

COMPLEMENTARIEDAD, IDENTIDAD Y CONTRADICCIÓN EN LA LÓGICA DE NIELS BOHR

Complementarity, identity and contradiction in the logic of Niels Bohr

SARA MADERA GÓMEZ*

Universidad Politécnica Salesiana / Quito-Ecuador
sarymadera@hotmail.com

Resumen

Los descubrimientos de la física cuántica, acontecidos en el siglo XX, plantean numerosos retos a nivel experimental y conceptual. Junto con el advenimiento de dichos hallazgos, aparecen también teorías y principios que buscan explicarlos y que en ocasiones rompen con paradigmas que corresponden a otros ámbitos investigativos. Este es justamente el caso del principio de complementariedad, desarrollado por el físico danés Niels Bohr en el marco del descubrimiento de la dualidad onda-partícula.

Esta característica que recae sobre la naturaleza del fotón y que trastoca la noción clásica de identidad, obliga también a realizar un análisis sobre las leyes del pensamiento como fueron establecidas por Aristóteles –de identidad, de no contradicción y de tercero excluido– ya que, de cierta manera, las contradicen. Esta es la discusión sobre la cual se cierne el presente artículo, que en un primer momento presenta una descripción del trabajo de Bohr dentro del ámbito de la investigación cuántica, posteriormente se realiza una exposición de las leyes aristotélicas que han marcado el trabajo de la lógica durante siglos, aunque hoy en día muchas escuelas las hayan superado, dentro de esta misma problemática se establece el problema de la relación entre lógica y ontología para finalmente analizar el caso de la luz y realizar una breve referencia al tema de la identidad.

Las conclusiones se refieren a la generalidad del problema ya que resulta imposible establecer una solución clara al problema, en última instancia este respondería a la perspectiva que se tenga sobre la relación entre lógica, ontología y lenguaje.

Palabras clave

Física cuántica, filosofía de la ciencia, Niels Bohr, dualidad onda-partícula.

Forma sugerida de citar: Madera Gómez, Sara (2016). Niels Bohr: complementariedad, identidad y contradicción en lógica. *Sophía, colección de Filosofía de la Educación*, 21(2), pp. 101-118.

* Licenciada en Filosofía y Pedagogía. Maestrante en la carrera de Filosofía de la Ciencia por la Universidad Nacional Quilmes-Argentina. Miembro del Grupo de Investigación en Filosofía de la Educación (GIFE) de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador.

Abstract

The discoveries of quantum physics, that occurred in the twentieth century, pose many challenges to the experimental and conceptual level. Along with the advent of these findings, there are also theories and principles that seek to explain them and sometimes break with paradigms that correspond to other areas of research. This is precisely the case of the principle of complementarity, developed by the Danish physicist Niels Bohr in the context of the discovery of the wave-particle duality. This feature that lies to the nature of the photon and transforms the classical notion of identity, obliged to perform an analysis of the laws of thought as were set by Aristotle –identity, non-contradiction and of excluded middle– because, in some way, it contradicts them. This is the discussion of which looms the present article, which at first presents a description of the work of Bohr within the scope of the quantum research, subsequently conduces an exhibition of the aristotelian laws that have marked the work of logic for centuries, although nowadays many schools have passed, within the same problem set the problem of the relationship between logic and ontology in order to finally, analyze the case of light and make a brief reference to the topic of identity.

The conclusions relate to the generality of the problem since it is impossible to establish a clear-cut solution to the problem, in the last instance, it would respond to the perspective you have about the relationship between logic, ontology and language.

Keywords

Quantum physics, philosophy of science, Niels Bohr, wave-particle duality.

102



*Sé cuál es mi nombre
no es necesario escribirlo por todos lados
ni tatuarlo en la retina
sé cómo me llamo
suelo incluso responder con gentileza
pero
¿cuál es mi nombre?*

(Patricio Aguirre Negrete)

Introducción

El advenimiento de la física cuántica a inicios del siglo XX significó una revolución dentro del campo científico, y dejó planteadas numerosas preguntas para la física y la filosofía. Los descubrimientos acarreados por esta nueva rama de la física no solo presentan retos para la aplicación de métodos experimentales –casi completamente inexistentes hasta el momento– sino que también han trastocado principios que hasta el siglo pasado se tenían por certeros e indubitables.

Este es el caso del principio de identidad en lógica, así como el de contradicción y exclusión, que se han visto confrontados con la dualidad onda-partícula de la luz, cuya superación se dio gracias al trabajo del fi-

sico danés Niels Bohr y su principio de complementariedad. Cabe aquí destacar que la solución viene desde la física misma y no desde la lógica, ni desde la reflexión filosófica, de manera que el establecimiento de estas nuevas relaciones es el tema del presente artículo.

Desde ahí se desprenden los objetivos del artículo: primeramente brindar una exposición clara sobre el principio de complementariedad desarrollado por Niels Bohr, el contexto en el cual surge y su incidencia sobre la dualidad onda-partícula que caracteriza al fotón. Realizar, además, una lectura sobre los principios de identidad y contradicción en lógica y finalmente contrastarlos y exponer lo que su relación implica para el mundo de la epistemología y la filosofía.

Sin desmerecer el magnífico trabajo realizado por Bohr: ¿es realmente satisfactoria su propuesta para la filosofía? ¿Cuál es el verdadero significado de la dualidad y cómo puede relacionarse con el advenimiento de una nueva ontología? ¿Está completa la educación filosófica sin el análisis de corrientes contemporáneas de la ciencia?

Estas y otras preguntas son los puntales que guían el presente artículo, donde el problema en cuestión es cómo relacionar los principios de identidad y contradicción de la lógica con una evidencia empírica que lo desmiente. El análisis sobre este tema parece importante considerando que existen pocos trabajos filosóficos que se hayan acercado a la física cuántica, y que hayan reflexionado sobre su verdadero impacto para nuestra comprensión del mundo. Si bien es cierto que el discurso científico avanza a pasos agigantados, no significa que deba evadir el análisis filosófico ya que entonces carecerá de profundidad y de los elementos que permiten elaborar una explicación más completa sobre la realidad. La física cuántica en sí misma, junto con sus descubrimientos, representan un tema de actualidad no solo a nivel teórico sino también práctico ya que muchos de las plataformas tecnológicas que hoy utilizamos, son el resultado de sus aplicaciones. Carece, sin embargo, de un marco crítico y filosófico que analice los alcances de su discurso, a partir de esto se infiere entonces la importancia y actualidad del tema presentado, ya que no solamente brinda nuevas lecturas epistemológicas sino que también plantea preguntas sobre la forma en que comprendemos nuestro entorno.

Para la redacción de este artículo se aplicó una investigación bibliográfica, aunque con numerosas dificultades para localizar textos originales en las bibliotecas de las universidades de la capital, situación que demuestra la poca importancia que se le ha brindado a este tema de la filosofía de la ciencia. A pesar de estos percances se ha procurado recurrir a textos especializados y que contengan referencias directas a los textos originales, específicamente en el caso de Bohr.



La estructura del artículo se desprende a partir de sus objetivos, así, consta de cuatro partes principales distribuidas entre el análisis de Bohr, la lectura sobre los principios lógicos, una breve referencia al tema de la identidad y finalmente las conclusiones.

La principal aportación del artículo reside en las nuevas preguntas que puede plantear para otros trabajos en el ámbito filosófico y científico. Deja también planteado un reto para la educación en filosofía ya que, al parecer, la época actual necesita más análisis sobre los discursos científicos; en cierto sentido la filosofía ha cedido ese espacio que le pertenece, abandonando así una actividad clara en su quehacer histórico. Si bien es cierto que los conocimientos científicos han pasado a validarse dentro de su misma comunidad y esfera de trabajo, desde la perspectiva de la autora del presente artículo la filosofía tiene el deber de acercarse a sus presupuestos teóricos ya que –como se demostrará más adelante– tienen una clara influencia en la explicación que quiere darse sobre el cosmos, y en última instancia sobre nosotros mismos.

A continuación se presenta la primera sección del artículo donde se analizará el aporte conceptual de Niels Bohr.

Cuantos de acción y complementariedad

Realizar un recorrido histórico sobre los antecedentes del principio de complementariedad implicaría la redacción de otro artículo mucho más extenso. Es necesario sin embargo, brindar al menos una perspectiva sobre los sucesos más importantes que llevaron a Niels Bohr a realizar su planteamiento.

Primeramente cabe destacar que para la física clásica, los fenómenos del mundo podían estudiarse a partir de ondas o partículas. Ambas, elementos que poseen propiedades mutuamente excluyentes, Hewitt lo explica en su texto “Física Conceptual”, afirmando que: “las partículas son objetos diminutos, como balas. Tienen masa y obedecen las leyes de Newton; *vía*jan por el espacio en línea recta a menos que actúe sobre ellas una fuerza” (2004, p. 605), un ejemplo de partícula es el electrón, descubierto hacia 1897.

Las ondas por su parte “son fenómenos que se *extienden* en el espacio. Cuando una onda se propaga por una abertura o rodea una barrera, se difracta y se interfieren algunas de sus partes” (Hewitt, 2004, p. 605). Ejemplos de ondas son aquellas de radiofrecuencia que al golpear con elementos masivos los rodean.

Es decir que la naturaleza de una onda difiere completamente de la de una partícula, su movimiento en el espacio es diferente y también sus propiedades.

Tras dejar sentados estos supuestos, es necesario explicar cuál era uno de los problemas con los que lidiaba la física a finales del siglo XIX y que sentó la base de la física cuántica. El problema era aquel de la radiación electromagnética en los cuerpos. Ana María Cetto describe este problema en su texto: “La luz en la naturaleza y el laboratorio” de la siguiente manera:

Sabemos que todo objeto emite una cierta cantidad de radiación térmica, o sea radiación electromagnética de espectro continuo, que cambia de color según la temperatura del objeto. Al aumentar la temperatura del cuerpo emisor, el máximo de intensidad de su espectro de radiación se va corriendo del infrarrojo al rojo, al anaranjado, al amarillo, al azul, etc. (...) Pero lo curioso es que aunque se siga calentando el material, la radiación nunca llega al ultravioleta: más bien cubre todo el espectro, dando como resultado una luz esencialmente blanca. Según la física clásica, sin embargo, la radiación del extremo violeta debería dominar por su intensidad. ¿Por qué falla la predicción clásica? (2012, p. 88).

105
S

Este problema se evidencia, por ejemplo, al calentar un metal: a medida que la temperatura aumenta, la zona donde se ejerce el calor cambia de color y atraviesa toda la gama antes señalada. Sin embargo, el tema de la radiación térmica se volvía aún más complejo cuando se lo aplicaba a cuerpos negros, es decir cuerpos totalmente oscuros que absorbían toda la luz, no la reflejaban y aún así los cálculos predecían que debía irradiar una cantidad infinita de energía. Hasta antes del siglo XX se consideraba que los cuerpos irradiaban esta energía de manera constante, en la forma de ondas que suceden unas a otras y en esta suposición radicaba justamente el problema.

En 1900 el físico alemán Max Planck propone una solución radical, su teoría acaba con el “carácter continuo de la imagen ondulatoria de la energía” (Cadenas, 2004, p. 46), es decir que niega el supuesto según el cual la radiación de energía se da como un *continuum* de ondas inseparables.

Planck “supuso que los cuerpos calientes emiten energía radiante en paquetes discretos, que llamó *quanta*” (Hewitt, 2004, p. 606), este término latino es el plural de *quantum* y significa cantidad, se traduce al español como *cuanto* e implica una visión del microcosmos como una realidad granulada y no como algo uniformemente continuo. Dentro del

discurso científico estos pequeños paquetes energéticos son también conocidos como *cuantos de acción*.

El plantamiento de Planck fue duramente criticado en su tiempo, sin embargo los cálculos a partir de él eran correctos y lograban solucionar finalmente el problema de la radiación térmica. Con este descubrimiento se abandonó finalmente la idea de que la energía era irradiada como un conjunto continuo de ondas. Queda ahora analizar cuál fue el impacto de este descubrimiento con respecto al fenómeno lumínico.

Ya en 1801 el físico inglés Thomas Young había realizado un famoso experimento con el cual se confirmaba la naturaleza ondulatoria de la luz. Se trataba de “el experimento de la doble rendija”, que implica permitir que un delgado haz de luz atraviese por dos ranuras colocadas muy cerca la una de la otra. Al otro lado se coloca una pantalla donde se obtendrá un patrón: franjas de luz alternadas con franjas oscuras (Cetto, 2011; Hewitt, 2004).

Se puede suponer entonces que el haz de luz se mueve en forma de ondas y, cuando estas se encuentran con rendijas separadas, chocan entre sí brindando ese patrón tan particular. Un experimento similar puede realizarse en el agua, generando ondas que choquen entre sí.

A pesar de que, a partir de ese y otros experimentos, se tomaba a la naturaleza ondulatoria de la luz como una verdad evidente, en 1905 Albert Einstein afirmó que la luz debía entenderse a partir de la formulación realizada por Plank unos años antes. Einstein analizó el llamado efecto fotoeléctrico –que, por falta de espacio, tampoco se tratará en este artículo– y concluyó que la luz interactúa con la materia como paquetes pequeños de energía, es decir como *cuantos* (Cadenas, 2004; Hewitt, 2004). Algunos años después, en 1926, el químico estadounidense Gilbert Lewis utilizaba en sus trabajos el término “fotón”, por primera vez, para referirse a los cuantos lumínicos. El trabajo de Einstein, que además le valió el Premio Nobel, polemizó nuevamente un problema que se había desarrollado durante el siglo XVIII cuando Newton proponía un modelo corpuscular de la luz y Huygens un modelo ondulatorio.

Como ya se había señalado previamente, el concepto de onda y el concepto de partícula son irreductibles: “ya que, si partimos de que la energía es puntual [partícula], no puede estar difundida [onda]” (Cadenas, 2004, p. 71), sin embargo según el experimento aplicado podían realizarse observaciones que confirmaban ambas naturalezas contradictorias para un mismo fenómeno.

En este contexto aparece Niels Bohr, quien dicta una conferencia en la ciudad de Como, Italia en 1927 donde plantea la idea de comple-

mentariedad. En su artículo “El surgimiento de la complementariedad: Niels Bohr y la Conferencia de Como”, Óscar Navarro (2010, pp. 65-66) explica que este principio se basa sobre tres elementos de índole empírico, que son:

1. La tesis de la condición cuántica, que plantea al cuanto de acción como un descubrimiento universal y elemental.
2. Las implicaciones del postulado cuántico, implican una discontinuidad en los fenómenos de la naturaleza.
3. La dualidad onda-partícula, en cuanto evidencia empírica que manifiesta la existencia de dos formalismos que son mutuamente excluyentes pero que son necesarios para describir la totalidad de los fenómenos.

Resulta especialmente interesante el segundo postulado, ya que plantea preguntas acerca de la continuidad de nuestra experiencia real en el mundo. Para Bohr la continuidad espacio-temporal podía comprenderse únicamente en el tratamiento clásico de los conceptos, pero es incompleto para analizar la realidad cuántica. La discontinuidad en los fenómenos también podría afectar a otros conceptos como son la causalidad y el tiempo-espacio. Para Bohr, los descubrimientos realizados en la física cuántica permitían negar la continuidad de los fenómenos, al menos en un nivel microscópico. Esta afirmación, ¿no implica en sí misma un problema para la percepción de la realidad? ¿no debería estar siendo analizando por la filosofía?

El tercer postulado se puede comprender como una “relación de incertidumbre”, es decir como una situación donde existe una clara paradoja en la observación y recolección de datos. El físico alemán Werner Heisenberg planteó el llamado “principio de incertidumbre”, mismo que implica “que en la mecánica cuántica es imposible mantener el ideal clásico de descripción además del límite de la aplicación de los conceptos clásicos” (Navarro, 2010, p. 70). Lo que Heisenberg descubrió fue que, al menos en física cuántica, el sujeto altera –irremediablemente– el objeto de estudio, impidiendo conocer con exactitud más de uno de sus valores, es decir que puede conocerse la velocidad a la que viaja una partícula elemental pero no su posición exacta, ni viceversa.

Parece evidente que, con su principio, Heisenberg plantea un problema epistemológico bastante serio y que tampoco ha sido tratado con suficiente rigurosidad por la filosofía. ¿Cuál es la relación entre sujeto y objeto? ¿Debería replantearse? ¿Están realmente separados? Si, con cada

observación alteramos el objeto de estudio, ¿qué es lo que conocemos? O mejor aún: ¿conocemos algo realmente?

Ahora bien, retomando el tercer presupuesto nos encontramos con una realidad que incluye dos conceptos mutuamente excluyentes, tanto empírica cuanto lógicamente; frente a esta realidad Bohr plantea el concepto de “mutuo complemento” en el que “ambos conceptos conjuntamente constituyen los requisitos para una descripción completa, es decir, ambos son necesarios para poder agotar toda la información acerca del sistema atómico” (Cadenas, 2004, p. 172). Con este planteamiento Bohr parece querer defender lo indefendible, la aceptación de que se necesitan de los dos conceptos excluyentes para brindar una visión completa del fenómeno. Las repercusiones que esta afirmación tiene en materia ontológica son también evidentes; puede llevar además a nuevas lecturas sobre los conceptos aristotélicos básicos de sustancia y accidente.

Heisenberg, realiza una clara explicación sobre Bohr y su principio, señala:

En el centro de sus reflexiones estaba el concepto de complementariedad –por él [Bohr] recién acuñado, cuya función era describir una situación en la cual podemos conocer el mismo suceso bajo dos aspectos distintos. Aunque estos dos aspectos se excluyan mutuamente también se complementan, y sólo por la yuxtaposición de ambos aspectos opuestos se agota totalmente el contenido intuitivo del fenómeno (Heisenberg en Cadenas, 2004, p. 172).

Es decir, que no solamente el principio de complementariedad “podría” aplicarse para comprender fenómenos paradigmáticos sino que “debería” aplicarse para agotar totalmente la comprensión de dicho fenómeno.

Ciertamente se trata de un principio relevante para el discurso de la física cuántica, y tal vez justamente el supuesto problema sea solo lingüístico. No tenemos ningún problema en afirmar que la luz es una onda y una partícula, excepto que a nivel de análisis lógico ese conector no encaja.

A continuación se analizará los principios lógicos que se ven aludidos tras el trabajo de Bohr.

Las “leyes del pensamiento”

Irving Copi, en su clásico manual “Introducción a la lógica”, plantea que “quienes han definido la lógica como el estudio de las leyes del pensamiento, frecuentemente han sostenido que hay exactamente tres leyes fundamentales del pensamiento, que son necesarias y suficientes para que

el pensamiento discorra por causas “exactos” (1962, p. 367). Es decir que para que un razonamiento pueda ser calificado como tal debería cumplir con estos principios. Más aún que el razonamiento, probablemente nuestro discurso es el que podrá ser calificado de “racional” si se siguen dichas leyes. Continuando con esta misma acepción, Ruiz señala que “los principios lógicos son afirmaciones de validez universal que hacen posible el pensamiento mismo” (1992, p. 71), de manera que se trata de máximas que permiten la estructuración de discursos racionales. Copi (1962, p. 367), las describe de la siguiente manera:

- El principio de identidad afirma que si cualquier enunciado es verdadero, entonces es verdadero.
- El principio de contradicción afirma que ningún enunciado puede ser verdadero y falso a la vez.
- El principio de tercero excluido afirma que cualquier enunciado es o bien verdadero o falso.



Con respecto al primer principio, se podría pensar en una fácil anulación del mismo al afirmar que algo es cierto ahora, pero podría no serlo en algunos años. Sin embargo “aquellos “enunciados” cuyos valores de verdad cambian con el tiempo son expresiones elípticas o incompletas de proposiciones que no se modifican, y es precisamente de estas últimas de las que trata la lógica” (Copi, 1962, p. 368). Para este autor el principio de contradicción no requiere de ningún análisis ulterior a pesar de las críticas recibidas por seguidores del hegelianismo y el marxismo, pues para Copi la negación de un elemento por otro es evidente cuando sucede y no debería ser aplicado en casos rebuscados como la lucha de clases.

Una conceptualización un tanto diferente de estos principios se encuentra en el trabajo de Bustamante (2008, p. 25) quien los describe así:

1. Algo no puede ser y no ser. Este es el llamado “principio de identidad”: $A=A$.

O sea: si A es, A no puede no ser, al mismo tiempo y dentro de la misma relación.

2. Es imposible que un atributo pertenezca y no pertenezca al mismo sujeto. Este es el llamado “principio de no contradicción”: si $\{A \text{ es } x\}$ entonces $\{A \text{ no es } no-x\}$, donde x y $no-x$ son atributos contrarios, ejemplo: algo no puede ser blanco y no-blanco al mismo tiempo y dentro de la misma relación.

3. Dos proposiciones contradictorias no pueden ser verdaderas ambas. Este es el llamado “principio del tercero excluido”: dado los enunciados $\{A \text{ es } x\}$ y $\{A \text{ es diferentes de } x\}$, solo uno de los dos puede ser verdadero, al mismo tiempo y dentro de la misma relación.

Esta formulación presentada por Bustamante resulta más clara que la de Copi para el objetivo de este artículo sin embargo, en última instancia, ambos se corresponden.

Ruiz señala con respecto al primer principio: “La noción de identidad implica, pues, la de unidad” (1993, p. 72), con ello se acerca a la definición aristotélica que cita: “La identidad es una especie de *unidad*” (Aristóteles en Ruiz, 1993, p. 72). De manera que este principio afirma que una cosa es una cosa, es sí misma. Sin embargo cabe aquí referirnos a una especificación realizada por Ruiz, quien señala:

Pero la lógica no estudia cosas, sino pensamientos. La ciencia que estudia las cosas o entes es la ontología. Si nos atenemos a ese enunciado, el principio es ontológico, y no lógico. Para que hablemos de principio lógico de identidad, es necesario que lo enunciemos de manera que diga algo con respecto a los pensamientos, que es lo que la lógica estudia. Y lo que el principio dice, entendido lógicamente, es que todo juicio analítico es verdadero (Ruiz, 1993, p. 73).

Los juicios analíticos son aquellos cuyo predicado está implícito en el sujeto. Aquello que pueda ser considerado como verdadero dentro de la ontología no comprende la finalidad de este artículo, sin embargo existe una relación, entre la evidencia ontológica y el principio lógico o al menos eso sería lo esperable.

Con respecto al principio de contradicción, Ruiz señala que “es imposible que algo sea y no sea al mismo tiempo y en el mismo sentido” (1993, p. 74). Es decir que es imposible que un círculo sea un círculo y no lo sea, al mismo tiempo¹. Para este principio, ya no se habla únicamente de juicios analíticos sino también de juicios sintéticos, en los cuales se enuncia algo sobre el predicado que no está incluido en el sujeto; sin embargo hay que tener la salvedad de no contradecir la realidad de ese predicado.

Al encontrarnos con dos juicios sintéticos de tipo “A es B y A es no B”, este principio afirma que ambos juicios no pueden ser verdaderos al mismo tiempo.

Finalmente, el principio de tercero excluido declara que “todo tiene que ser o no ser” (Ruiz, 1993, p. 76) e implica que dos juicios de tipo “A es B y A es no B” no pueden ser falsos. De manera que, el principio de tercero excluido se sigue del principio de no contradicción y, conjunta-

mente, permiten afirmar que uno de los juicios debe ser verdadero y el otro debe ser falso.

No queda mucho más por agregar el tema de los principios, se trata de implicaciones lógicas que fueron establecidas por Aristóteles y que de una u otra manera han moldeado a la física hasta nuestros días. Eso no significa que sean aceptadas en todos los discursos, existen en la actualidad escuelas de lógica que desafían la veracidad de estos principios y proponen nuevas formas de lectura. Probablemente sean estas nuevas lógicas las que deban tratar también el discurso científico.

Se podría resumir toda esta sección considerando que, para la lógica y probablemente para la ontología, la realidad se estructura de una forma ordenada y siguiendo un modelo binario: es o no es, ser o no ser. El problema es, sin embargo, que la realidad se nos está presentando por fuera de este modelo y la filosofía debería ser la encargada de analizar estas implicaciones.

A continuación se presenta un breve subtema que trata sobre la posible relación entre lógica y ontología.

Lógica y ontología, una relación complicada

Parece importante denotar que el presente artículo presupone, de una u otra manera, la existencia de una relación entre lógica y ontología. Especialmente entre las leyes del pensamiento desarrolladas por Aristóteles y lo que existiría en el mundo o en cómo este se organiza. Esta presunción, sin embargo, es susceptible de ser criticada ya que durante la historia de la filosofía han existido corrientes y pensadores que o bien han reconocido una relación íntima entre ambas disciplinas –como Leibniz– o bien han negado de plano cualquier tipo de conexión entre ambas, como el caso de Nagel.

A decir de Józef Maria Bochenski (1977, pp. 11-12), las relaciones entre lógica y ontología pueden darse desde tres perspectivas diferentes, cuando:

1. Ambas se contemplan como conjuntos de leyes y/o reglas y se las considera objetivamente. En este caso el problema es meramente lógico.
2. Ambas son consideradas objetivamente, se analiza su relación a partir de cómo fueron concebidas por pensadores y escuelas en el pasado o cómo son concebidas en la época presente. En este caso el problema es histórico.
3. Lo que se considera de ambas son las opiniones meta-teóricas, es decir cuando no se analiza a los sistemas como tales sino lo

que se ha dicho sobre su estructura. En este caso el problema puede ser lógico o histórico según la perspectiva que se tome.

Para Bochenski, cuya obra se titula justamente “Lógica y Ontología”, la única discusión válida se correspondería con el primer problema, es decir con el análisis de la lógica y la ontología como disciplinas que representan un conjunto de normas o leyes. Desde su análisis, la lógica es “una teoría máximamente abstracta de objetos cualesquiera” (Bochenski, 1977, p. 45). Donde estos objetos no se restringen a entidades reales o entidades ideales, para hablar de estos objetos Bochenski recurre a la explicación brindada por Juan de Santo Tomás en el siglo XVII: el objeto de la lógica es el “ens *supertranscendentale* –esto es, abstraído tanto del *ens reales* (entidades reales) como del *ens rationis* (entidades ideales)” (1977, p. 45). Con respecto a la ontología, Bochenski recurre a la herencia aristotélica para afirmar que: “La ontología, cuando está presente, es en su conjunto de tipo aristotélico, una teoría general de las entidades reales” (p. 33). Y desde esta perspectiva tanto la lógica como la ontología tendrían campos acción similares, a decir de Bochenski “ambas disciplinas se muestran ahora como conjuntos de enunciados acerca del “ser en general”, esto es, acerca de entidades cualesquiera –como una “física del objeto en general” (1977, pp. 38–39).

El análisis de Bochenski responde a una lectura más “clásica” del problema en cuestión, y aunque resulta satisfactoria para el objetivo del presente artículo puede también resultar insuficiente. Thomas Hofweber realiza un examen mucho más pormenorizado de las posibles relaciones entre estas dos disciplinas en el artículo “Logic and Ontology” que se encuentra publicado en la Stanford Encyclopedia of Philosophy, versión online.

Para Hofweber, existen al menos cuatro posibilidades de entender la lógica: como el estudio de lenguajes formales artificiales, como el estudio de las inferencias formalmente válidas y las consecuencias lógicas, como el estudio de las verdades lógicas y finalmente como el estudio de las características generales o forma de los juicios (Hofweber, 2014, s/p).

Para el presente análisis, la segunda definición es la más importante ya que implica rastrear la validez de una inferencia hasta sus características formales, lo que a su vez brinda gran importancia al concepto de consecuencia lógica entendida como aquel caso donde la conclusión se sigue de las premisas.

Con respecto a la ontología, Hofweber también señala al menos cuatro posibles acepciones, a saber: como estudio del compromiso ontológico, como estudio de “lo que es”, como el estudio de las características

más generales sobre “lo que es” y como las cosas que existen se relacionan unas con otros en manera metafísica y finalmente como el estudio de la meta-ontología (Hofweber, 2014, s/p). De igual manera, la segunda definición es la que corresponde con el objetivo del presente artículo, ya que nuestra pesquisa se centra en comprender cómo “lo que es” se relaciona con ciertas leyes del pensamiento que hablan sobre aquello que existe.

En su artículo Hofweber se pregunta acerca de las diferentes combinaciones que pueden darse entre las definiciones de lógica y de ontología, cuando analiza justamente la posible relación entre las segundas definiciones de ambas disciplinas, la pregunta que plantea es la siguiente: “¿Las verdades lógicas implican la existencia de las entidades, o esta verdad es independiente de lo que existe?” (Hofweber, 2014, s/p).

Las respuestas que brinda corresponden justamente a la discusión histórica sobre este problema: “A pesar de cualquier cosa que uno diga sobre la posibilidad de que se pueda probar la existencia de un objeto solamente a partir de verdades conceptuales, muchos filósofos mantienen que al menos la lógica debe ser neutral con respecto a “lo que es”” (Hofweber, 2014, s/p). Todo esto conduce al problema que ya planteó el trabajo de Ludwig Wittgenstein y que podría establecerse a partir de la pregunta por el lenguaje, ¿hasta qué punto el lenguaje se relaciona con la realidad?

Si se responde afirmando que no existe relación alguna, caemos en una evidente contradicción, ya que la representación simbólica requiere de un referente. Sin embargo también es cierto que el lenguaje nombra entidades y relaciones cuyo referente no puede rastrearse en el mundo concreto. Por tanto la solución a este problema no es unívoco, sino que responde a concepciones personales sobre el verdadero objetivo de la lógica, la ontología y el lenguaje en sí mismo.

A continuación se analizan las particularidades de la entidad que ha inspirado la redacción del presente artículo.

La luz, el caso límite

Pocos fenómenos naturales han cautivado tanto al ser humano como la luz. Y el hecho de que su naturaleza sea problemática solo ha servido para establecer nuevas preguntas y cuestionamientos. Segura, Nieto y Segura en su artículo “Un análisis profundo del fenómeno dualidad onda partícula para la comprensión del mundo cuántico”, brindan una lectura sobre esta dicotomía: “Desde la mecánica cuántica, la dualidad onda-partícula se ilustra como aquella teoría unificada de los fenómenos lumino-

sos (fusión), donde se tiene conciencia de que determinados fenómenos se explican mejor desde el punto de vista ondulatorio mientras otros se explican mejor desde el punto de vista corpuscular” (2012, p. 140). Podría considerarse entonces que, según el tipo de observación que se realice, la luz puede actuar bien como una partícula, bien como una onda. Pero al realizar una afirmación sustancial, ¿qué diríamos sobre la luz? ¿es una onda o una partícula?

Al traducir este problema al lenguaje nos encontramos con esto:

1. La luz es una onda.
2. La luz es una onda y no puede no ser una onda.
3. La luz es una onda o la luz no es una onda.

1. La luz es una partícula.
2. La luz es una partícula y no puede no ser una partícula.
3. La luz es una partícula o la luz no es una partícula.

Las implicaciones son las siguientes:

1. La luz se presenta como una onda pero también se presenta como una partícula. ¿Cuál es su identidad, si hemos convenido en la primera sección de este artículo que una onda y una partícula son irreductibles entre sí?
2. Si se parte de cualquiera de las dos afirmaciones (onda/partícula) y se acepta también a la otra, incurrimos en una contradicción. Es decir: *Si la luz es una onda [pero, la luz es una partícula] entonces la luz no es una onda.*
3. Una de las dos acepciones tiene que ser verdadera y la otra falsa. Sin embargo, según el experimento encontramos que ambas tienen carácter de verdad.

Todo este planteamiento implica que desde el punto de vista teórico se debe “escoger una especie de entidad como el objeto fundamental de una teoría, donde ambas características de partícula y onda tienen derechos iguales, estableciendo aquel puente natural que comunica el mundo cuántico con el mundo clásico en una única dirección” (Segura et al., 2012, p. 141).

Queda por aclarar la pertinencia y papel de ese “puente natural” que, principalmente, ha roto con cierta tradición lógica y que ahora plantea cuestionamientos para la epistemología y la filosofía en general. Como habíamos señalado previamente, sería posible reducir este problema a una escaramuza lingüística, sin embargo esto no solucionaría la evi-

dencia empírica. ¿Estamos ante la necesidad de la creación de un nuevo tipo de categorías? ¿Un lenguaje transracional que de cuenta de aquello que todavía no comprendemos?

Lo cierto es que el principio de complementariedad de Bohr resulta limitado para solucionar el problema: señalar que ambos elementos no se contradicen, si no se complementan juega claramente con los principios lógicos. Juega claramente con lo que podemos concebir como “posible”.

La aceptación de la realidad lumínica puede traer importantes aportes para la lectura de toda la realidad, si consideramos que:

Un fotón tiene un comportamiento corpuscular, por ejemplo, cuando colisiona con otro fotón o, como ocurre en el efecto fotoeléctrico, con partículas (electrones, protones, etc.), pero un haz luminoso (un haz de fotones) manifiesta un comportamiento ondulatorio (onda electromagnética) cuando se difracta, se polariza o produce interferencias luminosas (Segura et al., 2012, p. 141).

Aquello que conocemos como “identidad” puede ser desmentido o al menos debe ser reelaborado. El análisis sobre el uso y la resemantización de estos conceptos debería ser trabajo de la filosofía, y más aún de los filósofos contemporáneos con acceso al discurso científico y sus “descubrimientos”.

En la siguiente sección se realiza una breve referencia al tema de la identidad, que puede establecer nuevas preguntas para el tratamiento de temas donde lógica y ontología presentan intersecciones.

La identidad como relatividad

El análisis que se ha brindado hasta el momento parece remitirnos a la pregunta por la identidad. Este tema que puede tratarse desde diversas disciplinas como la psicología, sociología o antropología, en realidad posee un claro trasfondo filosófico y por qué no decirlo, ontológico. Y por si fuera poco tiene también claras implicaciones con el lenguaje y la lógica.

Daros, en su artículo “El problema de la identidad. Sugerencias desde la filosofía clásica” destaca la etimología de la palabra *identidad* tanto en su raíz griega cuanto en la raíz latina. Con respecto a la primera señala: “identidad, en el griego clásico, se expresaba mediante el adjetivo y pronombre [...] con función de demostrativo. En estos casos, el demostrativo aparece utilizado para indicar que un sujeto o un objeto es el mismo” (Daros, 2005, p. 32), de manera que la identidad referida a un sujeto o objetivo se evidenciaba para no confundirlo con otro y para demostrar que es en sí, siempre igual. En el caso del latín, también aparece

como un adjetivo o pronombre demostrativo donde “la “autentidad” o autenticidad estaba dada por la misma entidad en cuanto era ella misma, no teniendo motivo para cambiar en su esencia, en lo que era, como sucedía con las cosas sensibles, finitas, temporales” (Daros, 2005, p. 32). Se entiende de esta manera que la identidad se mantiene a pesar de los accidentes y de la temporalidad.

Esta perspectiva clásica de identidad ha sido repensada en la historia de la filosofía por las paradojas a las que conduce, especialmente cuando consideramos el tema del cambio a través del tiempo.

Frente a esta y otras paradojas –como la que se ha presentado– parece necesario el establecimiento de nuevos criterios de identidad, que sean capaces de dar cuenta de su verdadera problemática. Una de las propuestas que ya se han planteado es la de Peter Geach, quien habla de la necesidad de una “identidad relativa”, aunque su análisis se constituya bajo el estudio de identidades numéricas y no cualitativas, como el caso que compete al presente artículo.

Sin embargo, el principio de Geach podría también ser aplicado al concepto de identidad con respecto a las entidades, Noonan y Curtis en su artículo “Identity” explican la compleja teoría de Geach de la siguiente manera: “dado que no puede brindarse ningún criterio por el cual un predicado, expresando un predicado-I, debería ser expresado no solamente por la indiscernibilidad relativa al lenguaje al cual pertenece, sino también con respecto a la indiscernibilidad absoluta, se debe abandonar la noción clásica de identidad” (Noonan et al., 2014, s/p). En última instancia la teoría de Geach busca acabar con la “identidad absoluta”, es decir con la nominación cerrada de un sujeto u objeto y reemplazarla con una identidad relativa, de características abiertas.

Esta identidad relativa podría responder finalmente a los problemas causados por la relación entre lógica y filosofía.

Conclusiones

Es evidente que existe algo como un barranco, profundo, entre la evidencia empírica y las categorías que utiliza el discurso científico para representar la realidad. Sin embargo, esto no parece nada nuevo. Desde los albores del pensamiento científico se han dado numerosos cismas en las explicaciones teóricas sobre la realidad, lo cierto es que al tratarse de un sistema completamente autorreferencial, cualquier cosa puede quedar demostrada si se siguen los modelos correctos.

La naturaleza del fotón nos muestra que la realidad nunca ha sido simple y que nuestras categorías no pueden funcionar como marcos cerrados. En una entidad tan pequeña se dan cita grandes contradicciones que nos invitan a repensar la lógica misma y su incidencia sobre el pensamiento, ¿cuáles son los verdaderos límites de lo racional cuando la contradicción es la norma? ¿qué es la identidad y cuál es su relación con la ontología?

Frente a esta y otras preguntas parece necesaria la formación filosófica en ciencia. No porque el discurso científico sea el correcto, sino porque ha moldado nuestra historia en las últimas décadas y lo ha hecho sin ningún filtro. La educación tiene aquí un papel fundamental ya que debe ser capaz de brindar las suficientes herramientas conceptuales para relacionar campos diversos y preguntarse sobre las co-implicaciones presentes y sus consecuencias.

Es evidente que a partir de la física cuántica se puede elaborar una nueva ontología, probablemente más comprometida con lo real; o se puede continuar el trabajo iniciado por otros filósofos en el campo de la metafísica, analizando nuevamente las categorías clásicas y su actual pertinencia.

A pesar de que el trabajo de Niels Bohr ha sido de vital importancia dentro del campo de la física, es casi desconocido en el de la filosofía. Situación que se repite con otros científicos que tuvieron dudas filosóficas y que comprendían que el advenimiento de la física cuántica implicaba una ruptura en el curso normal de la epistemología. El trabajo de Bohr y de sus compañeros debería ser tratado también desde la filosofía, un marco conceptual filosófico puede brindar una estructura mucho más fuerte al principio de complementariedad e inaugurar una nueva época para la filosofía de la ciencia.

Notas

- 1 Este principio podría también ser analizado en referencia a los experimentos mentales del físico Erwin Schrödinger. Especialmente para el caso donde un gato, dentro de una caja con veneno, está vivo y muerto mientras no se abra la caja.

Bibliografía

- BOCHENSKI, Józef
1977 *Lógica y Ontología*. Valencia: Teorema
- BUSTAMANTE, Guillermo
2008 Los tres principios de la lógica aristotélica: ¿son del mundo o del hablar? *Folios*, 24-30.

- CADENAS, Yolanda
2004 *Epistemología, ontología y complementariedad en Niels Bohr*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- CETTO, Ana María
2012 *La luz en la naturaleza y en el laboratorio*. México: Fondo de Cultura Económica.
- COPI, Irving
1962 *Introducción a la lógica*. México: Limusa.
- DAROS, William
2005 El problema de la identidad. Sugerencias desde la filosofía clásica. *Invenio*, 31-44. Recuperado el 4 de Agosto de 2016.
- HEWITT, Paul
2004 *Física conceptual*. México: Pearson Education.
- HOFWEBER, Thomas
2014 Logic and Ontology. En: *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. [En línea] Otoño 2014, disponible en: <http://plato.stanford.edu/entries/logic-ontology/> [Accesado el 4 de Agosto de 2016].
- NAVARRO, Oscar
2010 El surgimiento de la complementariedad: Niels Bohr y la Conferencia de Como. *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*, 65-76. Recuperado el 23 Junio de 2016.
- NOONAN, Harold, & CURTIS, Ben
2014 Identity. En: *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. [En línea] Otoño 2014, disponible en: <http://plato.stanford.edu/entries/identity/> [Accesado el 4 de Agosto de 2016].
- RUIZ, Marcos
1993 *Introducción a la lógica*. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- SEGURA, Aarón; NIETO, Viviana, & SEGURA, Esteban
2012 Un análisis profundo del fenómeno dualidad onda partícula para la comprensión del mundo cuántico. *Latin American Journal of Physics Education*, 137- 142. Recuperado el 23 de Junio de 2016.

Fecha de recepción del documento: 5 de julio de 2016

Fecha de aprobación del documento: 15 de agosto de 2016