofía de la ciencia. *Revista Mexicana De Física E*, Vol. 18, N° 1, pp. 168-177.
40. Torretti, R. (1998). *Filosofía de la naturaleza*. Santiago: Editorial Universitaria.
41. Urquijo, M. J. (1995). ¿Presenta la Metafísica un aporte a la Ciencia? *Revista Humanidades - Bucaramanga Colombia*, Vol. 24, N° 2, pp. 49 – 56.
42. Vallejos, G. (1999). Peirce: pragmatismo, semiótica y realismo. *Cinta moebio*. 5: 14 – 28.
43. Wartofsky, M. W. (1979). “Metaphysics as heuristic for science”, en M. W. Wartofsky, *Models*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, pp. 40 – 89.
44. Wootton, D. (2015). *La invención de la ciencia: Una nueva historia de la revolución científica*. Editor digital: epublibre.