

La carga teórica de la observación: De las
observaciones de Galileo al descubrimiento de
Kepler-90

David Padrón Acosta

Tutora: María Inmaculada Perdomo Reyes

Grado en Filosofía

Curso 2018/2019

Índice

Portada	1
Índice	2
1. Introducción	3
2. Antecedentes	4
2.1 La carga teórica de la observación de Norwood Russell Hanson	4
2.2 La evolución de la Historia de la Ciencia y la Filosofía de la Ciencia	7
3. Estado actual	11
3.1 Pérdida de autoridad del sistema geocéntrico	11
3.2 Primeras observaciones galileanas	13
3.3 Evidencias del sistema heliocéntrico	14
3.4 El descubrimiento de Kepler-90	16
4. Discusión y posicionamiento	18
4.1 ¿Hasta qué punto es fiable el telescopio?	19
4.2 El debate con los aristotélicos	20
4.3 De la Pequeña Ciencia a la Gran Ciencia	22
4.4 De la Gran Ciencia a la Tecnociencia	26
5. Conclusión	28
6. Bibliografía	30

1. Introducción

A lo largo de este trabajo de fin de grado trataré de mostrar la importancia de la carga teórica de la observación a través de un paralelismo histórico entre dos descubrimientos estrechamente relacionados con esta: las observaciones galileanas que sirvieron para acabar con el sistema ptolemaico y establecer el sistema heliocéntrico y el descubrimiento de ocho planetas que orbitan alrededor de una estrella llamada Kepler-90.

Para lograr este objetivo y poder exponer mis tesis con claridad y precisión he decidido dividir este trabajo en partes bien diferenciadas. Comenzaré el trabajo con una introducción en la que haré alusión a las ideas que quiero exponer en este escrito. Seguidamente, en los antecedentes explicaré qué es la carga teórica de la observación y sus implicaciones en de la práctica científica, además de hacer un breve recorrido tanto por la Historia de la Ciencia como por la Filosofía de la Ciencia. En lo referente a la Historia de la Ciencia, expondré brevemente la evolución de estos estudios desde ser considerada una herramienta auxiliar para contextualizar la ciencia de cada momento histórico hasta su conformación como disciplina académica. En cuanto a la Filosofía de la Ciencia comenzaré estableciendo los postulados de la Concepción Heredada para posteriormente repasar la crítica que dirigió a estos la corriente historicista.

En el siguiente apartado, correspondiente al estado actual del tema que nos ocupa, expondré uno de los casos de estudio que vertebra este trabajo, las observaciones de Galileo. En este punto también figura el descubrimiento de Kepler-90, el otro caso de estudio de este trabajo, hablaré de qué es Kepler-90, como se descubrió y por qué es importante su descubrimiento.

En el apartado referente a la discusión y posicionamiento analizaré el debate que se generó a partir de las evidencias que presentó Galileo Galilei a favor de la teoría heliocéntrica. También analizaré las razones que han llevado a que el descubrimiento de Kepler-90 no genere ningún tipo de controversia en el seno de la comunidad científica, sino más bien la admiración de esta al considerarlo un logro de la ciencia moderna. Para analizar dichas razones explicaré cómo la manera de hacer ciencia ha variado con los años, pasando de ser Pequeña Ciencia a Gran Ciencia y finalmente a Tecnociencia.

Finalmente cerraré el trabajo con un apartado de conclusiones, en el que pondré de relieve las que considero que son las ideas principales del mismo, además de una bibliografía en la que figurarán los textos en que me he apoyado para su redacción.

He decidido enfocar este trabajo en el concepto de *carga teórica de la observación* debido a las importantísimas implicaciones que ha tenido, tiene y tendrá en todos los descubrimientos científicos. También estaba muy interesado en analizar cómo ha variado el concepto de observación a lo largo de la historia, para lo que tomé como antes comentaba, dos casos de estudio, el de Galileo y el de Kepler-90, con los que espero poder esclarecer esta cuestión. He de reconocer también que me he interesado en este concepto a partir de sus resultados, es decir, me interesé antes por los descubrimientos de Galileo y por los de los exoplanetas que orbitan alrededor de Kepler-90 que por el propio concepto de carga teórica de la observación. Pero al ver que este último había sido el posibilitador de estos dos hitos científicos decidí ahondar en su estudio. Una vez dicho esto y establecidos los temas que trataré en el trabajo comenzaré con la exposición del mismo.

2. Antecedentes

2.1 La carga teórica de la observación en Norwood Russell Hanson

Para hacer lo que considero una buena contextualización de lo que supone la carga teórica de la observación para la Filosofía de la Ciencia y a su vez lo que esta tiene que decir en la práctica científica actual, he de remontarme a la obra de Hanson *Patrones de descubrimiento: Observación y explicación*. Norwood Russell Hanson fue un filósofo norteamericano nacido en 1924 y situado dentro de la corriente de la filosofía analítica, propone un concepto de observación que se deriva de la idea de ciencia como disciplina que se sitúa entre dos polos opuestos: “la matemática pura y la experiencia sensorial bruta”¹. La Filosofía de la Ciencia, y también Hanson intentan trazar un recorrido que vaya entre estos dos polos sin dejarse seducir por ninguno de ellos.

¹ HANSON, R. N. *Patrones de descubrimiento: Observación y explicación*. Madrid: Alianza Universidad, 1977, p. 11.

La ciencia natural está compuesta por enunciados factuales, solo de esta manera podría ser ciencia, y estos a su vez son enunciados sintéticos, es decir, no se pueden establecer sin contrastar previamente cuáles son los hechos empíricamente verificables². Para ejemplificar esto utilizaré un ejemplo muy simple que es recurrente en la Lógica. Imaginemos los siguientes enunciados: “fuera está lloviendo”, al que asignaremos p y “fuera no está lloviendo”, al que le asignaremos $\neg p$. Para determinar la verdad o falsedad de estos enunciados no basta con recurrir al “escrutinio semántico y simbólico”³, ya que tanto p como $\neg p$ son consistentes desde el punto de vista lógico. Para ver cuál de los dos enunciados se corresponde con la realidad hemos de recurrir a la observación. Aquí entramos por primera vez en contacto con la noción de observación, aunque aún estamos en un nivel de observación tosco y poco sofisticado. Siguiendo el ejemplo de la lluvia que expuse en las líneas anteriores, cualquier observador es capaz de determinar si está lloviendo o no, siempre que entienda el concepto de lluvia, esto engloba a todos los observadores que se encuentran entre un niño sin ningún tipo de formación científica y un meteorólogo. Pero profundizando en el concepto de observación a través de un ejemplo que expone el propio Hanson:

“Pensemos en Johannes Kepler: imaginémosle en una colina mirando el amanecer. Con él está Tycho Brahe. Kepler considera que el Sol está fijo; es la Tierra la que se mueve. Pero Tycho, siguiendo a Ptolomeo y a Aristóteles, al menos en esto, sostiene que la Tierra está fija y que los demás cuerpos celestes se mueven alrededor de ella. *¿Ven Kepler y Tycho la misma cosa en el Este, al amanecer?*”⁴

Responder a esta pregunta requiere ir a la raíz del concepto de observación, es decir, el proceso físico de la visión. Suponiendo que Kepler y Brahe tienen una visión normal, entiendo con esto que no tienen daños ni defectos en sus globos oculares, ambos ven el mismo objeto físico. De hecho, si reformulamos la pregunta y pasamos de cuestionarnos si ambos astrónomos ven la misma cosa a preguntarnos “¿Qué es lo que ven ambos?”⁵ podríamos fácilmente responder aludiendo a las características del Sol como objeto físico: “un disco brillante, de un color amarillo blanquecino, que está situado en un espacio azul

² SUÁREZ, M. *Filosofía de la Ciencia: Historia y Práctica*. Madrid: Tecnos, 2019, p. 26.

³ HANSON, R. N. *Patrones de descubrimiento: Observación y explicación*. Madrid: Alianza Universidad, 1977, p. 12.

⁴ *Ibidem.*, p. 79.

⁵ *Ibidem.*, p. 82.

sobre una zona verde”⁶. Esto nos lleva a concluir que la experiencia visual de ambos es compartida. Pero teniendo en cuenta que al ver el amanecer Kepler “ve” la Tierra llevar a cabo el movimiento de rotación, mientras que Brae “ve” al Sol orbitando alrededor de la Tierra en una suerte de movimiento de traslación, hemos de concluir que hay otro elemento aparte de la experiencia visual, que es idéntica para ambos, que diferencia y determina las visiones que ambos tienen del Sol. En las palabras de Hanson esta diferencia en la visión de Kepler y Brahe se explicaría de la siguiente manera: “De aquí que Kepler y Brahe vean cosas diferentes y, no obstante, vean la misma cosa. Que estas cosas puedan decirse, depende de su conocimiento, experiencia y teorías.”⁷. A donde quiero llegar con este ejemplo es a que la actividad científica requiere de un conocimiento previo que no se puede subsanar con “«extensiones» fisio-biológicas”⁸ como pueden ser el microscopio o el telescopio, del cual hablaré más adelante, sino que es una observación cargada de teoría. De esta manera nuestros conocimientos previos en lo referente a un tema serán los que moldeen nuestras experiencias visuales y nos hagan ver una cosa u otra, y posteriormente enunciar un juicio acorde a esta visión.

Como consecuencia de esta necesidad de conocimiento teórico previo a la observación, algunas corrientes y, por tanto, algunos autores, han reducido la importancia de la observación a una suerte de punto de partida para la práctica científica, concediendo al cálculo matemático el papel de indiscutible protagonista dentro de esta. Los “detractores” de la observación como un elemento posibilitador y, por tanto, de peso dentro de la ciencia se apoyan en argumentos como la falibilidad y las desviaciones de la observación, ya que normalmente estas parten de una base ideal: superficies sin rozamiento, objetos en el vacío o cuerpos que cuentan con una perfecta elasticidad. Pero esta crítica no está motivada por el deseo de mejorar el avance científico, sino porque muchas veces las observaciones, con sus infinitas variaciones propias del carácter cambiante de la naturaleza son las responsables de falsar teorías basadas en el cálculo. Frente a esto Hanson adopta la misma posición que según él ha de adoptar la Filosofía de la Ciencia, que es buscar un término medio entre la importancia que se concede al cálculo y el desprecio de la observación, evitando de esta manera situaciones como los descubrimientos científicos exigidos por una teoría, como pueden ser el caso del

⁶ Ibidem., p. 82.

⁷ Ibidem., p. 98.

⁸ Ibidem., p. 14.

antiprotón y el antineutrón⁹. Teniendo en cuenta lo dicho a lo largo de las líneas anteriores podemos decir que Hanson considera observaciones significativas a “aquellas que cumplen los criterios de relevancia incorporados a la teoría vigente y, al mismo tiempo, son capaces de *modificar* esa teoría mediante el riguroso e inquebrantable reconocimiento de «lo que es el caso», de los *hechos*.”¹⁰

2.2 La evolución de la Historia de la Ciencia y la Filosofía de la Ciencia

Una vez expuesto el concepto de observación propuesto por Hanson, para comprender las implicaciones que la observación ha tenido antes y después de la aparición de la teoría de Hanson, me parece relevante hablar de las dos disciplinas que tienen como objeto de estudio la práctica científica: la Filosofía de la Ciencia y la Historia de la Ciencia. Aunque estas dos disciplinas se solapan y complementan, estableciendo una relación que viene dada por el hecho de que de la visión que se mantenga de la ciencia y el desarrollo científico dependerá la manera en que se haga Historia de la Ciencia, han tenido un recorrido distinto hasta llegar a ser consideradas como disciplinas útiles dentro del ámbito científico, por lo que reconstruiré por separado estos procesos.

La Historia de la Ciencia fue considerada a lo largo de mucho tiempo como un “accesorio” que posibilitaba una mejor comprensión de las prácticas científicas de cada momento histórico además de confirmar las teorías que veían la luz desde la Filosofía de la Ciencia. No fue hasta entrado el siglo XX, y a raíz de dos eventos que cambiarían la visión de la ciencia, que se trató de abordar con mayor rigor y seriedad la historiografía de la ciencia. El primero de estos eventos es el surgimiento del concepto de *revolución científica* acuñado por Thomas Kuhn y que reestructura el avance lineal de la ciencia que se había narrado hasta la época dentro de la Historia de la Ciencia. El otro acontecimiento que confirió importancia a la Historia de la Ciencia fue su propia profesionalización al introducirse en el ámbito académico. A partir de este momento han surgido numerosos enfoques acerca de las investigaciones y la práctica científica que nos ayudan a tener una

⁹ Ibidem., p. 15.

¹⁰ Ibidem., p. 16.

mejor comprensión del surgimiento de la ciencia moderna y los factores que hicieron que se le conceda la potestad de ser administradora de la realidad.

Retomando el concepto de revolución científica kuhniano, parece paradójico cómo este fue capaz de provocar una revolución en la Filosofía de la Ciencia durante los años sesenta. Antes de esta revolución dentro del seno de la Filosofía de la Ciencia podemos hablar de una Filosofía de la Ciencia tradicional, en la que los postulados de la Concepción Heredada tienen una importancia vital. La Concepción Heredada surge durante las primeras décadas del siglo XX en torno al Círculo de Viena, en el que podemos encontrar autores de la talla de Moritz Schlick, Rudolf Carnap u Otto Neurath entre otros. Este grupo de pensadores se insertaba dentro de la corriente filosófica del neopositivismo, y establecieron una serie de objetivos y reglas para alcanzarlos que debía seguir la Filosofía de la Ciencia. Toda la obra filosófica de la Concepción Heredada está vertebrada por una distinción que denota la importancia que se va a dar a la Lógica y a la Matemática: la distinción entre contexto de justificación y contexto de descubrimiento acuñada por Hans Reichenbach. El contexto de justificación está compuesto por las distintas pruebas, datos o demostraciones que el científico es capaz de aportar con el objetivo de apoyar su hipótesis frente a la comunidad científica, es decir, los elementos más propiamente científicos y racionales de la investigación científica. El contexto de descubrimiento en cambio, engloba los aspectos no necesariamente racionales que influyen en la creación de una teoría científica, como puede ser el factor psicológico, las creencias políticas o los prejuicios del investigador. La labor que se había propuesto la Filosofía de la Ciencia tradicional no era otra que la de actuar como una disciplina de segundo orden que realizara un análisis y reconstrucción de la de estructura lógica de las teorías científicas mediante métodos matemáticos:

“En otras palabras los neopositivistas pensaban que la lógica y la matemática pura (álgebra, aritmética, y geometría pura) establecen formalmente verdades analíticas *a priori*. Además, defendían que estas últimas son útiles para esclarecer la naturaleza de conceptos fundamentales de continuado uso en la ciencia empírica, y que, por tanto, generan nuestro conocimiento sintético *a posteriori*, como son los conceptos de confirmación y explicación.”¹¹

¹¹ SUÁREZ, M. *Filosofía de la Ciencia: Historia y Práctica*. Madrid: Tecnos, 2019, p. 26

Teniendo esto en cuenta no resulta extraño que la Concepción Heredada conceda mucha más importancia al concepto de justificación que al de descubrimiento, ya que este era analizable desde el punto de vista lógico, mientras que el carácter “social” del contexto de descubrimiento hacía que este no fuera susceptible de ser analizado lógicamente, lo cual lo mantenía fuera del foco de interés de la Concepción Heredada. El hecho de obviar todo lo que no pudiese ser traducido a los términos de la Lógica y negar que los contextos de descubrimiento y justificación se entremezclen a la hora de elaborar una teoría reducía notablemente el campo de estudio del empirismo lógico, que termina por centrar su análisis en una pequeña parte de lo que es la práctica científica: las teorías construidas y formuladas.

“Lo esencial eran los resultados finales de la investigación científica: los hechos descubiertos, las teorías elaboradas, los métodos lógicos utilizados y la justificación empírica de las consecuencias y predicciones que se derivan de las teorías [...] La génesis de las teorías no tenía interés alguno para los defensores de la epistemología científica en los años 30”¹²

La Concepción Heredada defendía esta forma de hacer Filosofía de la Ciencia basándose en que la ciencia es el método cognitivo por excelencia, por lo que el conocimiento ordinario solo era tenido en cuenta en la medida en que compartiese las características del conocimiento científico. Partiendo del hecho de que la Concepción Heredada considera al conocimiento científico como el conocimiento genuino, no debe sorprender a nadie que otra de las metas que persigue este grupo de pensadores sea establecer un claro criterio de demarcación entre ciencia y pseudociencia: “La ciencia es demarcable, distinguible, o separable, de la no-ciencia y de la pseudociencia, y un empeño del neopositivista es conseguir distinguirla con claridad en base a criterios meridianamente objetivos.”¹³. Antes de lograr establecer dicho criterio, debió establecerse la distinción entre lenguaje material y formal acuñada por Rudolf Carnap. Siguiendo las palabras de Mauricio Suárez en su obra *Filosofía de la Ciencia: Historia y Práctica*, podemos decir que:

“el lenguaje material era solo apropiado para el discurso ordinario o cotidiano, y cualquier forma de precisar este lenguaje para evitar paradojas y otro

¹² ECHEVERRÍA, J. *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal, 1995, p. 53

¹³ SUÁREZ, M. *Filosofía de la Ciencia: Historia y Práctica*. Madrid: Tecnos, 2019, p. 40.

tipo de dificultades y confusiones, requería necesariamente su traducción al lenguaje formal característico de las ciencias. Un enunciado que no contuviese tal traducción, o no la pudiese incorporar al léxico científico no sería más que una expresión metafórica, si se trata de un enunciado literario o poético. Si, por el contrario, el enunciado intraducible fuese literal, sería realmente una expresión carente de contenido real; o sea, un sinsentido”¹⁴.

De esta manera podemos entender que el único conocimiento que se consideraba como válido era aquel que podía ser expresado en términos lógicos y que por tanto no inducía a error. Para alcanzar el criterio de demarcación entre ciencia y pseudociencia que buscaba la Concepción Heredada era necesario introducir también a la experiencia, que será el criterio último de verificación de la verdad o falsedad de un enunciado. Esta experiencia debía ser objetiva, es decir, que no estuviese “contaminada” por valores y creencias externas a la estricta práctica científica, e intersubjetiva, por lo que debía ser la misma para todos los observadores.

Ante las lagunas que presentaban los postulados de la Concepción Heredada, destacando entre estas el rechazo del contexto de descubrimiento, y por tanto verse rebasada por la complejidad y diversidad metodológica de la práctica científica¹⁵, surgieron varios filósofos de la ciencia críticos con esta corriente. El pionero dentro de esta nueva manera de hacer Filosofía de la Ciencia fue Karl Popper, que señaló las limitaciones de la Concepción Heredada a través de su racionalismo crítico¹⁶, pese a que compartía muchas de las creencias neopositivistas. Tras Popper apareció un nuevo grupo de autores críticos con los postulados de la Concepción Heredada, estos constituirán la corriente historicista, y entre ellos podemos encontrar al propio Hanson, del que hablé anteriormente, Paul Feyerabend, Thomas Kuhn o Imre Lakatos. Pese a que estos autores difieren entre sí en muchos aspectos podemos encontrar una serie de elementos comunes que permiten establecer claramente la crítica de esta “nueva” Filosofía de la Ciencia a la Concepción Heredada. El primer punto de divergencia entre estas dos corrientes radica en las competencias que ha de abarcar la Filosofía de la Ciencia, esta no debía tratar de buscar criterios de justificación y fundamentación a priori, sino que debe explicar estos. En resumidas cuentas la corriente historicista no atribuye a la Filosofía de la Ciencia una

¹⁴ *Ibíd.*, p. 41.

¹⁵ *Ibíd.*, p. 23.

¹⁶ *Ibíd.*, p. 110.

función normativa, sino que defiende su importancia como una disciplina descriptiva. Los críticos de la Concepción Heredada también se posicionan en contra de la distinción entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación, señalando lo limitado de estudiar las teorías como productos finales aislados de los procesos no estrictamente científicos. Tampoco se identifica esta nueva corriente con la idea de que las nuevas teorías subsumen elementos de las anteriores mejorándolas y haciendo de la ciencia un progreso casi lineal, sino que concibe a las nuevas teorías científicas como procesos revolucionarios al defender que el marco teórico en que está inserta una teoría no es capaz de soportar sin desmoronarse una nueva teoría que no encaje en él. Kuhn expresa esta negación del carácter acumulativo del conocimiento científico a la perfección: “descubrimientos que no pueden acomodarse dentro de los conceptos que eran habituales antes de que se hicieran dichos descubrimientos”¹⁷. En lo referente al marco en que están insertas las teorías científicas, se establecen dos ideas importantes: la primera es que dicho marco condiciona totalmente la observación, y la segunda es que el marco teórico hace que las teorías distanciadas temporalmente sean inconmensurables, aunque esta última idea cobra una mayor relevancia en determinados autores como Paul Feyerabend o Thomas Kuhn en comparación al resto de la corriente historicista. A modo de resumen podemos decir que los críticos de la Concepción Heredada son contrarios principalmente a la distinción entre contexto de descubrimiento y justificación, ya que el primero influye de manera notable en el desarrollo de las teorías y los métodos de evaluación que han de superar las mismas. Además, esta influencia de los factores externos que actúan sobre el marco en que se insertan las teorías justifica la nueva labor de la Filosofía de la ciencia, que sería describir y explicar las teorías, no evaluarlas.

En las siguientes páginas abordaré la aplicación de estos postulados y problemáticas que se han presentado a lo largo del desarrollo de la Filosofía de la Ciencia mediante dos casos de estudio: las evidencias del sistema heliocéntrico presentadas por parte de Galileo Galilei y su relación con el descubrimiento del sistema Kepler-90.

¹⁷ KUHN, T. *¿Qué son las revoluciones científicas? Y otros ensayos*. Barcelona: Paidós, 1989, p. 59.

3. Estado actual

3.1 Pérdida de autoridad del sistema geocéntrico

Durante muchos años el sistema solar no fue el que conocemos actualmente y que se explica en todos los centros educativos. Hubo una época en la que la teoría geocéntrica se erigía como la más adecuada y verdadera a la hora de representar nuestro sistema solar. Los principios de la teoría geocéntrica, tratando de expresarlos de una manera muy resumida, defienden que la Tierra se ubica en el centro del universo, mientras que los astros, incluyendo el Sol, giran alrededor de esta. A su vez, estos astros se encontraban insertos en esferas, siendo en la última de estas esferas, la más exterior, en la que se encontraban las estrellas, lo cual confiere al universo un carácter finito. La principal defensa de este modelo la llevó a cabo Claudio Ptolomeo, que expuso un sistema de epiciclos y deferentes con el que consiguió explicar tanto el movimiento retrogrado de los planetas como el aumento de su brillo durante el proceso de retrogradación además de la diversa duración de las revoluciones siderales. De esta manera el sistema ptolemaico parecía ser una teoría perfecta que no tenía fisuras, y de hecho fue así hasta el siglo XIV.

El modelo ptolemaico llevaba siglos ostentando la autoridad epistémica en cuanto al estudio del universo, pero esto cambió con las fundamentales aportaciones de dos astrónomos, Nicolás Copérnico y Giordano Bruno. Copérnico sería el primero en insertar el germen del heliocentrismo dentro del sistema de Ptolomeo, para llevar a cabo esta tarea Copérnico no realiza una crítica radical a Ptolomeo, sino que conserva algunos puntos de su teoría, como que los movimientos de los planetas están compuestos por epiciclos, aunque atribuye circularidad, perfección e inmutabilidad a estos movimientos. De resto todas las tesis que expone Copérnico difieren con las expuestas por Ptolomeo, por ejemplo Copérnico no sitúa a la Tierra como el centro del universo, sino que defiende que este se haya cercano al Sol, alrededor del cual orbitan los planetas pero no el resto de los satélites. Las estrellas son objetos que se encuentran fijos a gran distancia del Sol y que por tanto no orbitan a su alrededor. Copérnico también abandona la idea de la Tierra como un punto inmóvil en el centro del universo, y no solo le confiere movimiento, sino que le atribuye tres tipos distintos de movimiento: rotación diaria, revolución anual e inclinación

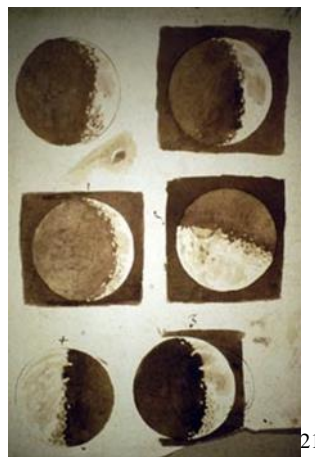
de su eje, además el movimiento retrogrado de los planetas no se explicaría a partir de los complicados epiciclos ptolemaicos, sino a partir del propio movimiento terrestre. Tras Copérnico será Bruno quién trate de sustituir el modelo geocéntrico por el heliocéntrico, de hecho, sus estudios se centrarán en las consecuencias que tendría dicho cambio. Bruno no solo defiende que la Tierra gira alrededor del Sol y no al revés, sino que además gira sobre su propio eje, dando lugar al día y la noche. Además Bruno deduce a partir de la creencia en un Dios infinito que también el universo ha de compartir esta característica con su creador. Finalmente acaba con el estatus especial de las estrellas, que se consideraban compuestas de éter, para decir que todo el universo está compuesto por cuatro elementos básicos: aire, tierra, fuego y agua. A causa de estas revolucionarias ideas Bruno fue acusado de herejía por la inquisición y quemado en la hoguera posteriormente.

3.2 Primeras observaciones galileanas

Cuando Galileo comienza a hacer sus observaciones celestes ya se encuentra con el modelo heliocéntrico propuesto por Copérnico, que pese a seguir utilizando epiciclos y deferentes, ya no usa el punto ecuante, lo que supone un gran avance. El problema con el que se encuentra Copérnico es que los argumentos que presentó para respaldar su teoría resultaron insuficientes, ya que esta necesitaba de una nueva física para justificarla, no obstante el modelo copernicano consiguió captar la atención de Galileo, que será el encargado de presentar las pruebas físicas que acaben por falsar el sistema ptolemaico. Pero años antes de culminar esta empresa el filósofo italiano debió crear un instrumento que le permitiera observar el cielo. De esta manera en 1609 Galileo presenta su primer telescopio. A diferencia del modelo de telescopio holandés construido por Hans Lippershey, el de Galileo no deformaba los objetos y además los aumentaba el doble que su competidor holandés. Otro elemento que daba la delantera al telescopio de Galileo es que era el único de su época que permitía obtener una imagen derecha del objeto observado gracias a la utilización de una lente divergente en el ocular. Las observaciones que Galileo realizaría haciendo uso del telescopio tendrían tal importancia que acabarían provocando una revolución científica.

Las primeras observaciones de Galileo hacen referencia a la Luna, y ya se presentan como revolucionarias: “El asombro fue grande al reparar en que, pese a haber sido

concebido por los griegos como perfectamente esférico, inmutable, etéreo, homogéneo y, en definitiva, por completo distinto a la Tierra, presentaba un aspecto demasiado parecido a esta.”¹⁸. Esta irregular apariencia de la superficie lunar es interpretada de una manera muy suspicaz por Galileo como valles y montañas. El científico italiano dedujo que las “manchas oscuras” debían ser valles, mientras que los “puntos brillantes” montañas que alcanzaban cierta altura y por lo tanto, presentaban mayor luminosidad¹⁹. La interpretación galileana de lo visto a través del telescopio se veía apoyada por la irregularidad del terminador lunar²⁰. Este conjunto de hipótesis falsaba la distinción Aristotélica entre mundo sublunar, que comprende todo aquello situado entre la Tierra y la Luna, y en el que todo es imperfecto y cambiante, y mundo supralunar, que comprende todo aquello situado entre la Luna y la esfera de las estrellas fijas, en donde imperan las esferas como formas geométricas perfectas y los movimientos circulares, regulares e inmutables. En estas primeras observaciones celestes de Galileo se encuentra el germen de lo que más tarde será el nuevo modelo del universo, el modelo heliocéntrico como modelo completo, superando las limitaciones del modelo heliocéntrico expuesto por Copérnico.



Acuarelas de Galileo con las distintas fases lunares en las que se observa la irregularidad de los terminadores lunares.

¹⁸ RIOJA, A, ORDÓÑEZ, J., *Teorías del universo I: De los pitagóricos a Galileo*. Madrid: Editorial Síntesis, 1999, p. 239.

¹⁹ *Ibíd.*, p. 239.

²⁰ El terminador es la línea divisoria entre la parte iluminada y la parte en sombra de un cuerpo celeste, es decir, la línea divisoria que marca la separación entre el día y la noche.

²¹ *DIDACTALIA.net*. [en línea]. [Fecha de consulta: 13 de junio de 2019] Disponible en internet: <https://didactalia.net/comunidad/materialeducativo/recurso/fases-de-la-luna-galileo-galilei/0540be02-b2d1-40ff-8453-79f49e4e3161>

3.3 Evidencias del sistema heliocéntrico

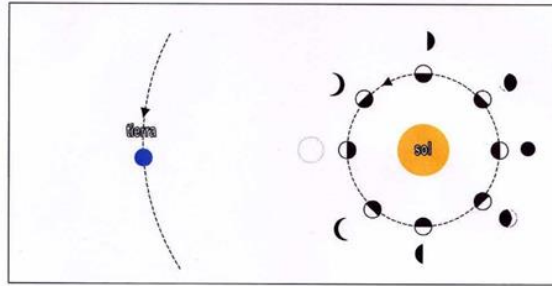
Al igual que mediante el uso del telescopio Galileo descubrió irregularidades en la orografía lunar también lo hizo en el Sol, uno de los componentes más importantes dentro del perfecto e inmutable sistema ptolemaico. Galileo apreció una serie de manchas oscuras en el Sol que no eran atribuibles ni a fenómenos atmosféricos que tuvieran lugar en la región sublunar ni a eclipses parciales debidos a la interposición de Venus, Mercurio u otros pequeños planetas desconocidos²². Pese a que hacerlo supone muchos problemas, Galileo ubica estas manchas en la superficie solar, lo cual lleva a equiparar a la Tierra y al Sol en lo referente a la mutabilidad. Otro aspecto inusual del Sol que observa Galileo es el cambio de posición de sus manchas periódicamente. La explicación a este fenómeno se da atribuyendo al Sol movimiento de rotación. Esta hipótesis la defienden tanto Galileo como Kepler, y resulta muy conveniente a la hora de edificar un sistema heliocéntrico, ya que de esta manera se daría cierta correlación entre la rotación solar y el movimiento de los planetas, implicando que estos últimos giran alrededor del Sol.

La principal evidencia con que contaba Galileo para demostrar que el movimiento de los planetas se produce alrededor del Sol eran las fases de Venus. Solo suponiendo que Venus gira alrededor del Sol se pueden explicar las variaciones que se dan en su iluminación y tamaño. Esto se ve reflejado de una manera muy clara en el texto de Ana Rioja y Javier Ordóñez:

“Cuando Venus se halla en su posición más alejada de la Tierra, se muestra redondo y pequeño; en cambio, cuando la distancia se acorta, crece de tamaño y su figura se asemeja a la de una hoz. Si la órbita de este planeta estuviera contenida dentro de la del Sol, como creía Ptolomeo, entonces Venus se mostraría siempre menor de medio círculo.”²³

²² RIOJA, A, ORDÓÑEZ, J., Teorías del universo I: De los pitagóricos a Galileo. Madrid: Editorial Síntesis, 1999, p. 244.

²³ *Ibíd.*, p. 245.



24

Esquema explicativo de las fases de Venus.

Otro de los argumentos que Galileo articula con el objetivo de falsar el sistema geocéntrico son los satélites de Júpiter. Mediante la observación con el telescopio es muy fácil establecer que estos orbitan alrededor de Júpiter y no de la Tierra. Este hecho tiene dos consecuencias, la primera es que no es descabellado ni mucho menos comenzar a plantearse que la Luna sea un satélite de la Tierra y no una esfera que separa a esta de Mercurio²⁵, la segunda es que hay varios centros de rotación, tal como establecía la teoría de Copérnico. Este conjunto de observaciones y argumentos llevó a Galileo a decir que se debe aceptar que los satélites giran alrededor de los planetas y que estos últimos lo hacen en torno al Sol.

Por muy convincentes, sólidos e irrefutables que puedan parecer los argumentos ofrecidos por Galileo para defender el heliocentrismo, fueron descartados por muchos de sus contemporáneos. Pero se había encendido la chispa de la revolución que acabaría con el modelo ptolemaico, este ya no podía ser defendido desde el dogmatismo sin enfrentarse a los nuevos descubrimientos de Galileo, en cambio el modelo heliocéntrico había dejado de ser algo simplemente teórico y sin fundamentación en la naturaleza.

3.4 El descubrimiento de Kepler-90

La revolución astronómica que inició Galileo al dar la razón al sistema copernicano que terminó por sustituir al obsoleto sistema ptolemaico puede tener su eco en la actualidad a partir de un descubrimiento realizado por la NASA. La conocida agencia

²⁴ OBSERVATORIO DELA PLATA.edu. [en línea]. [Fecha de consulta: 14 de junio de 2019] Disponible en internet: <http://fcaglp.fcaglp.unlp.edu.ar/extension/preguntas/venus.html>

²⁵ RIOJA, A, ORDÓÑEZ, J., Teorías del universo I: De los pitagóricos a Galileo. Madrid: Editorial Síntesis, 1999, p. 244.

espacial estadounidense hizo público mediante una rueda de prensa el descubrimiento de un sistema solar conformado por 7 exoplanetas²⁶, el sistema Kepler-90. Pero este sistema no tardó mucho en ampliar el número de planetas que orbitan alrededor de Kepler-90, y el 14 de diciembre de 2017 la NASA desveló el descubrimiento de un octavo planeta. De esta manera este sistema estaría formado por el propio Kepler-90, que ocuparía la posición del Sol en nuestro sistema solar, y los planetas Kepler-90 b, Kepler-90 c, Kepler-90 d, Kepler-90 e, Kepler-90 f, Kepler-90 g, Kepler-90 h y el último en incorporarse Kepler-90i. La nomenclatura de estos planetas viene dada por su cercanía a Kepler-90, siendo Kepler-90b el más cercano y Kepler-90i el más lejano. El interés de este descubrimiento no radica tanto en el hecho del descubrimiento en sí, ya que es un sistema que se encuentra a 2.545 años luz de la de la Tierra. El sistema Kepler-90 resulta fascinante por dos aspectos principales, el primero es que es el primer sistema conocido que comparte las características del nuestro al estar formado por ocho planetas, el segundo es el modo en que los planetas que orbitan en torno a Kepler-90 han sido descubiertos.

El descubrimiento de los exoplanetas de Kepler-90 está sustentado en los datos recogidos por el telescopio Kepler, del que toma nombre el sistema, a lo largo de 4 años de observaciones celestes. Pero estos datos no serían más que cifras inconexas en un monitor sin la intervención de dos aspectos fundamentales: el aprendizaje automático de Google y la carga teórica de la observación, a la que antes hicimos mención. Pero vayamos paso a paso.

El aprendizaje automático es una rama dentro de la inteligencia artificial que permite a una máquina ser capaz de adquirir conocimiento de manera autónoma²⁷, lo que lejos de confirmar los tintes distópicos de Hollywood, ha hecho posible el análisis de la ingente cantidad de datos acumulados por el telescopio Kepler. El telescopio debía aprender a distinguir las oscilaciones en el brillo de una estrella debido a la interferencia de un planeta entre la estrella y el punto de observación, lo que se expresa en gráficos como el siguiente:

²⁶ Planetas que orbitan alrededor de una estrella distinta al Sol.

²⁷ STENZEL, W. *Artificial Intelligence, NASA Data Used to Discover Eighth Planet Circling Distant Star*. [en línea] Estados Unidos: NASA [Fecha de consulta: 18 de junio de 2019] Disponible en internet: <https://www.nasa.gov/press-release/artificial-intelligence-nasa-data-used-to-discover-eighth-planet-circling-distant-star>

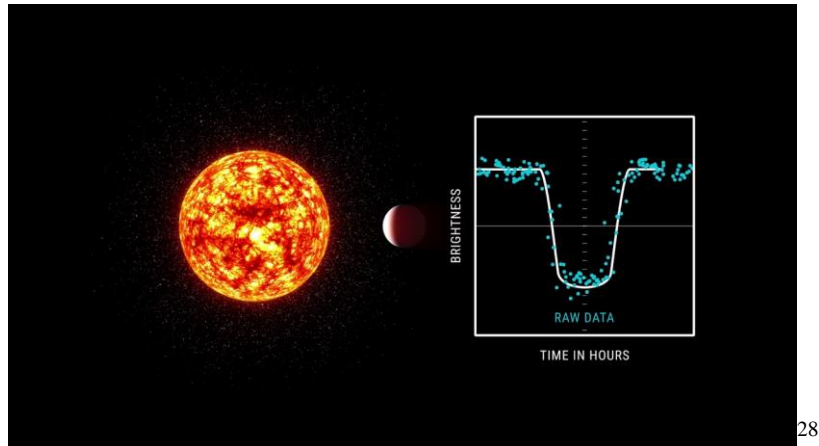


Imagen en que se muestra la gráfica asociada al periodo de tránsito de un planeta.

Como hemos podido ver en la imagen anterior, el eje que refleja el movimiento de tránsito de los planetas se divide en dos variables, en el eje de abscisas se representa *time in hours* o tiempo en horas, mientras que en el de coordenadas se representa *brightness* o brillo. Por último los puntos que salpican la gráfica son los *raw data* o datos brutos²⁹. Este método, que es el más común a la hora de detectar exoplanetas, se conoce como método de tránsito, y para lograr que una máquina sea capaz de interpretar estos datos brutos se ideó crear una red neuronal. Una red neuronal supone una técnica de aprendizaje automático basada en el funcionamiento del cerebro, es por ello que la red neuronal obtiene un estímulo y lo va filtrando a través de sus capas “neuronales”, aunque en este caso no hablemos de un auténtico cerebro, hasta ser capaz de identificar el objeto que se ha encontrado³⁰. Pese a que Kepler ha caído en algunos falsos positivos es innegable que está llevando a cabo una tarea de suma importancia en la exploración del espacio.

En cuanto a la relación entre el descubrimiento del sistema Kepler-90 y la carga teórica de la observación, esta es muy clara. Para que el telescopio Kepler pudiese llevar a cabo el análisis de los datos recogidos y ayudar de esta manera a los científicos, antes debió establecerse que estas fluctuaciones luminosas de una estrella eran causadas por la interferencia de un exoplaneta entre la estrella y el punto de observación y no de cualquier otra cosa. Al hablar de interferencia entre un exoplaneta y una estrella podemos imaginar para entenderlo de una forma más clara un eclipse solar, al igual que cuando la Luna se

²⁸ Ibid.

²⁹ DOTSON, J. STENZEL, W. *Briefing Materials: Artificial Intelligence and NASA Data Used to Discover Eighth Planet Circling Distant Star* [en línea] Estados Unidos: NASA [Fecha de consulta: 18 de junio de 2019] Disponible en internet: <https://www.nasa.gov/ames/kepler/briefing-materials-eighth-planet-circling-distant-star-discovered-using-artificial-intelligence>

³⁰ Ibid.

interpone entre la Tierra y el Sol podemos observar como el Sol “se oculta” tras la Luna y su luz disminuye, cuando un exoplaneta pasa por delante la estrella en torno a la que orbita, la luz de esta también disminuye. Sabiendo esto encontramos que los datos de Kepler son inservibles sin una formación teórica que permita interpretarlos de manera correcta. El descubrimiento de Kepler-90 no deja de ser un asombroso logro de la ciencia que surge de combinar la carga teórica de la observación con la vanguardia tecnológica, como es la inteligencia artificial desarrollada por Google.

4. Discusión y posicionamiento

Las evidencias que presentó Galileo para apoyar al sistema copernicano condujeron a un profundo debate dentro de la comunidad científica, ya que estas no solo iban en contra de un sistema de organización planetario que llevaba siglos manteniendo su hegemonía, sino que el hecho de aceptar el sistema copernicano como válido significaba falsar toda la física aristotélica. A continuación, expondré las principales críticas que se le achacaron a Galileo y cómo estas fueron solventadas. En lo referente a Kepler-90 no se ha generado un debate en torno a su descubrimiento, sino que ha sido aceptado como un logro de la ciencia actual y el desarrollo de las nuevas tecnologías, pero también expondré en este punto las razones que han motivado este hecho así como la evolución de la práctica científica “clásica” hacia la Tecnociencia.

4.1 ¿Hasta qué punto es fiable el telescopio?

Las tesis de Galileo parten de la observación mediante el telescopio, esto nos lleva a preguntarnos hasta qué punto son fiables sus observaciones y por tanto las teorías basadas en estas. En palabras de Ana Rioja y Javier Ordóñez:

“El verbo ver tiene un sentido mucho menos inmediato que el habitual cuando se interpone una lente entre el ojo y el objeto, pues en ese caso ha de ‘interpretarse’ lo que se ve de un modo que depende estrechamente tanto de la teoría óptica en la

que se sustenta la construcción del aparato, como de la teoría astronómica en cuyo marco se opta por explicar nuevas observaciones”³¹

Esta necesidad de interpretación de las observaciones de Galileo, unida a los diferentes tipos de aberraciones ópticas (esférica, de coma, astigmatismo, de Petzval, distorsión y cromática) que se pueden dar en las lentes, hizo que muchos científicos y estudiosos de la época cuestionaran la veracidad de las observaciones de Galileo. A esta duda razonable sobre la fiabilidad de los telescopios se unió Kepler, que consideraba que las aberraciones esférica y cromática provocaban una visión poco clara y que por tanto debían ser mejoradas a partir de la reflexión teórica. Tampoco ayudó que las observaciones de Galileo se plasmaran en láminas realizadas por él mismo, ni que en Londres Thomas Harriot, también astrónomo, observara con el telescopio líneas quebradas que separaban las zonas oscuras de las claras pero nos las interpretase como irregularidades en la orografía lunar.

El debate acerca de las observaciones de Galileo está marcado por la carga teórica de la observación, y haciendo un enfoque de este debate desde la perspectiva del concepto acuñado por Norwood Russell Hanson alcanzaremos una visión más profunda del mismo. La carga teórica de la observación establece que las observaciones siempre están influenciadas de alguna manera por la teoría. Si entramos en detalles, la carga teórica sería una de las condiciones de posibilidad de la observación, ya que el observador no puede simplemente observar todo lo que ocurra a su alrededor y a partir de esa ingente cantidad de datos establecer una teoría. La carga teórica de la observación determina por ejemplo qué datos será útil recoger. El problema sucede cuando la observación puede verse tan influida por la teoría que los datos recogidos se adecúan a esta para hacer que ambas encajen. En el caso de Galileo, el pensador italiano primero observaba, luego imaginaba y finalmente experimentaba o medía. Esto significa que entre las observaciones que habían motivado su investigación y aquellas mediciones u observaciones específicas para el experimento, había una etapa intermedia de decisión o imaginación de qué curso de acción tomar en la investigación. Por lo tanto, con estas etapas no se cumpliría con los deseos de Bacon para el investigador ejemplar, ya que Galileo no probaba sus hipótesis mediante la experimentación, o al menos no mediante la experimentación estricta defendida por Bacon. Este proceso en las investigaciones de

³¹ RIOJA, A, ORDOÑEZ, J., *Teorías del universo II: De Galileo a Newton*. Madrid: Editorial síntesis, 1999, p. 18.

Galileo también provocó que muchos de sus contemporáneos rechazaran sus teorías al creer que las interpretaciones de Galileo eran lo que él quería que fueran.

4.2 El debate con los aristotélicos

Uno de los peores adversarios con los que se topó Galileo a la hora de demostrar el heliocentrismo fue el aristotelismo, que se encontraba en una posición privilegiada al contar con el apoyo de la tradición, la autoridad y lo más importante, el sentido común³².

El ataque de los aristotélicos hacia el heliocentrismo se fundamentaba principalmente, sin la sofisticación que se les concedía en la época de Galileo, en la idea de que si la Tierra se moviese dicho movimiento afectaría a los fenómenos que se dan en la superficie terrestre. Las consecuencias de dichos movimientos se exponen de una manera muy clara en los Estudios de historia del pensamiento científico de Alexandre Koyré:

- La formidable velocidad del movimiento rotativo provocaría una fuerza centrífuga que haría que todos los cuerpos que no estuviesen unidos a la Tierra saliesen despedidos lejos de ella³³
- El movimiento de la Tierra obligaría a los cuerpos que no estuviesen ligados a ella como los pájaros, las nubes o cuerpos lanzados al espacio entre otros a quedarse atrás. De esta manera un objeto arrojado desde lo alto de una torre nunca caería al pie de esta, ni un objeto lanzado perpendicularmente caería en el mismo sitio desde donde ha sido lanzado, ya que durante su vuelo la superficie terrestre ya se habría desplazado y se encontraría en otro lugar³⁴.

Aunque desde nuestra perspectiva actual estos argumentos puedan parecer pobres o ingenuos como mínimo, dentro de la física aristotélica tenían sentido, y en la época de Galileo estos tenían el apoyo de la gran mayoría de los teóricos y científicos. Para enfrentarse a estos argumentos Galileo es consciente de que tiene que hacer llegar a individuos sin formación matemática conceptos muy complejos, y se da cuenta de la

³² KOYRÉ, A. *Estudios de historia del pensamiento científico*. Madrid: Siglo XXI de España editores, 1983, p. 193.

³³ *Ibíd.*, p. 186.

³⁴ *Ibíd.*, p. 186, 187.

necesidad de simplificarlos mediante ejemplos, ejemplos muy simples que apelan al sentido común. Uno de estos ejemplos es el de que suponiendo que la física aristotélica y ptolemaica estuviesen en lo cierto un caballero que lanza su jabalina al aire volvería a cogerla de nuevo, algo que intuitivamente se presenta imposible. Esta simplificación de los principios del movimiento unida al uso del diálogo como formato de su obra, hizo del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* una obra de gran repercusión.

Lo que Galileo pretende demostrar es el principio físico que falsa los argumentos aristotélicos expuestos en los párrafos anteriores, es decir, el principio de la relatividad física del movimiento. Para introducir este principio Galileo se vale del ya famoso ejemplo de la bola arrojada desde el mástil de un navío. El principio de la relatividad del movimiento establece que la percepción y la medida de las magnitudes físicas varían en función al sistema de referencia escogido. Este principio aplicado al ejemplo anterior significaría que no es lo mismo observar la caída de la bola desde fuera del navío, en cuyo caso esta hará una parábola, que desde dentro del navío, en donde la bola caerá en vertical. Cuando Galileo establece este principio ya ha herido de muerte tanto a la física aristotélica dominante en la época como al sistema ptolemaico, y aunque no será hasta años más tarde, los planteamientos de Galileo Galilei harán que el heliocentrismo acabe por sustituir al geocentrismo. En otras palabras, provocará que Copérnico gane a Ptolomeo en la batalla por establecer un sistema del cosmos.

4.3 De la Pequeña Ciencia a la Gran Ciencia

Desde los tiempos de Galileo la práctica científica ha avanzado mucho en todos sus ámbitos, para empezar, los descubrimientos científicos que se dan en la actualidad ya no los realiza un solo hombre que vive aislado de una manera muy similar a la de un ermitaño y que tiene que luchar continuamente con la censura eclesiástica. Tampoco se mantiene en la actualidad un realismo “ingenuo”, que era el principal causante de que se criticara a la carga teórica de la observación al ser una mediación que permite discernir lo no observable a simple vista. Es necesario hablar del cambio que se ha dado en la práctica científica para poder entender cómo no hay debate en torno al descubrimiento de Kepler-90. A diferencia de los descubrimientos de Galileo, que en un principio fueron

ampliamente criticados, Kepler-90 ha sido aceptado por la comunidad científica como un logro de la ciencia moderna y el desarrollo tecnológico.

El descubrimiento de Kepler-90 es fruto de la diferenciación entre Gran Ciencia y Pequeña Ciencia³⁵. Hasta la Segunda Guerra Mundial la práctica científica se había limitado a pequeños grupos de investigación privados regentados por la academia que eran financiados mediante la inversión privada, un perfecto ejemplo de esto puede ser el Circulo de Viena, pero a partir de los sucesos que sacudieron Europa durante los años cuarenta surge una nueva forma de hacer ciencia que si no es más ambiciosa, sí que está más instrumentalizada. La necesidad de las potencias beligerantes de superar a sus enemigos en el terreno militar llevó a los gobiernos de dichas naciones a apostar por la investigación científica en el ámbito armamentístico, para ello construyeron infraestructuras, invirtieron millones e incluso “reclutaron” a científicos de otros bandos como es el caso de Wernher von Braun, que pasó de construir los misiles v1 y v2 para Hitler a desarrollar misiles balísticos para Estados Unidos. Es necesario puntualizar que aunque la Segunda Guerra Mundial supone el punto de inflexión que da lugar a la Macrociencia, ya se habían producido periodos macrocientíficos anteriormente, en la Primera Guerra Mundial por ejemplo, motivados también por el deseo de superar al enemigo en el campo de batalla.

La principal diferencia entre la Macrociencia que se da durante la Primera Guerra Mundial y la que se da durante la segunda queda reflejada en el informe redactado por Vannevar Bush en 1945 titulado *Science, the Endless Frontier*. En dicho informe Bush insiste en los beneficios de no dismantelar la estructura macrocientífica que se había creado una vez acabase el conflicto, tal y como se hizo una vez finalizada la Primera Guerra Mundial³⁶. En el informe de Bush se expone que “la investigación básica es el motor de la innovación tecnológica y que esta, con ayuda de la industria y de las agencias estatales, es condición necesaria para el progreso económico y social de un país, así como para la seguridad nacional.”³⁷. De esta manera, la práctica científica pasa de estar orientada hacia los fines clásicos de la ciencia moderna como el descubrimiento de la verdad o el dominio de la naturaleza y pasa a convertirse en un instrumento utilizado para

³⁵ SÁNCHEZ, J. M. *Falsos Mitos: ciencia versus tecnología*. Madrid: Fundación Repsol, 1998, p. 36.

³⁶ ECHEVERRÍA, J. *La revolución tecnocientífica*. Madrid: Fondo de Cultura Económica de España, 2003, p. 28.

³⁷ *Ibíd.*, p. 28.

“garantizar el predominio militar, político, económico y comercial de un país.”³⁸ De esta manera Bush desarrolla una nueva forma de producción de conocimiento cuyo elemento vertebrador es la instrumentalización del mismo, poniéndolo al servicio de los Estados.

Esta nueva forma de producir conocimiento y llevar a cabo la práctica científica que es la Macrociencia está marcada por una serie de características bastante concretas:

- Inyección económica gubernamental: las necesidades suscitadas por la Segunda Guerra mundial hicieron que los gobiernos se interesaran por la práctica científica, lo que les llevó a invertir millones en proyectos de investigación. Esto rompía con la tradición del siglo XIX e inicios del siglo XX, en los que la práctica científica estaba monopolizada por las comunidades científicas. Es destacable el caso de Estados Unidos, que en el momento en que comienza la Segunda Guerra Mundial está por detrás en lo que se refiere a investigación básica respecto a otras potencias europeas como Alemania³⁹. Para paliar esta situación en pocos años e igualar a las potencias europeas crean centros de investigación como el MIT, Berkley o Los Alamos, este último fue el encargado de llevar a cabo el proyecto Manhattan, que tuvo como resultado las primeras bombas atómicas.

- Interdisciplinariedad: el desarrollo de macroproyectos científicos requiere de expertos en diversos ámbitos, por lo que abarcan científicos, técnicos e ingenieros, además de entidades financiadoras. Esta interdisciplinariedad, no exenta de problemas, también respondía al hecho de que los objetivos de los inversores debían ser satisfechos. Normalmente estos inversores eran “el Ejército, la Armada y la Aviación”⁴⁰, e integraban a sus propios científicos e ingenieros en los proyectos para salvaguardar su inversión e intereses. Mirando un poco más allá de los intereses de los inversores, la interdisciplinariedad también permite una investigación mucho más completa y objetiva, algo que se aproxima a la noción de experiencia intersubjetiva que defendía la Concepción Heredada.

- Contrato social de la ciencia⁴¹: la ciencia académica se fusionó con un entramado empresarial en la que la primera pasaba a tener el rol de una subcontrata al servicio del gobierno, por lo que pasó a formar parte de la “industria

³⁸ *Ibíd.*, p. 28.

³⁹ *Ibíd.*, p. 30

⁴⁰ *Ibíd.*, p. 31

⁴¹ *Ibíd.*, p. 31

de I+D”⁴². Esto hizo que se abandonara la clásica visión de una ciencia hecha por científicos, ya que estos seguían teniendo una labor cuya importancia era innegable pero eran coordinados por los agentes financiadores, que determinaban los campos de investigación, administraban los recursos y gestionaban el personal. Tratando de resumir esto podemos decir que la ciencia sufrió un proceso de industrialización que se conoce como contrato social de la ciencia. Este contrato social de la ciencia se da entre “científicos, ingenieros, políticos, militares y corporaciones industriales”⁴³.

- Militarización de la Macrociencia: con la injerencia del ejército en los laboratorios la práctica científica abandonó algunas de las características de la ciencia clásica como la publicación de resultados, ya que la mayoría de las investigaciones que se estaban realizando durante el periodo de la Segunda Guerra Mundial debían mantenerse en secreto. De esta manera, la ciencia adopta nuevos valores: “secreto, disciplina, lealtad, patriotismo, etc.”⁴⁴. Esto no significa que los resultados de la investigación científica dejaran de repercutir en la sociedad, ya que aunque el desarrollo de estos estaba guiado por fines militares también fueron utilizados por civiles posteriormente, ejemplos de esto pueden ser el radar, o décadas después el propio internet. También cabe mencionar que una vez finalizada la Segunda Guerra Mundial la militarización de la ciencia dejó de englobar a toda la práctica científica pero se mantuvo en activo en algunos laboratorios, esto se puede ver claramente en el periodo de la Guerra Fría, durante en el que sin haber una guerra oficialmente declarada Estados Unidos siguió financiando la investigación con fines militares para competir en una carrera armamentística con la URSS.

- Relación entre política y Macrociencia: muchos científicos pasan a ocupar cargos de poder en los gobiernos, y se les asigna la tarea de ser el “enlace” entre los laboratorios y el poder, regulando de esta manera las investigaciones que se llevaban a cabo en los primeros. Este hecho supone la unión entre ciencia y poder, tanto militar y gubernamental como económico.

- La agencia de la Macrociencia: esta característica de la Macrociencia puede ser la que mejor expresa la evolución que ha sufrido la ciencia desde que la

⁴² *Ibíd.*, p. 31

⁴³ *Ibíd.*, p. 31

⁴⁴ *Ibíd.*, p. 32.

practicaba Galileo con su telescopio hasta nuestros días, en los que utilizamos telescopios que orbitan alrededor de nuestro planeta, como Kepler. Para satisfacer los grandes programas macrocientíficos, se han debido combinar las fuerzas de varios científicos, lo que nos lleva a decir que “el sujeto de la ciencia devino plural, rompiéndose con el tradicional individualismo epistemológico”⁴⁵. Esto crea un enorme contraste si imaginamos a Galileo observando el firmamento en su solitario laboratorio e imaginamos posteriormente el proceso que llevó al descubrimiento de Kepler-90, en el que se vieron implicados ingenieros, técnicos, astrónomos, científicos e informáticos, aparte de sus descubridores Christopher Shallue y Andrew Vanderburg.

4.4 De la Gran Ciencia a la Tecnociencia

En los párrafos anteriores he analizado como de la Pequeña Ciencia, que se identifica con la concepción clásica de la ciencia en la que se persiguen objetivos como la búsqueda de la verdad y el dominio de la naturaleza y en la que podemos ubicar a Galileo, se pasó a la Gran Ciencia, en la que el conocimiento se instrumentaliza y se pone al servicio de los estados. En este apartado explicaré cómo la Macrociencia ha dado paso a la Tecnociencia, dentro de la cual podemos ubicar el descubrimiento de Kepler-90.

Antes de comenzar a hablar del propio concepto de Tecnociencia es necesario puntualizar que aunque autores como Bruno Latour defiendan que en la actualidad toda la ciencia es Tecnociencia, esta afirmación no es correcta. Y es que al igual que la irrupción de la Macrociencia en el siglo XX no impidió que se siguiera haciendo Pequeña Ciencia, en la actualidad la Tecnociencia no ha devorado a la Ciencia y la Tecnología como disciplinas independientes⁴⁶, aunque esta tenga un gran peso.

La Tecnociencia introduce varias novedades con respecto a la Macrociencia, siendo la primera de esta la indisoluble relación que se da entre ciencia, tecnología y sociedad. Al hablar de indisoluble relación hago referencia a que al igual que la Macrociencia estaba guiada por valores como el secretismo y la utilidad militar, y solo en algunos casos las

⁴⁵ *Ibíd.*, p. 34.

⁴⁶ *Ibíd.*, p. 43.

innovaciones y descubrimientos repercutían en la sociedad, en el caso de la Tecnociencia, la sociedad y el aumento de su bienestar en la meta perseguida por los científicos. Pero estos avances tecnocientíficos no se entregan de manera gratuita a la sociedad, entramos aquí en otras de las principales características de la Tecnociencia, su estructura financiera⁴⁷. Este hecho es expresado con claridad por Javier Echeverría en su obra *La revolución tecnocientífica*:

“Con la llegada de la tecnociencia los valores más característicos del capitalismo entraron en el núcleo mismo de la actividad científico-tecnológica. El enriquecimiento rápido, por ejemplo, que tradicionalmente había sido ajeno a las comunidades científicas, pasó a formar parte de los objetivos de las empresas tecnocientíficas [...] Aunque los valores clásicos de la ciencia mantuvieron su presencia a la hora de investigar, las empresas de I+D+i no tenían como objetivo la generación de conocimiento, sino la innovación tecnológica y su capitalización en el mercado.”⁴⁸

Otra característica propia de la Tecnociencia, quizá la más importante de ellas es la prácticamente total interdependencia que se da entre ciencia y tecnología⁴⁹. Estas se retroalimentan de tal manera que si los científicos buscan producir nuevo conocimiento han de llevar a cabo acciones que sin apoyo tecnológico serían inviables. Paralelamente las innovaciones técnicas han de estar basadas en el conocimiento científico⁵⁰. Volvamos a pensar en el descubrimiento de Kepler-90. Sin el avance tecnológico que supone el propio telescopio Kepler y la red neuronal de aprendizaje de Google habría sido imposible observar las fluctuaciones en la luminosidad de Kepler-90. A su vez, las observaciones realizadas por este telescopio no habrían tenido ninguna utilidad sin una base de conocimiento científico que las interpretase. A mi parecer Kepler-90 es el perfecto ejemplo de cómo en la Tecnociencia “la ciencia es requisito de la tecnología y la tecnología de la ciencia”⁵¹

La diferencia entre los descubrimientos de Galileo y Kepler-90 no radica en otra cosa que en el momento histórico en que fueron realizadas, sin duda la ciencia ha avanzado desde el siglo XVII hasta el XXI, y con ella los criterios de justificación que se exigen a

⁴⁷ *Ibíd.*, p. 65.

⁴⁸ *Ibíd.*, p. 65.

⁴⁹ *Ibíd.*, p. 66.

⁵⁰ *Ibíd.*, p. 66.

⁵¹ *Ibíd.*, p. 66.

las teorías científicas. Para darnos cuenta de esto nos bastaría con imaginar a un científico que en el siglo XVII hubiera hecho público el descubrimiento de una serie de exoplanetas mediante el método de tránsito, obviando el hecho de que esto sería imposible con los instrumentos de observación de aquella época, dicho científico no habría sido más que un loco mirando a través de un telescopio la inmensidad del espacio. Galileo se enfrentó a una férrea oposición influenciada por la tradición del sistema ptolemaico, además de la novedad que significaba la observación a través del telescopio, que para el resto de la comunidad científica era una suerte de engaño mediante el que Galileo interpretaba de la manera en que más le convenía lo que observaba. En 2017 la combinación de ciencia, tecnología y la carga teórica de la observación además de otros factores como la inversión en I+D han hecho posible que el “observar” elementos que son invisibles a simple vista sea aceptado como un logro de la ciencia moderna. Me gustaría llegados a este punto recalcar que las observaciones de Galileo resultan mucho más fáciles de asumir que las del telescopio Kepler, y aun así generaron una mucho mayor controversia. Que en la actualidad seamos capaces de aceptar como cierto el descubrimiento de elementos “invisibles” es un logro de vital importancia que debemos valorar como lo que es, la cristalización de una nueva manera de hacer ciencia que combina conceptos clásicos como la carga teórica de la observación, la propia observación, y la Tecnociencia.

5. Conclusión

A lo largo de este trabajo he tratado de exponer una serie de premisas claras. La primera de ellas no es otra que el hecho de que la experiencia sensible esta cargaba de teoría ya sea para bien o para mal. Y lo realmente importante de ello es ser conscientes de la presencia de esta carga teórica para que sea un elemento que ayude a la producción de conocimiento y no sea un elemento que enturbie los frutos de la ciencia.

También quiero poner de relieve el carácter posibilitador de la carga teórica de la observación, que pese a haber sido considerada como un elemento residual y nocivo al poder ser utilizada para “ver lo que se quiere saber” no cabe duda de que le debemos indudables avances. Me atrevería a decir incluso que en la actualidad esta ha cobrado una mayor importancia en la medida en que la Tecnociencia nos permite el estudio y análisis

de elementos que antes, ya sea por deficiencias teóricas o técnicas nos había sido imposible estudiar. Es por esto que he hecho hincapié en el descubrimiento de Kepler-90, al que considero, aunque sea una afirmación arriesgada, el inicio de una revolución científica que nos conducirá no al control de la naturaleza, objetivo prioritario de la ciencia moderna y que ha sido satisfactoriamente alcanzado, sino al control de la naturaleza que en estos momentos no está a nuestro alcance, es decir, el espacio.

Otro punto de interés ha sido la evolución de la ciencia, algo que se ve de manera clara en cómo hemos pasado de una ciencia en la que se da protagonismo a los científicos, quienes tratan de llevar a cabo sus investigaciones solventando problemas como la falta de financiación, medios e instalaciones, además de las presiones que llegaban a ejercer ciertos organismos que regentaban el poder a una ciencia instrumentalizada en la que los gobiernos se interesan por la práctica científica. Esto no es otra cosa que el paso de la Pequeña Ciencia a la Gran Ciencia, que pese a representar en términos generales un enorme espaldarazo para la innovación científica y los propios científicos también esconde ciertas sombras. Quizás hablar de sombras es algo injusto, pero es indudable que los criterios belicistas y economicistas que se han integrado en la práctica científica aunque no lleguen a orientarla por completo no son algo positivo, pero este tema unido a los valores que deberían regir la ciencia es por sí mismo digno de otro trabajo.

En definitiva con este trabajo espero poder haber explicado con claridad cómo la evolución de la ciencia afecta a los conceptos insertos en esta, como la carga teórica de la observación a través del ya mencionado paralelismo histórico entre los descubrimientos de Galileo y Kepler-90.

6. Bibliografía

ATENCIA, J.M, DIÉGUEZ, A. *Tecnociencia y cultura a comienzos del siglo XXI*. Málaga: Universidad de Málaga, 2004.

DIDACTALIA.net. [en línea]. [Fecha de consulta: 13 de junio de 2019] Disponible en internet: <https://didactalia.net/comunidad/materialeducativo/recurso/fases-de-la-luna-galileo-galilei/0540be02-b2d1-40ff-8453-79f49e4e3161>

DOTSON, J. STENZEL, W. *Briefing Materials: Artificial Intelligence and NASA Data Used to Discover Eighth Planet Circling Distant Star* [en línea] Estados Unidos: NASA [Fecha de consulta: 18 de junio de 2019] Disponible en internet: <https://www.nasa.gov/ames/kepler/briefing-materials-eighth-planet-circling-distant-star-discovered-using-artificial-intelligence>

ECHEVERRÍA, J. *Filosofía de la Ciencia*. Madrid: Akal, 1995.

ECHEVERRÍA, J. *La revolución tecnocientífica*. Madrid: Fondo de Cultura Económica de España, 2003.

HANSON, R. N. *Constelaciones y conjeturas*. Madrid: Alianza, 1978.

HANSON, R. N. *Patrones de descubrimiento: Observación y explicación*. Madrid: Alianza Universidad, 1977.

KOYRÉ, A. *Estudios de historia del pensamiento científico*. Madrid: Siglo XXI, 1983.

KUHN, T. *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica de España, 1981.

KUHN, T. *¿Qué son las revoluciones científicas? Y otros ensayos*. Barcelona: Paidós, 1989.

OBSERVATORIODELAPLATA.edu. [en línea]. [Fecha de consulta: 14 de junio de 2019] Disponible en internet: <http://fcaglp.fcaglp.unlp.edu.ar/extension/preguntas/venus.html>

RIOJA, A, ORDÓÑEZ, J., *Teorías del universo I: De los pitagóricos a Galileo*. Madrid: Editorial Síntesis, 1999.

SÁNCHEZ, J. M. *Falsos Mitos: ciencia versus tecnología*. Madrid: Fundación Repsol, 1998.

STENZEL, W. *Artificial Intelligence, NASA Data Used to Discover Eighth Planet Circling Distant Star*. [en línea] Estados Unidos: NASA [Fecha de consulta: 18 de junio de 2019] Disponible en internet: <https://www.nasa.gov/press-release/artificial-intelligence-nasa-data-used-to-discover-eighth-planet-circling-distant-star>

SUÁREZ, M. *Filosofía de la Ciencia: Historia y Práctica*. Madrid: Tecnos, 2019.

VAN FRAASSEN, B. C. *La imagen científica*. México D.F: Paidós, 1996.