

Deducción y conocimiento nuevo: una propuesta científicamente informada para enfrentar la paradoja de la inferencia*

Deduction and new knowledge: a scientifically informed proposal to face the paradox of inference

NANCY ABIGAIL NUÑEZ HERNÁNDEZ**

Resumen. En la deducción la verdad de las premisas garantiza la verdad de la conclusión porque la conclusión está contenida en las premisas; por ello varios filósofos han negado que es posible obtener conocimiento a través de la deducción o del razonamiento deductivo, dando lugar a un problema que se conoce como paradoja de la inferencia. Pare enfrentar este problema propongo distinguir entre el razonamiento deductivo como proceso cognitivo capaz de generar conocimiento nuevo y la implicación deductiva como una relación lógica entre proposiciones que da cuenta de la validez de la deducción, y presento evidencia científica que apoya esta propuesta.

Palabras clave: deducción, implicación, paradoja de la inferencia, fertilidad epistémica, ciencias cognitivas

Abstract. In deduction the truth of the premises guarantees the truth of the conclusion because the conclusion is contained in the premises; because of that many philosophers have denied the possibility of gaining knowledge through deduction or through deductive reasoning, which leads to a problem known as the paradox of inference. To address this problem, I propose a distinction between deductive reasoning as a cognitive process capable of generating new knowledge, and implication as a logical relation between propositions, which accounts for deduction's validity, and I present scientific evidence to underpin this proposal.

Keywords: deduction, implication, paradox of inference, epistemic fertility, cognitive sciences

Recibido: 27/11/2019. Aceptado: 30/09/2021.

* Este artículo es producto derivado de la investigación posdoctoral realizada con el apoyo de la beca de Estancias Posdoctorales por México de CONACYT.

** Investigadora en Institute of Philosophy of the Czech Academy of Sciences. Contacto: nunez@flu.cas.cz
Áreas de investigación: epistemología, filosofía de la lógica y filosofía de las ciencias cognitivas. Publicaciones recientes: *Philosophy of Computing. Themes from IACAP 2019*, Springer, 2022. "Narrowing of "Know" as a Contextualist Strategy against Cartesian Sceptical Conclusions". En *Sceptical Paths: Enquiry and Doubt from Antiquity to the Present*, editado por Giuseppe Veltri, Rachel Haliva, Stephan Schmid and Emidio Spinelli, De Gruyter, 2019

1. Introducción

La paradoja de la inferencia (Cohen & Nagel, 1934) plantea un dilema entre validez y fertilidad epistémica de la deducción, pues de acuerdo con la noción clásica de validez, si la conclusión de un argumento se sigue válidamente de las premisas, entonces el contenido de la conclusión ya está en el de las premisas, por lo que no es posible que dé lugar a conocimiento nuevo.¹ Para que la deducción produjese conocimiento nuevo, el contenido de la conclusión tendría que ser diferente del de las premisas, en cuyo caso el argumento no sería lógicamente válido. De modo que parece que un argumento deductivo no puede ser válido y epistémicamente fructífero al mismo tiempo. Morris Cohen y Ernest Nagel (1934, 173) expusieron este dilema con notable claridad:

Si en una inferencia la conclusión no está contenida en las premisas, no puede ser válida; y si no es diferente de las premisas, es inútil; pero la conclusión no puede estar contenida en las premisas y ser a la vez novedosa; por consiguiente, las inferencias no pueden ser tanto válidas como útiles.

Ninguno de los dos cuernos de este dilema ofrece una posición cómoda o fácilmente aceptable, pues sacrificar la validez en pro de la productividad epistémica es abandonar el terreno de la deducción entendida en términos de la lógica clásica. Entendida en estos términos, la característica distintiva de la deducción es su capacidad de preservar o garantizar la verdad de la conclusión dada la verdad de las premisas. Esta característica es imprescindible en la práctica matemática de probar teoremas pues para probar que estos son verdaderos, se asume la verdad de otros teoremas, lemas, axiomas o postulados según sea el caso. Asimismo, la capacidad de preservar verdad es valorada en otras disciplinas científicas en las que se recurre a la deducción, tales como la lógica o ciertas ramas de las ciencias de la computación, por lo que no es sensato ofrecer una solución al dilema que sacrifique la validez en pro de la productividad epistémica.

El otro cuerno del dilema no es más fácil de aceptar: desdeñar la posibilidad de que la deducción produzca conocimiento nuevo a cambio de preservar la validez, la hace parecer epistémicamente inútil o estéril.² Al enfrentar este problema, muchos filósofos han sucum-

1 Como se puede apreciar, tanto la paradoja de la inferencia como la noción clásica de validez a la que dicha paradoja hace referencia, se enmarcan en el ámbito de la lógica proposicional, en donde el carácter tautológico de los argumentos válidos puede dar lugar a preocupaciones como las que se ven reflejadas en la paradoja de la inferencia respecto a la carencia de novedad de la conclusión. Sin embargo, cabe destacar que dentro de la lógica clásica hay lenguajes más expresivos que el de la lógica proposicional, donde difícilmente se puede afirmar que la conclusión está ya contenida en las premisas. Uno de estos lenguajes es el de la lógica de predicados de primer orden, cuyas leyes son válidas sin ser tautologías. A pesar de ello, en este trabajo al hablar de lógica clásica se hará referencia a la lógica clásica proposicional debido a que es el ámbito en el que se formula la paradoja de la inferencia. Agradezco a un revisor anónimo por llamar mi atención al hecho de que en otros lenguajes (como la lógica de predicados) no se puede decir que la conclusión de un argumento está contenida en sus premisas, y al hecho de que aun en lógica proposicional hay muchas leyes válidas cuya validez se debe a razones modales, temporales, o deónticas, y no a su carácter tautológico.

2 A este mismo problema también se le ha nombrado como el escándalo de la deducción (Hintikka, 1970) o el problema de la justificación de la deducción (Dummett, 1978).

bido a la tentación de sacrificar la fertilidad epistémica de la deducción en pro de la validez. Por ejemplo, Cohen y Nagel consideraron que la deducción no puede aportar conocimiento nuevo y que el único sentido en el que se puede hablar de novedad en la deducción es un sentido psicológico que tiene que ver con la sensación de sorpresa que se puede experimentar ante la conclusión de algunos argumentos.

En años recientes, el psicólogo Jonathan St. B. T. Evans (2013, 2) afirmó que “el razonamiento deductivo es tautológico. No añade conocimiento nuevo, sino que establece las consecuencias necesarias de lo que ya se ha asumido.” Pero esta postura es problemática a luz de la fertilidad epistémica de ciencias en las que la deducción juega un papel primordial y constantemente producen conocimientos nuevos, tales como las matemáticas o las ciencias de la computación. Dicha fertilidad epistémica indica que la deducción sí posee valor epistémico como fuente de conocimiento nuevo. Con el objetivo de dar cuenta de dicho valor epistémico sin sacrificar la noción clásica de validez, a continuación, se presenta una propuesta que hace frente a la paradoja de la inferencia disolviendo el dilema entre fertilidad epistémica y validez, tomando en cuenta evidencia en torno a la posibilidad de adquirir conocimiento nuevo a través del razonamiento deductivo.

2. Conocimiento nuevo y deducción

2.1. Conocimiento nuevo

Dada la directriz naturalista de este trabajo, se asume una comprensión del conocimiento como estado mental (Nagel, 2013; Williamson, 2000; Briker, 2021; Bricker, 2021). Siguiendo a Timothy Williamson, se entenderá conocimiento como un estado mental fáctico.³ Esta caracterización del conocimiento se contraponen a la definición tradicional de conocimiento como un concepto que se puede analizar en términos de ciertas condiciones necesarias y suficientes (i. e. en términos de creencia verdadera justificada). Entendido como estado mental, el conocimiento no se descompone en estados más simples; en palabras de Jennifer Nagel, “desde esta perspectiva, el conocimiento es meramente un estado mental en lugar de un compuesto de estados mentales de creencia y otros factores no-mentales.” (Nagel 2013, 284) Asimismo, entendido como estado mental, el conocimiento es análogo a otros estados mentales como creer que algo es el caso, sin embargo, debido a que el conocimiento se distingue por ser un estado mental fáctico, sólo se puede tener conocimiento de proposiciones verdaderas, mientras que se puede creer que algo es el caso sin que sea verdadero.

De acuerdo con la propuesta de Williamson, que es una de las más desarrolladas entre las que defienden el conocimiento como estado mental, “conocer” es un operador fáctico de estados mentales o FMSO por sus siglas en inglés (*factive mental state operator*). Tal como lo explica Florencia Rimoldi (2014, 177), las FMSO son la realización, en un lenguaje natural, de las actitudes fácticas estativas, es decir, aquellas actitudes proposicionales que se caracterizan por ser tales que, si un sujeto tiene una de estas actitudes hacia determinada proposición *p*, entonces necesariamente *p* es verdadera, y dicha actitud proposicional es un

3 Al escribir en castellano, otros autores que hacen referencia al trabajo de Williamson traducen “factive” como “factivo” (por ejemplo, Florencia Rimoldi (2014)); sin embargo, en este trabajo se traduce como “fáctico.”

estado (no un proceso) que no se puede descomponer en elementos más simples. Los FMSO se distinguen por ser inanalizables semánticamente, ser fácticos, adscribir ciertas actitudes proposicionales a los sujetos, y por el hecho de que “conocer” o “saber” es el más general de los FMSO.⁴

Si bien algunos epistemólogos (Greenough & Pritchard, 2009) han criticado la comprensión del conocimiento como estado mental, recientemente Bricker puso a prueba casos de atribución de conocimiento en un estudio de encefalograma, los cuales, de acuerdo con los resultados del estudio, se pueden considerar como estados mentales. Teniendo esta evidencia como respaldo para adoptar la comprensión del conocimiento como estado mental, un sujeto que tiene conocimiento nuevo se encuentra en un nuevo estado mental fáctico respecto a una proposición dada. Es decir, al adquirir conocimiento nuevo, el sujeto se encuentra en un estado mental cuyo contenido es diferente al de otros estados que haya tenido con anterioridad; en otras palabras, el sujeto tiene un nuevo estado mental de saber que una proposición dada es el caso.

Al preguntar si la deducción es epistémicamente fructífera lo que se está preguntando es si tiene la capacidad de producir conocimiento nuevo, es decir, conocimiento que el sujeto no tuviese antes de deducir. En otras palabras, que la deducción sea epistémica fructífera significa que da lugar a nuevos estados mentales que se pueden distinguir claramente del cuerpo de conocimiento que el sujeto poseía previamente por su contenido —las proposiciones involucradas en estos nuevos estados.

2.2. *Distinción entre implicación y razonamiento deductivo*

La deducción se puede estudiar al menos desde dos disciplinas de conocimiento diferentes: la lógica y la psicología; la primera se concentra en la relación de consecuencia que se da entre las proposiciones que conforman la deducción, mientras que la segunda estudia el razonamiento deductivo en tanto proceso psicológico.⁵ En concordancia con ello, las nociones como la de argumento y validez serán caracterizadas desde un punto de vista lógico, en tanto que inferencia y razonamiento lo serán desde el marco de la psicología. Así pues, al hablar de un argumento nos referiremos a un conjunto de proposiciones, de las cuales una es la conclusión y el resto son las premisas. En términos más formales, en lógica un argumento se define como una secuencia $A_1 \dots A_n$ de proposiciones de las cuales $A_1 \dots A_{n-1}$ son las premisas y A_n es la conclusión.

En contraste, al hablar de inferencia haremos referencia a un proceso psicológico. De acuerdo con Hugo Mercier y Dan Sperber, en ciencias cognitivas generalmente se entiende por inferencia:

- 4 No está dentro de los objetivos de este trabajo ahondar en la propuesta de Williamson respecto a los FMSO y el conocimiento como el estado mental fáctico más general, sin embargo, la siguiente cita puede ilustrar la generalidad del conocimiento como FMSO: “La percepción apunta a percibir que algo es el caso; la memoria apunta a recordar que algo es el caso. En la medida en que el conocimiento es el estado fáctico más general, todos esos procesos apuntan a tipos de conocimiento.” (Williamson, 2005, 2)
- 5 La relación entre estas dos aproximaciones al estudio de la deducción ha generado una gran polémica, pues es un hecho ampliamente aceptado que la lógica no ofrece una teoría descriptiva del razonamiento deductivo, pero tampoco es claro que exista una conexión normativa entre lógica y razonamiento.

la producción de nuevas representaciones mentales sobre la base de representaciones previamente adquiridas. Ejemplos de inferencias son la producción de nuevas creencias sobre la base de creencias previas, la producción de expectativas sobre la base de percepciones, o la producción de planes con base en preferencias y creencias (Mercier & Sperber, 2011, 57).

Mercier y Sperber señalan además que el proceso psicológico de llevar a cabo una inferencia no siempre es consciente. Asimismo, David Moshman señala que una inferencia lógica es algo ordinario incluso en los niños, por ejemplo, los niños menores de 6 años hacen inferencias, aunque no estén conscientes de ello ni tengan conocimiento de lógica (Moshman, 2004, 229-230). De acuerdo con Moshman, las inferencias se caracterizan por ir más allá de los datos, pero son algo que llevamos a cabo de manera inconsciente (Moshman, 2004, 223).

A diferencia de la inferencia, el razonamiento es un proceso consciente; Mercier y Sperber lo definen en los siguientes términos:

una forma específica de inferencia que se da a nivel conceptual, donde no sólo se produce una nueva representación mental (o *conclusión*), sino que las representaciones previamente sostenidas (o *premisas*) que lo garantizan son consideradas de manera consciente (Mercier & Sperber, 2011, 57).

Es decir, el razonamiento permite considerar de manera consciente una nueva representación mental, i. e. una conclusión que se sigue de ciertas premisas. Pero ello no significa que los procesos inferenciales tengan menor relevancia epistémica pues, de acuerdo con Mercier y Sperber, los procesos inferenciales son aquellos que dan lugar a una representación que se sigue –necesaria o probabilísticamente– de las representaciones que constituyen los insumos o inputs del proceso. La función de un proceso inferencial es “aumentar y corregir la información disponible para el sistema cognitivo” (Mercier & Sperber, 2011, p. 58). Desde el punto de vista evolutivo, estos procesos inferenciales son llevados a cabo por una variedad de mecanismos de dominio específico de manera inconsciente, es decir, no son procesos que los individuos deciden realizar y pese a que pueden estar conscientes de haber llegado a una determinada conclusión –ser conscientes del output del proceso inferencial– no son conscientes del proceso que la generó. Es decir, estos procesos generan creencias que los sujetos poseen sin ser conscientes de las razones para sostenerlas. En contraste, lo que caracteriza el razonamiento es la consciencia que tienen los sujetos de las razones para sostener determinada creencia. En palabras de Mercier y Sperber, “lo que caracteriza el razonamiento propiamente hablando es la consciencia no sólo de la conclusión sino también del argumento que justifica la aceptación de la conclusión” (Mercier & Sperber, 2011, 58). De modo que en virtud del razonamiento deductivo el sujeto logra ser consciente de cierta conclusión y de que ésta se sigue de un determinado conjunto de premisas.

Así pues, inferencia y razonamiento son procesos psicológicos, mientras que los argumentos son conjuntos de proposiciones. Este trabajo se enfoca en argumentos, inferencias y razonamientos deductivos. En un argumento deductivo la verdad de la conclusión se sigue de manera necesaria de la verdad de las premisas. Esta relación entre las premisas y la

conclusión de un argumento deductivo se denomina validez y únicamente se predica de los argumentos deductivos.⁶ En lógica se suele distinguir entre las caracterizaciones sintáctica y semántica de validez. De acuerdo con la primera, un argumento $A_1 \dots A_{n-1} \vdash A_n$ es deductivamente válido –en el sentido de la lógica clásica– en un lenguaje formal L sólo en caso de que la conclusión, A_n , sea deducible de las premisas $A_1 \dots A_{n-1}$, y de los axiomas de L (si los hay) en virtud de las reglas de inferencia de L . De acuerdo con la caracterización semántica, un argumento $A_1 \dots A_{n-1} \vdash A_n$ es deductivamente válido sólo en caso de que sea imposible que las premisas $A_1 \dots A_{n-1}$ sean verdaderas y la conclusión A_n falsa. Si bien es cierto que para el caso de la lógica proposicional clásica ambas nociones son co-extensivas, al hablar de argumentos deductivos a lo largo de esta investigación estará de fondo la caracterización semántica de argumento deductivamente válido. En concordancia con ello, un argumento es válido cuando sus premisas implican la conclusión y esto se da debido a que la conclusión está contenida en las premisas.⁷

En concordancia con lo anterior, la relación de implicación es una relación que se da entre proposiciones. Y si bien las premisas de un argumento deductivamente válido implican su conclusión, aceptar las premisas de este tipo de argumentos no implica aceptar la conclusión, es decir, es posible que alguien acepte las premisas de un argumento deductivamente válido sin que acepte o tenga conocimiento de la conclusión. Para que ello ocurra es necesario que el sujeto deduzca la conclusión de las premisas, es decir, que lleve a cabo una inferencia deductiva o que razone deductivamente. John Corcoran explica esta distinción:

La gente deduce, las proposiciones implican. Un conjunto dado de proposiciones *implica* cada proposición cuya información está contenida en ese conjunto dado de premisas. *Deducir* una determinada conclusión de ciertas premisas es *ver* que el conjunto de premisas implica la conclusión (Corcoran, 2009, 2).

De modo que un sujeto puede permanecer en ignorancia de cuáles son las implicaciones de un determinado conjunto de proposiciones hasta que conscientemente realice un razonamiento deductivo que le permita saber qué conclusión se sigue de esas proposiciones. Por ende, es crucial distinguir entre el nivel lógico al cual pertenece la implicación deductiva y el nivel psicológico en el que se dan procesos cognitivos como las inferencias y el razonamiento. Esta distinción es la clave para defender que es posible adquirir conocimiento nuevo mediante la deducción y al mismo tiempo hacer frente a la paradoja de la inferencia.

La distinción entre implicación –relación entre proposiciones– y razonamiento deductivo –proceso cognitivo– es la clave para defender que la deducción genera conocimiento nuevo, entendiendo por deducción el proceso cognitivo y no la relación entre proposiciones. Por lo tanto, la utilidad o fertilidad epistémica no es incompatible con la validez, pues ambas se dan en ámbitos distintos: la fertilidad epistémica puede ocurrir como producto del razonamiento

6 Como casi cualquier otra noción o concepto filosóficamente relevante, el concepto de validez ha dado lugar a un amplio debate. Aquí haremos referencia a una caracterización tradicional de dicho concepto, enraizada en la lógica clásica, porque es precisamente esta caracterización la que está en juego en la paradoja de la inferencia.

7 Hemos decidido apegarnos al planteamiento que ofrece la paradoja de la inferencia no sólo por mor de la consistencia, sino porque es el problema que estamos discutiendo. No obstante, otras caracterizaciones de validez son compatibles con nuestra propuesta.

deductivo que se da en el ámbito de los procesos cognitivos, mientras que la validez ocurre cuando un conjunto de proposiciones implica otra proposición. Por tanto, la validez y la posibilidad de obtener conocimiento nuevo no son incompatibles como lo planteaba la paradoja de la inferencia. Un sujeto puede entender y tener conocimiento de un determinado conjunto de proposiciones sin por ello saber todas las implicaciones que se siguen válidamente de ese conjunto de proposiciones, así que cuando logra tener conocimiento de alguna de esas proposiciones, logra saber algo que no sabía antes, es decir, adquiere conocimiento nuevo. Si como señala Moshman (2004, 221) las inferencias son rutinarias incluso entre los niños en edad preescolar pero el razonamiento lógico continúa desarrollándose a lo largo de los años y no es perfecto ni siquiera en los adultos, difícilmente se puede aceptar que seamos capaces de tener conocimiento inmediato de la conclusión que se sigue de un conjunto de premisas.⁸

Por ende, al distinguir entre implicación y razonamiento deductivo, la paradoja de la inferencia se disuelve y el dilema entre validez y fertilidad epistémica resulta ser un falso dilema, producto de una falacia de equivocación entre implicación y razonamiento deductivo. Susan Haack ya había notado esta diferencia: “La implicación deductiva es necesaria; la inferencia deductiva es informativa” (Haack, 1982, 226). No obstante, Haack no apela a esta distinción para solucionar la paradoja de la inferencia sino para criticar la postura de Dummett respecto a la fertilidad y necesidad de la deducción. Una de las aportaciones originales que ofrece este trabajo es la propuesta de hacer frente al problema de la paradoja de la inferencia diagnosticando la paradoja misma como el resultado de un equívoco entre implicación y razonamiento deductivo.

Así pues, se puede responder al reto filosófico que supone la paradoja de la inferencia apelando a la diferencia entre implicación y razonamiento deductivo; teniendo en cuenta esta diferencia, la paradoja se disuelve debido a que la relación lógica de implicación que se da entre proposiciones es una relación necesaria y a priori, que se da entre entidades abstractas. En contraste, el razonamiento deductivo es un proceso cognitivo que llevan a cabo seres humanos con capacidades y recursos cognitivos limitados, no es a priori, ni es necesario (un conjunto de proposiciones puede implicar otra sin que el sujeto lleve a cabo el proceso de razonamiento que le permita saberlo). John Corcoran también reconoce esta diferencia:

Implicación es una relación estática atemporal de conjuntos de premisas a proposiciones singulares. Deducción es una acción epistémica realizada por agentes-pensantes para “sacar” información particular de otra información que ya la contiene. La deducción se da en el tiempo (Corcoran 1989, 32).

El dilema que plantea la paradoja se disuelve tras distinguir implicación y razonamiento deductivo, pero “esta respuesta rápida no está lejos de la verdad; pero requiere mayor atención antes de ser aceptada” tal como lo señala la propia Susan Haack (1982, 226). A continuación, se presentarán los resultados de una investigación que da cuenta de una mayor atención a esa distinción que, al asumir que el razonamiento deductivo es un proceso

8 Aunque haya casos en que ello es posible porque la conclusión que se sigue es trivial, no siempre es posible saberlo de manera inmediata y para que fuese posible sería necesario que la capacidad de razonamiento lógico fuese perfecta.

cognitivo, conlleva compromisos empíricos. En la siguiente sección se muestra evidencia consistente con dichos compromisos empíricos:⁹ estudios que se realizaron con el propósito explícito de investigar el proceso mediante el cual los sujetos “obtienen” la conclusión de un argumento deductivo.¹⁰ La hipótesis que se ha defendido hasta ahora permite dar cuenta de algunos de los resultados más relevantes de estos estudios.

3. Evidencia en torno a la fertilidad epistémica del razonamiento deductivo

Las ciencias cognitivas enmarcan varias disciplinas de conocimiento cuyo denominador común es el estudio de la cognición. Dado que los resultados obtenidos en cada una de estas diferentes disciplinas rara vez son concluyentes, el uso de diferentes metodologías puede generar evidencia convergente en la que diferentes tipos de resultados apuntan a la misma conclusión; dicha evidencia es uno de los indicios más importantes para calificar como exitosa y satisfactoria una investigación en ciencias cognitivas. Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación, revisaremos los resultados de un estudio de neuroimagen y de un estudio de psicología del desarrollo, pues ambos aportan evidencia relevante que apunta a que es posible obtener conocimiento nuevo a través del razonamiento deductivo.

3.1. Estudio de neuroimagen sobre la generación de conclusiones de argumentos deductivos

Buscando respuestas a qué ocurre cuando los sujetos infieren la conclusión de un argumento deductivo Carlo Reverberi (2007) y un grupo de científicos de la cognición llevaron a cabo un estudio sin precedentes con el objetivo de determinar cuáles son las bases neurales de la generación de conclusiones de deducciones sencillas. El experimento que llevaron a cabo fue diseñado específicamente para investigar cuáles son las bases neurales de la producción o inferencia de conclusiones de argumentos deductivos. En el experimento participaron cuarenta sujetos sanos (con una edad promedio de 25 años) que fueron sometidos a un escáner de imagen de resonancia magnética funcional (fMRI por sus siglas en inglés) mientras resolvían los problemas. Como estímulo se usaron ciento veintiocho problemas de deducción simple (argumentos que empleaban solamente la regla *Modus Ponens* o de Eliminación de la Disyunción, pero no ambas a la vez en el mismo), con tres premisas (P1, P2, P3) y una conclusión, cuyas oraciones hacían referencia a la presencia o ausencia de figuras geométricas en una superficie. En la mitad de los problemas era posible inferir una

9 Estos estudios no confirman que el razonamiento deductivo es epistémicamente fructífero, sabemos por la tesis Duhem-Quine (Duhem, 1914; Quine, 1951) que nuestras afirmaciones y teorías están subdeterminadas por la evidencia empírica. El tema de la subdeterminación empírica es uno de los más debatidos por los filósofos de la ciencia y ofrecer una explicación detallada al respecto va más allá del propósito de este trabajo; el lector interesado en el tema puede consultar manuales de filosofía de la ciencia o empezar por la obra de Duhem y Quine a la que se hace referencia aquí.

10 A raíz de los resultados de la tarea de selección de Wason, la mayoría de los estudios en torno al razonamiento deductivo están dirigidos a investigar en qué medida los sujetos son capaces de determinar la validez de un argumento deductivo, es decir, los sujetos se enfrentan a un argumento con una conclusión dada y su tarea es evaluar la validez del argumento, no generar la conclusión, como en el caso de los estudios que veremos a continuación.

conclusión a partir de las premisas (a estos los denominan “integrables”), mientras que en la otra mitad no lo era (“no-integrables”).

En el experimento los participantes debían leer cada una de las premisas y derivar una conclusión tan rápido como les fuese posible. Al final de cada prueba se les mostraba una lista con varias alternativas y se les pedía que reconocieran la conclusión que habían inferido. Cada prueba fue introducida por un punto de fijación que duraba un segundo, acto seguido se mostraban las premisas (P1, P2, P3) en orden, una por una. Todos los elementos del problema (premisas y conclusión) aparecían en una secuencia temporal y nunca al mismo tiempo. Se solicitó a los participantes apretar un botón tan pronto estuviesen listos para leer la siguiente premisa o seleccionar la conclusión y al hacerlo, la premisa que estaban observando desaparecía y la pantalla se quedaba en blanco por 2 segundos. Después de que aparecía la premisa P3 y se quedaba en blanco la pantalla, aparecía un signo de interrogación durante un 1 segundo, anticipando la presentación de las cuatro conclusiones alternativas. En ese momento el sujeto debía reconocer la conclusión que había inferido tan rápido como le fuese posible y apretar un botón para seleccionar su respuesta, para lo cual disponía de 3 segundos (se informó a los participantes que cuando no fuese posible inferir una conclusión, P1 sería considerada como la conclusión correcta).

Entre los resultados que arrojó este estudio destacan los siguientes: 93% de las respuestas con condicionales fueron correctas, mientras que en los problemas con disyunción 88% de las respuestas fueron correctas. Los tiempos de respuesta fueron significativamente más largos para las oraciones integrables que para las no-integrables. Buscando el substrato neural de la generación de conclusiones en inferencias deductivas proposicionales, se encontraron dos regiones cerebrales relacionadas con la aparición de la segunda y tercera oraciones en cada problema, que además mostraron i) mayor activación para las oraciones integrables que para las no integrables, ii) un efecto de integración tanto para los problemas condicionales como para los disyuntivos y iii) un efecto de integración mayor para los problemas disyuntivos que para los condicionales. Una de estas regiones incluye el giro frontal inferior izquierdo y el pre central izquierdo (BA 44 y 6), la otra se localiza en el lóbulo parietal inferior izquierdo (BA 40).

Esas dos regiones constituyen las bases neurales de la generación de conclusiones en por lo menos algunos tipos de problemas deductivos, debido a que su actividad es mayor cuando los tiempos de razonamiento son más prolongados. A favor de que estas regiones cerebrales constituyen las bases neurales de la generación de conclusiones de deducciones sencillas, Reverberi y sus colegas argumentan que el nivel de activación de esas regiones está correlacionado con mediciones de aspectos específicos del comportamiento de los sujetos al momento de la activación, tales como el “tiempo de razonamiento”, que es el tiempo promedio que un sujeto necesita para llevar a cabo una inferencia deductiva. Estos científicos establecieron una correlación entre el tiempo de razonamiento y el promedio de la activación cerebral relacionada con el razonamiento. Encontraron que tanto en las regiones frontal y parietal relacionadas con el razonamiento, la actividad cerebral se correlaciona fuertemente con los tiempos de razonamiento para los problemas condicionales y los disyuntivos.

En contraste, la actividad cerebral en estas dos regiones no mostró correlación con el “tiempo de procesamiento” (el tiempo promedio de reacción después de presentadas la segunda y tercera premisa). Cabe destacar que los resultados de este estudio son consistentes

con un meta-análisis que llevo a cabo el equipo de Jérôme Prado (2011) analizando veintiocho estudios de neuroimagen sobre el razonamiento deductivo; los resultados de este meta-análisis revelan que dichos estudios, lejos de ser inconsistentes entre sí, muestran patrones de activación en regiones cerebrales específicas del sistema fronto-parietal izquierdo y el ganglio basal izquierdo, además de corroborar los resultados de Goel (2007) respecto a que el razonamiento deductivo no depende de un solo sistema.¹¹

El estudio que realizó Reverberi es de suma importancia para comprender el proceso cognitivo del razonamiento deductivo, ya que identifica las bases neurales de la generación de conclusiones de argumentos deductivos y muestra que las regiones cerebrales involucradas en el procesamiento de la información de las premisas no son las mismas que aquellas involucradas en la generación de conclusiones. Es decir, deducir (incluso en los casos más sencillos) involucra dos procesos: comprender o tener conocimiento de las premisas y generar la conclusión, siendo éstas dos etapas distintas con correlatos neurales distintos.¹² Estos resultados se pueden interpretar como evidencia de que generar o inferir la conclusión para tener conocimiento de ella no se reduce al proceso de comprender o conocer las premisas, lo cual indica que no es suficiente entender o tener conocimiento de un conjunto de premisas para saber qué se sigue de ellas, a pesar de que aquello que se sigue de las premisas esté contenido en ellas.

Como se recordará, de acuerdo con la paradoja de la inferencia, los sujetos deberían saber la conclusión de un argumento desde el momento en el que tienen conocimiento de las premisas pues la conclusión está contenida en éstas. Sin embargo, los resultados del estudio de Reverberi indican que no es suficiente comprender o tener conocimiento de las premisas de un argumento para saber qué conclusión está contenida en ellas; para ello se requiere un proceso distinto al de la mera comprensión de las premisas. Esto indica que la conclusión

11 Cabe destacar que los estudios examinados en el análisis de Prado contemplan tres tipos de argumentos deductivos, que Prado clasifica en argumentos relacionales (del tipo A está a la izquierda de B. B está a la izquierda de C. Por lo tanto, A está a la izquierda de C.), argumentos categóricos (silogismos tradicionales con cuantificadores) y argumentos proposicionales (de la forma *Modus Ponens*).

12 Es importante recalcar que los estudios de neuroimagen como este muestran correlaciones entre patrones de actividad cerebral y el procesamiento de información o el desempeño de alguna tarea cognitiva, es decir, no muestran relaciones de causalidad y no demuestran que las regiones cerebrales activadas sean esenciales para la realización de la tarea o el proceso cognitivo. Sin embargo, este tipo de estudios ofrecen evidencia que puede ser útil para entender si una determinada región cerebral está relacionada con un tipo específico de representación o proceso cognitivo. Por ejemplo, hoy en día un gran número de neurólogos aún asumen que, si dos tareas activan diferentes regiones o áreas del cerebro (lo que se conoce como disociación), se puede interpretar como evidencia de que al menos parcialmente esas tareas involucran representaciones o procesos distintos (Smith, Kosslyn, & Barsalou, 2007, 29). Por ejemplo, las áreas del cerebro que se activan cuando mantenemos información verbal en la memoria de trabajo son diferentes a las que se activan cuando recordamos información previamente almacenada (Smith, 2000; Nyberg, 1996) lo cual se ha interpretado como evidencia de que la memoria de trabajo no es una porción activa de la información previamente almacenada en la memoria de largo plazo. Se pueden interpretar de manera análoga los resultados del estudio que realizó Reverberi: dado que las regiones cerebrales involucradas en la comprensión de las premisas son distintas de las involucradas cuando se genera la conclusión, parece que éste último proceso no es sólo una “porción activa” de la comprensión de las premisas. Es decir, deducir la conclusión que se sigue válidamente de un conjunto de premisas es algo diferente de la mera comprensión de éstas y, por lo tanto, se puede considerar que aporta conocimiento que el sujeto no tenía al momento de procesar las premisas, por lo que sería conocimiento nuevo diferente del de las premisas.

del argumento no siempre será algo que los sujetos puedan saber desde el momento en que saben las premisas. Un proceso cognitivo diferente al de la comprensión del contenido de las premisas es necesario para llegar a saber la conclusión.

Aunado a ello, este estudio muestra que, a diferencia de la relación lógica de implicación entre premisas y conclusión, el proceso cognitivo de llevar a cabo una inferencia deductiva no es una relación atemporal, en donde la conclusión no conlleva novedad alguna respecto a las premisas. Por el contrario, el estudio de Reverberi muestra que se trata de un proceso que se da en un cierto tiempo y en el que el procesamiento de las premisas a nivel cerebral es diferente de la generación de la conclusión. En ciencias cognitivas el tiempo que los sujetos tardan en procesar información se conoce como tiempo de reacción y básicamente es la duración del intervalo entre la presentación de un estímulo y la respuesta del sujeto al estímulo y se mide para inferir la duración de procesos (Luce, 1991). “En general, los participantes necesitan más tiempo para responder cuando la tarea requiere mayor procesamiento cognitivo” (Smith, Kosslyn, & Barsalou, 2007, 28), es decir, se requiere más tiempo cuando resolver la tarea demanda mayor esfuerzo. Si los sujetos supieran qué conclusión se sigue de las premisas desde el momento en que saben las premisas, no necesitarían tiempo o esfuerzo para deducir y saber qué conclusión se sigue, en cuyo caso la tarea de generar la conclusión habría sido tan fácil que se habría observado lo que en ciencias cognitivas se denomina “efecto de techo”: todos los participantes habrían respondido inmediatamente y correctamente todas las preguntas. Sin embargo, el tiempo que tardan los sujetos apunta a que no saben inmediatamente cuál es la conclusión que se sigue válidamente de un conjunto de premisas, y en ese sentido, adquieren nuevo conocimiento cuando la deducen correctamente.

3.2. Estudio en psicología del desarrollo sobre la deducción como fuente de conocimiento

Toca en turno examinar los resultados de un estudio de psicología del desarrollo que son relevantes para defender que es posible obtener nuevo conocimiento a través del razonamiento deductivo. Esto se puede apreciar al considerar que los sujetos que participaron en el experimento obtienen nuevo conocimiento después de llevar a cabo las tareas de razonamiento deductivo diseñadas por los experimentadores, pues son niños que nunca antes habían estado en ese laboratorio ni habían tenido contacto con los materiales empleados en los experimentos, de modo que al resolver las tareas de razonamiento sus respuestas califican como conocimiento nuevo de este entorno que les era completamente desconocido. Estos experimentos llevados a cabo por Bradford Pillow y sus colegas tenían la finalidad de determinar si los niños entienden la deducción como una fuente de conocimiento y a qué edad lo logran (Pillow et al., 2000).

El punto de partida de estos psicólogos es que entender la deducción como una fuente de conocimiento implica tener a) la habilidad de atribuir conocimiento inferencial a otros, b) la habilidad de explicar el origen del conocimiento de otras personas apelando a un proceso inferencial, c) la habilidad de distinguir procesos inferenciales de otras fuentes de conocimiento o creencia (como percibir o adivinar), y d) la habilidad de evaluar las creencias adquiridas mediante inferencias. Los niños entienden que las inferencias son una fuente de conocimiento cuando reconocen que otros adquieren conocimiento a través de éstas, cuando

reconocen que las inferencias son un proceso cognitivo distinto de otros, cuando reconocen que al inferir se adquiere un grado de certeza mayor que al adivinar, y cuando hacen referencia a la información de las premisas para explicar el conocimiento adquirido mediante la inferencia (lo cual indica que reconocen que inferir involucra integrar la información de las premisas).

Estos supuestos sirven de guía para los experimentos diseñados con el propósito de investigar la habilidad de los niños para explicar y juzgar el origen y grado de certeza del conocimiento inferencial, el conocimiento perceptual y las creencias que resultan de simplemente adivinar. En uno de los experimentos diseñados por Pillow y sus colegas se pide a los niños que evalúen la certidumbre de enunciados basados en percepción directa, inferencia y mera adivinación; además, se les pide que expliquen el origen de las creencias formadas a través de percepción, inferencia y mera adivinación. En otro experimento se solicita a los niños que evalúen el grado de certeza derivado de inferencias válidas o de inferencias inválidas.

En el primer experimento participaron niños y niñas de entre 4 y 7 años (divididos en grupos de 4 años, 5 años y 7 años). Se emplearon dos contenedores opacos, una marioneta, siete pares de figuras pequeñas de diferentes colores y una regla que servía como escala de evaluación en cuyos extremos derecho e izquierdo había una cara feliz y una triste respectivamente, una flecha que se podía mover al largo de la regla y un punto a la mitad de la regla.¹³ Antes de realizar el experimento se llevó a cabo un procedimiento de calentamiento o de preparación (con características similares a las de las pruebas que después realizarían), diseñado para familiarizar a los niños con la escala de evaluación y la prueba de inferencia. En este procedimiento se mostraron a los niños dos fotografías de objetos familiares y dos de objetos desconocidos y en cada caso se les preguntaba si sabían que objeto era, si estaban seguros de ello y se les pedía que indicaran en la escala qué tan seguros estaban (señalar la cara feliz o la triste, dependiendo de si estaban muy seguros o no, respectivamente). Para introducir la prueba de inferencia se mostraba a los niños dos figuras de diferente color, luego los niños veían como cada figura era introducida en un contenedor diferente y acto seguido se les permitía ver qué figura había dentro de uno de los contenedores, entonces se le preguntaba cuál era el color de la otra figura sin que la vieran y luego se les pedía que indicaran en la escala qué tan seguros estaban al respecto.

En el experimento se realizaron de manera alternada seis pruebas con cada niño, en las que se escondía una figura diferente en cada uno de los contenedores. En las dos pruebas de percepción la marioneta miraba uno de los contenedores y luego hacía una afirmación acerca del color de la figura que contenía. Por ejemplo, el experimentador decía: “Tengo dos canicas, una azul y una naranja. Bob, la marioneta, sabe que son de diferentes colores.” Entonces la marioneta decía: “Hay una azul y una naranja”. Luego el experimentador escondía las canicas y la marioneta miraba uno de los contenedores y decía “Aquí hay una canica azul”. Luego el experimentador solicitaba al niño que explicara la creencia de la marioneta y evaluara su grado de certeza usando la escala elaborada con la regla: “¿Por qué cree Bob que la canica es azul?” y “¿Qué tan seguro está Bob de que la canica es azul? Pon la flecha aquí (cara feliz) si Bob está muy, muy seguro, aquí (cara triste) si Bob no sabe o aquí (cerca

13 Todos los experimentos realizados por Pillow y su equipo en este estudio fueron precedidos por sus respectivos procedimientos de familiarización, los cuales se describen a detalle en el artículo.

del medio) si Bob está un poco seguro.” El procedimiento fue similar para las dos pruebas de inferencia, pero la marioneta veía un contenedor y hacía una afirmación respecto al color de la figura escondida en el otro contenedor. Para las dos pruebas de adivinar la marioneta sólo apuntaba a uno de los contenedores y sin ver el contenido de ninguno emitía una afirmación respecto al color de la figura en uno de ellos.

Los resultados del procedimiento de preparación arrojaron que los niños se evaluaron a sí mismos como más seguros del nombre de los objetos familiares que del de aquellos que desconocían, además de mostrar que todos los niños eran capaces de hacer una inferencia deductiva simple, pues todos los niños infirieron correctamente el color del objeto escondido. La inferencia deductiva que llevaron a cabo fue un *Modus Ponens*: Si esta figura es verde, entonces aquella es azul. Esta figura es verde. Por lo tanto, aquella es azul. Al evaluar el desempeño de los niños en las tareas del experimento, se examinaron a) para cada grupo de edad, el promedio de los valores de certeza en la prueba de percepción, la de inferencia y la de adivinar; b) patrones de los valores certeza individual en las tres pruebas; c) la explicación de los orígenes del conocimiento de la marioneta; y d) la relación entre los patrones de explicación individual y los patrones de certeza en las respuestas. Los niños evaluaron con un grado menor de certeza las pruebas en las que la marioneta sólo adivinaba que las pruebas en las que veía y en las que infería, lo que sugiere que distinguían entre las pruebas de adivinar y las de percibir e inferir.

Por otro lado, las explicaciones que ofrecieron los niños respecto a las creencias que la marioneta mostraba en relación a la figura escondida se clasificaron en tres categorías: a) referencia a la percepción directa del objeto en cuestión, b) referencia a una o ambas premisas que formaban la base de la inferencia del color del objeto y c) referencia a adivinar (todas las otras respuestas se catalogaron como “otra”). Los niños ofrecieron explicaciones en el 61% de las pruebas. En las pruebas de inferencia, el número de niños que hizo referencia a una o ambas premisas en al menos una de las pruebas aumentó significativamente con la edad. Al pedirles que explicaran cómo es que la marioneta sabía dónde estaba la figura, la mayoría de los niños de 5 y 7 años mencionaron explícitamente una de las premisas involucradas en la inferencia deductiva. Los niños que hicieron esto también evaluaron como más certero el conocimiento inferencial que adivinar. Estos resultados indican que los niños fueron capaces de identificar la deducción como una fuente de conocimiento.

Aunado a ello, la mayoría de los niños fueron capaces de responder satisfactoriamente las tareas de razonamiento deductivo y al hacerlo adquirían conocimientos nuevos, pues esas tareas implicaban inferir deductivamente una respuesta que no podían saber de antemano porque su contenido era acerca de objetos con los que nunca habían tenido contacto. Por lo tanto, al deducir la ubicación de las figuras, los niños adquirieron conocimiento que no tenían. Antes de deducir, lo que sabían era “hay una figura azul y una figura verde” y “la figura azul está en dentro de un contenedor”; después deducir adquirieron conocimiento de algo diferente: “la figura verde está dentro del otro contenedor”. En ese sentido, adquirieron conocimiento nuevo en vista de que dedujeron la ubicación de la figura y esto es algo que no sabían antes de deducirlo. En ese sentido, en el estudio llevado a cabo por Pillow y sus colegas hay evidencia que apoya la hipótesis de que es posible obtener conocimiento nuevo a través de la deducción.

Pillow y sus colegas consideran que estos experimentos muestran que entre los 4 y los 9 años los niños comprenden de manera gradual que las inferencias son una fuente de conocimiento. Estos psicólogos interpretan los resultados arrojados por este estudio como evidencia de que “a los 6 años los niños entienden que el conocimiento puede ser adquirido a través de inferencias” (Pillow et. al., 2000, 177). En otras palabras, hay una etapa del desarrollo cognitivo de los niños en la cual se percatan de que, así como pueden adquirir conocimiento por medio de la percepción (por ejemplo, cuando saben la ubicación de un objeto porque la han visto) también pueden adquirir conocimiento llevando a cabo inferencias deductivas (por ejemplo, cuando saben la ubicación de un objeto porque la han inferido deductivamente), siendo conscientes de que se trata de dos fuentes de conocimiento diferentes. Como hemos señalado, ese conocimiento puede ser nuevo y en el caso específico de estos experimentos, el hecho de que las tareas fueron llevadas a cabo en un entorno completamente ajeno y desconocido para los niños refuerza la idea de que al resolver las tareas adquirirían conocimiento nuevo.

El estudio realizado por Pillow y sus colegas esclarece un gran número de preguntas relacionadas con el desarrollo cognitivo de procesos inferenciales en los niños, en particular sobre cómo los niños comprenden gradualmente que las inferencias deductivas pueden ser una fuente de conocimiento. Además, este estudio demuestra que los niños reconocen que, así como la percepción visual es una fuente de conocimiento, también lo son las inferencias deductivas simples. Esto apoya la posibilidad de adquirir conocimiento nuevo a través de la deducción porque, tanto en el caso de la percepción visual como en de la inferencia deductiva, los niños adquieren conocimiento que parecían no tener antes de percibir o inferir. En el caso específico de estos experimentos, los niños no sabían dónde estaba escondida la figura antes de ver su ubicación y tampoco lo sabían antes de llevar a cabo la inferencia deductiva relevante (i. e. el *Modus Ponens* descrito en párrafos anteriores). Por lo tanto, tras deducir la ubicación de la figura, adquirieron conocimiento que no tenían, es decir, conocimiento nuevo. Esto constituye evidencia de que incluso algunos casos sencillos de razonamiento deductivo pueden generar conocimiento nuevo.

4. Consideraciones finales

Para muchos epistemólogos la deducción es epistémicamente valiosa o útil porque asumen que permite extender el conocimiento, tal como sucede en las matemáticas o en la lógica. Uno de estos filósofos es Timothy Williamson, quien afirma que “la deducción es una manera de extender el conocimiento” (Williamson 2000, 117) y que “la matemática es esencial a la ciencia y su principal tarea es extender nuestro conocimiento a través de la deducción” (Williamson 2009, 2). Estas citas de Williamson recogen la apreciación más o menos generalizada e intuitiva de que es posible adquirir conocimiento nuevo a través de la deducción, o para ser más precisos, a través del razonamiento deductivo, tal como lo hacen los matemáticos y otros científicos. No obstante, la paradoja de la inferencia es una objeción que los defensores de esa idea deben enfrentar. En este trabajo se ha propuesto una solución para dicho problema que consiste en distinguir entre la relación de implicación deductiva y el proceso cognitivo de llevar a cabo un razonamiento deductivo. Esta propuesta no sólo

logra disolver el dilema planteado por la paradoja, sino que además aporta los elementos necesarios para una defensa realista del valor epistémico del razonamiento deductivo como posible fuente de conocimientos nuevos.

En concordancia con dicha perspectiva realista, esta investigación constituye un primer paso en la búsqueda de la evidencia científica necesaria para determinar el valor epistémico de la deducción, pues se ha presentado una reflexión cuidadosa sobre datos y resultados de estudios enfocados en el razonamiento deductivo provenientes de diferentes ámbitos de las ciencias cognitivas. Dichos estudios –tanto el de Reverberi como el de Pillow– ofrecen evidencia que apoya la hipótesis de que es posible adquirir nuevo conocimiento a través de la deducción.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación fue realizado gracias al apoyo de la beca de Estancias Posdoctorales por México de CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). Agradezco encarecidamente los atinados comentarios y sugerencias de dos revisores anónimos.

Referencias

- Bermudez, J. L. (2014). *Cognitive science. An introduction to the science of the mind* (Vol. 2a. ed.). Cambridge University Press.
- Bricker, A. M. (2020). The neural and cognitive mechanisms of knowledge attribution: An EEG study. *Cognition*, 104412.
- Bricker, A. M. (2021). Knowledge is a mental state (at least sometimes). *Philosophical Studies*, 1-21.
- Cohen, M., & Nagel, E. (1934). *An introduction to logic and scientific method*. New York: Harcourt, Brace and Company.
- Corcoran, J. (1989). Argumentations and logic. *Argumentation*, 3, 17-43.
- Corcoran, J. (2009). Aristotle's demonstrative logic. *History and philosophy of logic*, 30, 1-20.
- Duhem, P. (1914). *La Théorie Physique: Son Objet et sa Structure*. Paris: Marcel Riviera & Cie.
- Dummett, M. (1978). The justification of deduction. In M. Dummett, *Truth and other enigmas*. Duckworth.
- Evans, J. S. (2013). *The psychology of deductive reasoning*. New York: Taylor & Francis.
- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2010). *Cognitive Psychology. A student's handbook* (Vol. 6a. ed.). Psychology Press.
- Goel, V. (2007). Anatomy of deductive reasoning. *Trends in cognitive science*, 11, 435-441.
- Greenough, P., & Pritchard, D. (2009). *Williamson on knowledge*. Oxford: Oxford University Press.
- Haack, S. (1982). Dummett's justification of deduction. *Mind*, 91, 216-239.
- Hintikka, J. (1970). Surface Information and Depth Information. In J. Hintikka, & P. Suppes, *Information and Inference*. Dordrecht.

- Luce, R. D. (1991). *Response Times*. New York: Oxford University Press.
- Mercier, H., & Sperber, D. (2011). Why do humans reason? Arguments for an argumentative theory. *Behavioral and brain sciences*, 34, 57-111.
- Moshman, D. (2004). From inference to reasoning: the construction of rationality. *Thinking & Reasoning*, 10, 221-239.
- Nagel, J. (2013). Knowledge as a Mental state. In J. H. Tamar Szabó Gendler, *Oxford Studies in Epistemology, Volume 4* (pp. 275-310). Oxford: Oxford University Press.
- Nyberg, L. C. (1996). PET studies of encoding and retrieval: The HERA model. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3(2), 135-148.
- Pillow, B. H. (2000). Understanding inference as a source of knowledge: children's ability to evaluate the certainty of deduction, perception, and guessing. *Developmental Psychology*, 36, 169-179.
- Prado, J. (2011). The brain network for deductive reasoning: a quantitative meta-analysis of 28 neuroimaging studies. *Journal of cognitive neuroscience*, 23, 3483-3497.
- Quine, W. V. (1951). Two Dogmas of Empiricism. In W. V. Quine, *From a Logical Point of View* (Vol. 2nd Ed., pp. 20-46.). Harvard University Press.
- Reverberi, C. (2007). Neural basis of generation of conclusions in elementary deduction. *Neuroimage*, 38, 752-762.
- Rimoldi, F. (2014). ¿Puede el conocimiento ser un estado mental? *Análisis Filosófico*, 171-201.
- Smith, E. E. (2000). Neural bases of human working memory. *Current Directions in Psychological Science*, 9(2), 45-49.
- Smith, E. E., Kosslyn, S. M., & Barsalou, L. W. (2007). *Cognitive psychology: Mind and brain* (Vol. 6). Pearson-Prentice Hall.
- Williamson, T. (2000). *Knowledge and its limits*. Oxford University Press.
- Williamson, T. (2005). Précis of Knowledge and its Limits . *Philosophy and Phenomenological Research*, 431-435.
- Williamson, T. (2009). Probability and danger. *The Amherst Lecture in Philosophy*, 1-35.