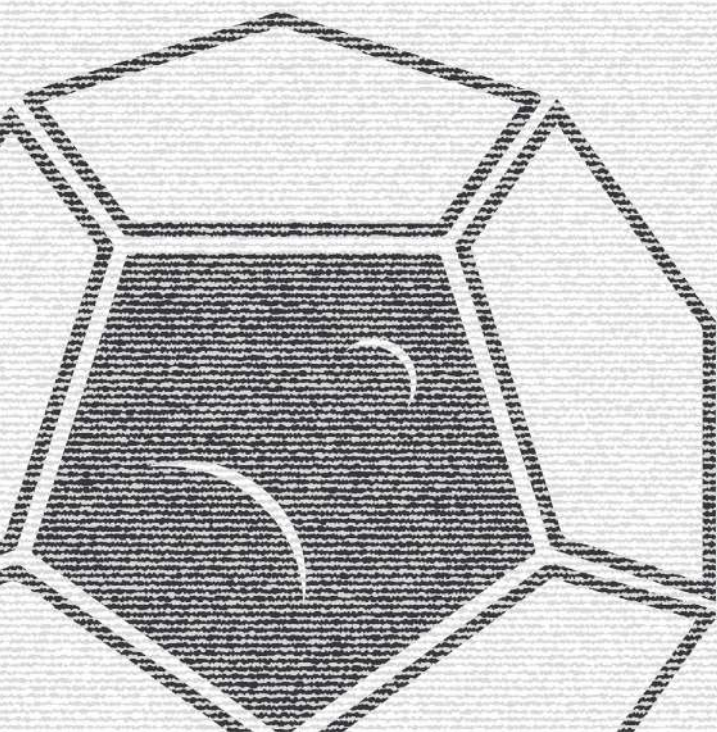


Maximiliano Bozzoli
Luis Salvatico
David Merlo
(Eds.)

Epistemología e Historia de la Astronomía

Volumen I



Epistemología e Historia de la Astronomía

Volumen I

Maximiliano Bozzoli

Luis Salvatico

David Merlo

(Eds.)

**Colecciones
del CIFYH**



Epistemología e historia de la Astronomía / Maximiliano Bozzoli ... [et al.]; compilación de Luis Salvatico; David C. Merlo. - 1a ed. - Córdoba : Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Filosofía y Humanidades, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-33-1721-1

1. Astronomía. 2. Historia. 3. Epistemología. I. Bozzoli, Maximiliano. II. Salvatico, Luis, comp. III. Merlo, David C., comp.
CDD 520.3

Publicado por

Área de Publicaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades - UNC

Córdoba - Argentina

1º Edición


Área de
Publicaciones

Diseño de portadas: Manuel Coll y María Bella

Diagramación: María Bella

Imagen portada: “JEHA (*Jornadas de Epistemología e Historia de la Astronomía*)” (2021), de Maximiliano Bozzoli

2023



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional.



Paradojas en Cosmología

Guadalupe Mettini*

Resumen

Las paradojas pueden caracterizarse como razonamientos en los cuales conclusiones contradictorias se obtienen de premisas aceptables a través de inferencias correctas. Las modificaciones necesarias para evitar o resolver una paradoja física pueden impulsar cambios teóricos conservadores o revolucionarios dependiendo del tipo de modificación requerida para evitar la paradoja en cuestión. En el contexto de la Cosmología es usual que las paradojas comprometan principios teóricos fundamentales. El objetivo de este trabajo es mostrar el rol que los experimentos mentales pueden desempeñar en la identificación y resolución de paradojas cosmológicas. La tesis central es que estos dispositivos pueden contribuir a estos fines porque facilitan la escenificación de las premisas del razonamiento en cuestión y con ello favorecen la detección del origen de la paradoja. Consecuentemente, cuando los experimentos mentales son usados para plantear paradojas pueden favorecer la corrección de una teoría o el abandono de algún principio.

Palabras clave: *Paradojas, cosmología, experimentos mentales, cambio teórico*

Abstract

Paradoxes are arguments in which contradictory conclusions are drawn from acceptable premises through correct inferences. The modifications necessary to avoid or resolve a physical paradox can drive conservative or revolutionary theoretical changes depending on the type of modification required to prevent the paradox. In the context of cosmology, it is usual for paradoxes to compromise fundamental theoretical principles. The aim of this work is to show the role that thought experiments can play in the identification and resolution of cosmological paradoxes. The central thesis is that these devices can contribute to the identification and resolu-

* Universidad Nacional del Litoral (UNL), Argentina.

tion of paradoxes because they facilitate the staging of the premises of the reasoning in question and thus, they favor the detection of the origin of the paradox. Consequently, when thought experiments are used to raise paradoxes, they may aid the correction of a theory or the abandonment of some principle.

Keywords: *Paradoxes, Cosmology, Thought Experiments, Conceptual Change*

Introducción

Las paradojas pueden caracterizarse de manera provisoria como razonamientos en los cuales de premisas aparentemente aceptables se derivan conclusiones contradictorias o inaceptables a través de inferencias correctas. Otra manera genérica de caracterizarlas es como un conjunto de tesis plausibles que implican válidamente una conclusión, también plausible, siendo el conjunto de las tesis y la conclusión, inconsistente. Las estrategias empleadas para lidiar con las paradojas consisten en eliminar o disolver la contradicción entre las premisas y la conclusión identificando la premisa incorrecta o haciendo evidente que la contradicción entre premisas y conclusión es solo aparente.

Las paradojas físicas han sido vinculadas al cambio teórico. Las modificaciones necesarias para evitar o resolver una paradoja física pueden impulsar cambios teóricos conservadores o revolucionarios dependiendo del tipo de modificación requerida para evitar la paradoja en cuestión. Así por ejemplo, una interpretación errónea de los datos puede conducir a una reformulación de una premisa o un hueco en la teoría puede motivar una explicitación ulterior para evitar la contradicción o para mostrar que la misma es solo aparente.

Dado que la experimentación es sumamente difícil o imposible en el contexto de la cosmología y que la información empírica disponible es también difícil de integrar a la escala de los sistemas bajo escrutinio, las paradojas cosmológicas plantean enigmas cuya resolución demanda un alto grado de especulación y sutileza. Estos enigmas, en ocasiones, comprometen principios teóricos fundamentales.

El objetivo de este trabajo es mostrar el rol que los experimentos mentales pueden desempeñar en la identificación y resolución de paradojas cosmológicas. La tesis central es que estos dispositivos pueden contribuir

a la identificación y resolución de paradojas porque facilitan la escenificación de las premisas del razonamiento en cuestión y con ello favorecen la detección del origen de la paradoja. Consecuentemente, cuando los experimentos mentales son usados para plantear paradojas pueden propiciar la corrección de una teoría o el abandono de algún principio teórico. Se argumentará a favor de esta tesis explicitando la naturaleza de las paradojas, sus características en el contexto de la ciencia física y sus rasgos específicos en el contexto de la cosmología. Luego se examinará un caso de estudio, el de la paradoja de Olbers y se ilustrará a partir de su análisis, la tesis exegética del rol de los experimentos mentales en relación con las paradojas.

¿Qué es una paradoja?

Las paradojas han cautivado a los filósofos desde los comienzos de esta disciplina. A partir del desarrollo de la lógica formal se han elaborado numerosas conceptualizaciones y estrategias para tratarlas. No obstante, no existe un acuerdo generalizado sobre su naturaleza. Una caracterización general de las mismas que no asume compromisos lógicos ni epistemológicos severos es la siguiente: una paradoja se produce cuando partir de ciertos supuestos razonables, y de una inferencia aparentemente válida se derivan consecuencias inesperadas o que contradicen el sentido común. Etimológicamente el vocablo griego (παράδοξα) designa una creencia contraria a la opinión común. Otros términos griegos se han vinculado a esta noción, entre ellos: paralogismo, sofisma, aporía, antinomia. La idea que subyace a esta familia de conceptos es que se trata de razonamientos engañosos. La fascinación de los filósofos por las paradojas se debe a que “el culpable” de la contradicción es difícil de atrapar. En estos razonamientos hay un error que no es fácil de detectar: “las apariencias tienen que engañar, ya que lo aceptable no puede conducir con pasos aceptables a lo inaceptable” (Sainsbury, 2009, p. 6).

Quizás las dos paradojas filosóficas más conocidas sean las del Mentiroso y el Barbero. Ambos casos son útiles para ilustrar las peculiaridades de este tipo de razonamiento. El primero, conocido también como la paradoja de Epiménides, puede formularse de la siguiente manera: si alguien afirma “esta oración es falsa”, la oración en cuestión: ¿es verdadera o es falsa? Si la oración es falsa entonces es verdadera (porque quien la afirma miente) y si es verdadera entonces es falsa (porque quien la afirma

dice la verdad). En la versión griega, Epiménedes el cretense, afirma: “Todos los cretenses son mentirosos” ¿Epiménedes miente o dice la verdad? Si miente dice la verdad, si dice la verdad miente.

El segundo caso relata la historia de un barbero que afeita a todos y solo a los que no se afeitan a sí mismos. El barbero en cuestión ¿se afeita o no se afeita a sí mismo? W. Quine formula la paradoja de la siguiente manera: “Todo hombre de este pueblo es afeitado por el barbero si y sólo si no es afeitado por sí mismo. Por lo tanto, en particular, el barbero se afeita a sí mismo si y solo si no se afeita a sí mismo. Nos encontramos entonces con una dificultad si decimos que el barbero se afeita a sí mismo y nos encontramos con otra dificultad si afirmamos que no lo hace.” (Quine, 1974, p. 224). La misma cuestión, formulada en términos de conjuntos, fue planteada por B. Russell en una carta a G. Frege y G. Cantor. De manera simplificada, la paradoja es la siguiente: el conjunto de todos los conjuntos que no son miembros de sí mismos ¿es un miembro de sí mismo?

Si es miembro de sí mismo no es miembro de sí mismo. Si no es miembro de sí mismo, es miembro de sí mismo. Esta paradoja parece resolverse de la misma manera que el enigma del barbero, esto es, negando que pueda existir tal conjunto. No puede existir el conjunto de todos los conjuntos que no son miembros de sí mismos, como parece que no puede existir un barbero contradictorio (que se afeita así mismo si y solo si no se afeita a sí mismo). La paradoja de Russell mostró un error fatal para el axioma de la comprensión formulado por Cantor a partir el cual se plantea la paradoja (este es: para cualquier condición hay un conjunto de objetos que satisfacen esta condición) e impulsó el desarrollo de la teoría de los tipos. Este caso muestra elocuentemente cómo las paradojas pueden motivar transformaciones profundas dentro de una disciplina científica. El caso incluso ha sido tomado como objeto de disputa en la discusión filosófica en torno al realismo matemático. Para algunos el episodio puede ser usado como argumento para sostener que no hay intelección de verdades matemáticas. Para los defensores del realismo matemático, sin embargo, el caso puede ser interpretado como un caso de intuición falible de verdades matemáticas:

La paradoja de Russell, como señalé anteriormente, provocó una revisión de un axioma (o al menos un axioma implícito; la paradoja se descubrió antes de que la teoría de conjuntos fuera axiomatizada oficialmente). Pero hizo más que eso. También condujo a la revisión del concepto de conjun-



to. Cantor dijo que un conjunto es “cualquier colección en todo M de objetos definidos y distintos $m...$ ” (1895, p. 85). Esto claramente no funciona como una concepción de conjunto ya que conduce al conjunto de Russell y luego a las paradojas. Actualmente, la idea reinante es la “concepción iterativa de conjunto” (...). El pensamiento “conjunto de todas las cosas que no son miembros de sí mismas”, aunque es legítimo en la concepción de un conjunto de Cantor, está descartado en la concepción iterativa. Los teóricos de conjuntos contemporáneos todavía están en el aire sobre la concepción adecuada de conjunto. Este es un claro caso de cambio conceptual. El falibilismo involucrado es el de tener el concepto equivocado no el falibilismo de tener creencias equivocadas sobre el concepto correcto (Brown, 2008, p. 24)

Estos ejemplos muestran la relevancia de las paradojas para el desarrollo de las disciplinas científicas y su importancia para el análisis filosófico y la comprensión de la naturaleza del razonamiento científico.

Paradojas físicas

En Física, una paradoja puede caracterizarse como un razonamiento en el cual supuestos aparentemente aceptables conducen por deducciones aparentemente válidas a una aparente contradicción (Aharonov & Rohrlich, 2005, p. 2). Hay básicamente tres maneras de abordar a las paradojas físicas, las tres consisten en estrategias para eliminar o disolver la contradicción. Si se considera que las premisas que constituyen una paradoja son individualmente plausibles pero mutuamente inconsistentes, entonces es preciso identificar la premisa errónea y abandonarla. Si no es posible abandonar ninguna premisa entonces o bien debe haber un error en la inferencia que necesita ser explicitado o bien la contradicción entre las premisas es solo aparente. Siguiendo este criterio de distinción, algunos autores han clasificado a las paradojas en Física (entre ellos: Sorensen, 2003; Rescher, 2001; Cuicic, 2009). La gravedad del elemento a corregir se ha vinculado a diferentes transformaciones que deben ser operadas en las teorías físicas dentro de las cuales aparecen: una interpretación errónea de datos puede conducir a una reformulación de una premisa que fue identificada como errónea, un hueco en la teoría puede requerir de una explicitación ulterior para evitar la contradicción o para mostrar que la misma es solo aparente. Las modificaciones necesarias para evitar la paradoja pueden implicar cambios teóricos conservadores o revolucionarios.

Estas no son las únicas clasificaciones posibles de las paradojas físicas. Otras taxonomías atienden al área de conocimiento de la Física dentro de la cual se plantean las paradojas (habría paradojas en Mecánica cuántica, Relatividad, etc.) y en otros casos se distingue a las paradojas teniendo en cuenta si se originan en la investigación empírica, en el formalismo matemático o si se deben a idealizaciones. Lo que estas clasificaciones tienen en común es la idea de que las paradojas producen una suerte de disonancia cognitiva.

En un texto reciente, Cuicic (2021) señala que las paradojas físicas aparecen con mayor frecuencia en “situaciones críticas”, cuando se forma una nueva visión paradigmática de la física; en una “crisis” de la opinión estandarizada. Las paradojas en física pueden diferir en relevancia, dependiendo de cuán aceptadas sean y cuán extendida sea su explicación física. Por lo tanto, se pueden crear paradojas dentro de teorías no confirmadas, dentro de las teorías aceptadas o como resultado de la investigación empírica o la experimentación. Asimismo, dado que la característica principal de las paradojas es que su conclusión es una contradicción, son indicadores útiles de que hay algo erróneo dentro de las teorías en las que se aparecen. Aunque, y en ello consiste su naturaleza engañosa, no es fácil establecer cuál es el error. Aharonov y Rohrlich (2005, pp. 2-3) proponen que las paradojas pueden motorizar importantes modificaciones en las teorías físicas y que es posible distinguir entre las paradojas que se deben a errores (lógicos o empíricos), las que se deben a huecos o fallas en las teorías y las que son causadas por contradicciones dentro de las teorías. Estas últimas son las que impulsan cambios conceptuales revolucionarios.

Si bien no todas las paradojas en física conducen a cambios revolucionarios, su identificación, formulación e intentos de resolución reportan otros beneficios. Las paradojas contribuyen a comprender mejor las teorías, corregir intuiciones, articular las teorías con los fenómenos e introducir restricciones a los enunciados teóricos. Algunos ejemplos notables de paradojas en física, que podrían considerarse como representativos de las características que les hemos atribuido a las mismas dentro del razonamiento científico, son la paradoja de la caja de fotones planteada en el contexto de la disputa entre Einstein y Bohr acerca del principio de indeterminación (Ver Bohr, 1949, pp. 199-242), la conocida paradoja del demonio de Maxwell ([1871](1873), pp. 308-309) y la paradoja que el joven Einstein planteó a la teoría del electromagnetismo de Maxwell (Einstein

[1919] 1999, pp. 147-200). El primer caso, de acuerdo con Einstein sería posible una medición simultánea arbitrariamente exacta del tiempo y la energía de un fotón, si pudiera crearse un mecanismo equipado con un reloj que liberara un fotón a la vez. Este hecho, la medición simultánea de la posición y el momento del electrón, constituye una violación de la relación de indeterminación entre energía y tiempo. La respuesta de Bohr fue que la suposición de Einstein es imposible ya que la salida del fotón de la caja hace que se mueva en un campo gravitacional, lo que según la relatividad general afecta la velocidad del reloj, socavando así la exactitud deseada de la medición del tiempo. En el segundo caso Maxwell propuso imaginar un demonio capaz de dejar pasar selectivamente las moléculas más rápidas de aire frío dentro de un compartimiento de aire caliente y las moléculas más lentas de un compartimiento de aire caliente dentro del compartimiento lleno de aire frío. El caso se propuso mostrar el carácter estadístico de la segunda ley de la termodinámica, imaginando un escenario en el cual la entropía no se incrementa en el tiempo. En el tercer ejemplo, el joven Einstein se imaginó a sí mismo corriendo a la velocidad c junto a un haz de luz. Supuso que en tales condiciones no sería posible ver una onda propagándose sino más bien una onda estacionaria. Sin embargo, esto no puede ser así, ya que el cambio es esencial para una onda de luz; si el campo eléctrico o magnético es estático, no dará lugar al otro y, por tanto, no habrá onda electromagnética. Algunas lecturas han señalado que este caso muestra una contradicción fatal para el electromagnetismo de Maxwell.

Paradojas en Cosmología

Las paradojas cosmológicas tienen particularidades que han capturado la atención de filósofos y científicos. Dado que la experimentación es sumamente difícil en este ámbito y que la información empírica es difícil de integrar a la escala de los sistemas bajo escrutinio, las paradojas cosmológicas plantean enigmas cuya resolución demanda un alto grado de especulación y sutileza. Estos enigmas en ocasiones comprometen principios teóricos fundamentales. Si bien dentro de la cosmología observacional moderna el progreso técnico permitió el desarrollo de la astronomía óptica y posibilitó la construcción de mapas de distribución de galaxias y el desarrollo de la radioastronomía hizo posible tomar imágenes del universo primitivo,

algunas de las hipótesis centrales de esta disciplina son eminentemente especulativas. La postulación de entidades inobservables, como la materia oscura o la energía oscura, las hipótesis vinculadas a la evolución del universo primigenio y la interpretación de modelos estadísticos, entre otras cuestiones, involucran un alto grado de conjetura.

La cosmología como disciplina científica muy joven aún no ha alcanzado el mismo grado de diferenciación que otros subcampos de la física. [En] La llamada aquí cosmología originaria (...) las partes especulativas, necesariamente implícitas en la teorización física, son dominantes; recién están comenzando a vincularse con pruebas empíricas o aún esperan ser probados en el futuro (Goenner, 2010, pp. 390)

En los inicios de la cosmología moderna las paradojas del colapso gravitacional y de la oscuridad de la noche fueron enigmas acuciantes para el sistema newtoniano. La cosmología newtoniana asumía que las estrellas se encontraban distribuidas por todo el universo a diferentes distancias. Newton había sostenido en sus primeros años una cosmología semejante a la estoica, donde un universo finito se encontraba rodeado por un espacio vacío que se extendía infinitamente. En ese universo, si se suponía que la materia esparcida por el espacio se atrae mutuamente, el colapso gravitatorio sería inevitable. No obstante, dado que no se observa movimiento en las estrellas fijas, sostuvo que es razonable suponer que el colapso no se está produciendo.

La paradoja del colapso gravitacional fue planteada por el reverendo Richard Bentley en 1692 y motivó un cambio en algunos de los supuestos de Newton, quien a partir del reconocimiento de este conflicto, conjeturó un modelo cosmológico con infinitas estrellas distribuidas de manera más o menos uniforme en un espacio infinito. No obstante, este cambio en los supuestos no solucionó el problema del colapso gravitacional. En un modelo de estas características, la fuerza gravitatoria debería atraer las grandes masas unas hacia otras. Este proceso podría haber dado lugar a la formación de estrellas o conglomerados de estrellas. Pero, dado que la fuerza de gravedad es siempre atractiva y proporcional a la masa de los cuerpos, las estrellas y conglomerados de estrellas deberían colapsar formando una única masa esférica. La solución que Bentley propuso para un universo infinito, es que todas las estrellas se encuentran en reposo porque cada una está rodeada por infinitas estrellas en todas direcciones,



de modo que las fuerzas atractivas de todas ellas se cancelan mutuamente, de manera tan precisa como para que la fuerza neta sobre cada estrella sea exactamente igual a cero.

La paradoja del colapso gravitacional y la paradoja de la oscuridad de la noche que se desarrollará en el próximo apartado, fueron formuladas y sus soluciones fueron presentadas como experimentos mentales. A partir de lo argumentado hasta aquí y con base en el examen de este caso, se intenta mostrar la relevancia de los experimentos mentales como estrategias eficaces para plantear y ensayar soluciones a paradojas cosmológicas, y con ello, exhibir su importancia en los episodios de cambio conceptual y revisión de supuestos teóricos.

La paradoja de Olbers y los experimentos mentales

El punto de partida de la Paradoja de Olbers es la simple observación de que el cielo nocturno es oscuro. Este hecho resulta, sin embargo, difícilmente explicable en el marco de la cosmología newtoniana, donde se supone que el universo es espacialmente infinito y está poblado por un número infinito de estrellas distribuidas de manera más o menos uniforme. En un escenario como ese, un observador terrestre que contemplara el cielo nocturno en cualquier dirección debería encontrar una estrella en su línea de visión. Incluso si se considera una estructura astronómica más compleja de estrellas agrupadas en galaxias, el resultado es un cielo completamente cubierto de estrellas y con ello, completamente brillante. Este problema en apariencia sencillo tiene una importancia capital para la cosmología moderna: es evidencia de que el universo no puede ser al mismo tiempo infinito y eterno.

La paradoja de la oscuridad de la noche fue objeto de reflexión de las mentes más brillantes de la modernidad. T. Digges (1576) consideró que los espacios oscuros entre las estrellas estaban causados por la distancia que separaba a un observador situado en la Tierra de ellas. Digges podría señalarse como el primero en notar que la oscuridad de la noche requería de una explicación para quienes sostenían la infinitud del universo. J. Kepler (1610)¹ escribió a Galileo que la observación de miles de estrellas,

1 La carta de Kepler a Galileo se convirtió posteriormente en un libro, *Dissertatio cum Sidereo* ("Conversaciones con el mensajero de las estrellas"), que fue publicado

apiñadas y formando cúmulos, fortalecía el argumento contra la infinitud del universo. W. Stukeley (1752) le hizo notar este problema a Newton en base a la observación de la vía láctea. Halley ensayó una formulación y dos soluciones a la paradoja de la noche oscura en 1721. Pero la paradoja fue conocida por la formulación que de ella realizó el astrónomo alemán H. Olbers en 1823. De acuerdo a su formulación, incluso si se asume que las estrellas están agrupadas en galaxias como la Vía Láctea, y si se supone que su número es infinito, la línea de visión de un observador, cualquiera sea la dirección hacia la que se dirija, debería alcanzar la superficie de una estrella en algún punto. Este es un escenario similar al de un observador situado en el interior de un denso bosque que en cualquier dirección que dirija su mirada encuentra en tronco de un árbol. La solución planteada por Olbers establece que dado que la bóveda celeste no es en todos sus puntos tan brillante como el Sol, el espacio interestelar no debe ser completamente transparente y en él debe ocurrir la absorción de la luz de las estrellas más lejanas, sumiendo al espacio infinito en la oscuridad, como un bosque sumergido en la niebla.

La solución de Olbers, como la de Halley, es incorrecta. De acuerdo al meticuloso análisis del enigma realizado por Harrison (2002) estos y los demás intentos de solución de la paradoja que suponen un cielo cubierto de estrellas fallan por razones termodinámicas. En términos generales, el problema, según Harrison, no es el de la presencia de luz visible, sino el de la acumulación de radiación térmica emitida por las estrellas. Cualquier tipo de materia que bloqueara la luz de las estrellas debería calentarse con el tiempo y, en algún momento, comenzaría a emitir tanta radiación como absorbe. En consecuencia, emitiría toda la radiación de las estrellas que oculta. El problema podría resolverse suponiendo que el universo es extremadamente joven, tanto como para que el calentamiento de la materia oscura resulte despreciable hasta el momento. Pero esa hipótesis no resulta aceptable en la cosmología actual. La única solución cuantitativamente correcta a la paradoja relaciona el límite del universo visible con la radiación que se estima que emite la superficie del Sol. De acuerdo con esta interpretación, el universo visible está formado por un número finito de estrellas cuya luz ha tenido tiempo de alcanzar al observador. La primera versión correcta de esta solución, presentada de manera cuantitativa por Kelvin (1901) fue propuesta por E.A. Poe (1848) en un poema en prosa.

en 1611. Este es el texto al que referimos en este trabajo.

Según el poeta, el cielo nocturno es oscuro porque la luz de las paredes doradas aun no nos ha alcanzado.

Si bien no es posible en el espacio de este trabajo, presentar detalladamente las formulaciones e intentos de solución a la paradoja de la noche oscura referidos, es posible mencionar algunos de sus rasgos característicos. Los experimentos mentales empleados para formular y resolver la paradoja de Olbers presentan el problema a partir de la descripción de escenarios que son análogos a los que producen la paradoja. Los mismos parten de un conjunto de supuestos teóricos, incluyen representaciones visuales y emplean idealizaciones, abstracciones y distorsiones para producir un modelo de la teoría en el cual, se ilustra y se explica el fenómeno en cuestión.

La lectura que este trabajo se propone propiciar es que los experimentos mentales empleados en la formulación y soluciones de la paradoja de Olbers funcionan creando modelos dinámicos que integran información empírica disponible, principios teóricos y premisas implícitas en el razonamiento teórico. A partir de la escenificación de las premisas que constituyen la paradoja facilitan la detección del origen de la misma y consecuentemente, hacen posible la corrección de una teoría o el abandono de algún principio.

Conclusiones

Se ha intentado mostrar que las paradojas exhiben una disonancia cognitiva, la contradicción entre enunciados individualmente plausibles pero mutuamente inconsistentes, que en el campo de la ciencia Física ha motivado importantes controversias y en ocasiones, ha dado lugar a la revisión de algunos principios fundamentales. Los casos descritos, la paradoja planteada por Einstein en relación al principio de incertidumbre, el demonio figurado por Maxwell para mostrar el carácter estadístico de la segunda ley de la termodinámica y el ejemplo propuesto por el joven Einstein para proponer una objeción al electromagnetismo de Maxwell, son ejemplos elocuentes de la función de las paradojas en el desarrollo de distintos campos de la física.

En el contexto de la cosmología, donde la experimentación es sumamente difícil y la información empírica es difícil de integrar a la escala de los sistemas bajo escrutinio, las paradojas plantean enigmas cuya resolución demanda un alto grado de especulación y sutileza. Estos enigmas en

ocasiones comprometen principios teóricos fundamentales. Tal es el caso de la paradoja del colapso gravitacional y el de la paradoja de Olbers. Este último, cuya formulación y soluciones fueron planteadas desde los inicios de la ciencia moderna como experimentos mentales, permiten evidenciar de qué manera esta herramienta favorece a la resolución de paradojas y con ello al cambio conceptual.

Si bien no fue posible desarrollar detalladamente estas consideraciones sobre la función de los experimentos mentales y su vinculación con las paradojas, la escenificación de las premisas que éstos hacen posible y la visualización de los elementos en contradicción que propician, favorece claramente a la comprensión de los problemas y a la obtención de soluciones. Los experimentos mentales permiten detectar inconsistencias dentro de las teorías, vincular adecuadamente la información empírica disponible e incluso advertir errores en las inferencias.

Bibliografía

- Aharonov, Y. & Rohrlich, D. (2005). *Quantum Paradoxes: Quantum Theory for the Perplexed*. John Wiley & Sons, New York.
- Bohr, Niels (1949), "Discussion with Einstein on Epistemological Problems in Atomic Physics", en Schilpp, P (ed.), *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*. The Library of Living Philosophers Vol VII, Open Court: Evanston. Pp: 199-242.
- Brown, J. (2008). *Philosophy of Mathematics: A Contemporary Introduction to the World of Proofs and Pictures*, London and New York: Routledge.
- Cucić, D. (2006). *Paradox in physics, the consistency of inconsistency*. En *6th International Conference of the Balkan Physical Union BPU6*, Istanbul, Turkey 22-26. August 2006.
- Cucić, D. (2021). "Classifications of Paradoxes in Physics". *Phlogiston* 29. Pp. 173-198.

- Digges, T. (1576). "A Perfit Description of the Caelestiall Orbes." In *Prognostication Everlasting*, by Leonard Digges. London: Thomas Marsh.
- Einstein, A. [1919] (1999). "The Foundation of the General Theory of Relativity". En Kox, M. y Schulman, R. (eds.), *The Collected Papers of Albert Einstein. Volume 6*. Princeton: Princeton University Press, pp. 147-200
- Goenner, H. (2010). "What kind of science is cosmology?" *Annalen der Physik* (Leipzig) 522, Nr. 6, 389-418 (2010); arXiv: astro-ph/2010.5532. pp. 1-62.
- Harrison, E. (2002). *Darkness at Night: A Riddle of the Universe*. Cambridge: Harvard University Press.
- Halley, E.(1721) "Of the Infinity of the Sphere of Fixed Stars" Reimpreso en Harrison, E. (2002). *Darkness at Night: A Riddle of the Universe*. Cambridge: Harvard University Press pp: 218-219.
- Kepler, J. (1611). *Dissertatio cum Sidereo*. Frankfurt.
- Kelvin, L. (William Thomson) (1901) "On ether and gravitational matter through infinite. *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 2: 161-177.
- Maxwell, J. [1871] (1873). *Theory of Heat*. Third Edition. London: Longman
- Sorensen, R. (1992). *Thought Experiments*. New York: Oxford University Press.
- Maxwell, James Clerk (1871) *Theory of Heat*. London: Longmans, Green and Co 308-309.

- Poe, E. [1848] (1976). *Eureka: A Prose Poem*. Reproducido en Beaver, H. (ed.). *The Science Fiction of Edgar Allan Poe*. Harmondsworth: Penguin, pp. 205–309.
- Quine, W. (1974). Matemáticas en el mundo moderno, Seleccionadas de “Scientific American”. Blume, Madrid- Barcelona, pp. 224-233.
- Rescher, N. (2001). *Paradoxes: Their Roots, Range and Resolution*. Chicago: Open Court.
- Russell, B. (1903) “The logical and Arithmetical Doctrines of Frege” Appendix A. *The Principles of Mathematics*. <https://fair-use.org/bertrand-russell/the-principles-of-mathematics/appendix-a>
- Sainsbury, R. (1995). *Paradoxes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Stukeley, W. (1752). *Memoirs of Sir Isaac Newton's Life*. Antiquary, Cambridge.