



El problema de la dispensabilidad de las idealizaciones en el entendimiento de los fenómenos físicos

The dispensability problem of idealizations regarding the understanding of physical phenomena

Nibaldo Lorca Améstica¹

Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

nplorca@uc.cl

Resumen

La discusión acerca del entendimiento científico ha sido relevante en la literatura de filosofía de las ciencias de los últimos años. El debate se yergue sobre la *received view* del entendimiento que propone que este es un tipo de conocimiento explicativo (Khalifa, 2017, p. 154). En este contexto, se presenta el problema de las *falsedades felices*: representaciones imprecisas cuya imprecisión no merma su función epistémica para entender los fenómenos (Elgin, 2017, p. 3). La práctica científica emplea las idealizaciones con el propósito de entender los fenómenos complejos, de modo que son necesarias para dicho estudio. No obstante, hay propuestas que sostienen que, a pesar de lo anterior, nuestro entendimiento es fáctico. Desde esta perspectiva, las idealizaciones son un problema ya que, si el entendimiento es un tipo de conocimiento, no puede cimentarse sobre representaciones falsas. Se presentan tres respuestas factivistas al problema de las idealizaciones. Sin embargo, las tres presuponen la dispensabilidad de estas, aspecto que resulta problemático, pues hay casos donde la idealización es imprescindible para entender el fenómeno en cuestión. Utilizo como ejemplo el *Nuclear Shell Model* (NSM) que se emplea para explicar la estabilidad de los números mágicos. Las réplicas factivistas minimizan el rol de las idealizaciones a meras

¹ Licenciado y Magíster en Filosofía (Universidad de Chile, Chile) y Doctor© en Filosofía (Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile).
<https://orcid.org/0009-0004-3328-3083>



conveniencias; no obstante, la idealización del NSM no se puede reducir de dicho modo, por lo que ésta es imprescindible para entender el fenómeno. El objetivo del artículo es sostener la dificultad de asumir la dispensabilidad de las idealizaciones, ignorándose así su contribución y permeabilidad.

Palabras clave: Entendimiento científico, Fáctico/No-Fáctico, Factivismo/No-Factivismo, idealizaciones, Presuposición de dispensabilidad.

Abstract

The debate about scientific understanding has been relevant in the literature of philosophy of science in the last few years. The debate arises over the basis of the *received view of understanding* that proposes that understanding is a kind of knowledge (Khalifa, 2017, p. 154). In this context, the problem of *felicitous falsehoods* is presented: inaccurate misrepresentations whose inaccuracy does not abate their epistemic function to understanding phenomena (Elgin, 2017, p. 3). Scientific practice uses idealizations to understand complex phenomena; hence, they are necessary to study the target phenomenon. Nonetheless, there are some proposals in the literature that hold that, despite this, our understanding is factive. Therefore, idealizations are problematic since understanding cannot be based on misrepresentations if understanding is a kind of knowledge. In this paper, I present three factivist replies to the problem regarding the use of idealizations. Nevertheless, these replies assume the dispensability of idealization, a problematic trait since there are cases in which the idealization involved is indispensable to understanding the phenomenon. I employ, as an example, the case of the *Nuclear Shell Model* used to explain the stability of magic numbers. Factivist replies reduce the idealizations' role to mere convenience; however, the NSM's idealization cannot be reduced in that way since it is required to understand the phenomenon. The paper aims to expose the problem of assuming a priori the idealizations' dispensability, ignoring their contribution and permeability in that way.



Keywords: Scientific Understanding, Factive/Non-Factive, Factivism/Non-Factivism, Idealizations, Dispensability assumption.

Fecha de Recepción: 20/03/2025 – *Fecha de Aceptación:* 07/05/2025

0) Introducción

Uno de los objetivos principales de las ciencias es *entender* los fenómenos y el estado de cosas del mundo (e.g., De Regt, 2023; Kitcher, 2001; Potochnik, 2017). De modo que surge la siguiente pregunta: *¿Qué es el entendimiento científico?* La *received view del entendimiento* es la respuesta clásica y sostiene que *el entendimiento es el conocimiento de una explicación* (Khalifa, 2017, p. 16). Entender *por qué* ocurre un fenómeno o se da un determinado estado de cosas del mundo (entendimiento explicativo) requiere el conocimiento de una explicación que responda por qué ocurre dicho fenómeno o estado. Por ejemplo, mi entendimiento de por qué los aviones vuelan requiere de mi conocimiento del principio de Bernuolli que explica el vuelo de los aviones (Trout, 2002, p. 202). La caracterización clásica es el punto de partida para desarrollar el cuestionamiento central del presente trabajo.

La *received view del entendimiento* se utiliza en la literatura actual para encapsular las distintas aproximaciones clásicas de filosofía de las ciencias respecto del entendimiento científico. La investigación acerca del entendimiento está estrechamente ligada a la investigación acerca de la explicación². Por ejemplo, Salmon establece el conocimiento explicativo como precondition del entendimiento (Salmon, 1989, p. 3). La idea de Salmon es la pieza clave de la *received view* y resume la caracterización clásica del entendimiento científico. Los distintos autores discrepan en la noción de explicación, pero mantienen la estrecha relación de ésta con el entendimiento. Rescher (1970, pp. 133-134) afirma que nuestra capacidad para aprehender leyes naturales es el elemento básico del entendimiento, idea que se alinea con la explicación nomológica deductiva que refiere a dichas leyes como

² La relación entre explicación y entendimiento es generalmente aceptada en la literatura, pero hay autores (e.g., Lipton, 2009) que cuestionan que la explicación sea una precondition del entendimiento.



elemento esencial del *explanans*. Asimismo, Hempel (1965, p. 488) caracteriza el entendimiento sistemático de los fenómenos en términos de nexos nómicos que, nuevamente, se vincula con las explicaciones nomológicas deductivas. Salmon (1989, p. 120), por su lado, reinterpreta la idea de Hempel al proponer que el entendimiento sistemático refiere a nexos causales, planteamiento que es afín a su explicación mecanicista-causal.

Como bien ilustra Salmon en *Four Decades of Scientific Explanation* (1989), la literatura clásica de filosofía de las ciencias ha discutido distintas caracterizaciones de la explicación científica, y se ha desarrollado una plétora de posturas al respecto. Sin embargo, estas posturas comparten una caracterización del entendimiento en términos explicativos. Por consiguiente, la *received view* se resume del siguiente modo: *Un agente S entiende P si y sólo si existe un Q tal que S sabe que Q explica P* (Khalifa, 2017, p. 18). El entendimiento se cimenta en las ideas centrales de *conocimiento y explicación*.

La teoría clásica del entendimiento ha sido criticada y discutida en la literatura de las últimas décadas, y diversos argumentos se han esgrimido en su contra³. La discusión acerca del entendimiento como conocimiento explicativo se escapa al objetivo del presente trabajo. No obstante, voy a centrarme en un foco de debate particular: el problema de la factividad del entendimiento. Este problema se yergue en la pregunta acerca de la condición de verdad del entendimiento y amedrenta la caracterización clásica de este como un tipo conocimiento. La sección 1 presenta el problema de la factividad del entendimiento y el uso de *falsedades felices*, mientras que la sección 2 expone algunas réplicas factivistas que defienden la condición de verdad del entendimiento. Sin embargo, estas comparten una estructura común que considero problemática de asumir a priori dada la integración de las idealizaciones en el entendimiento de los fenómenos. La sección 3 analiza la presuposición común de las réplicas factivistas, y la sección 4 presenta un caso de estudio – el modelo de capas nucleares (NSM) de física nuclear – que es empleado en la sección 5 para argumentar acerca de la dificultad presuponer apresuradamente la dispensabilidad de las idealizaciones. El objetivo de mi

³ Véase Khalifa, 2017 (capítulo 1 sección 1.6), para una exposición más detenida acerca de los distintos problemas y críticas que ha afrontado la *received view*.



crítica es señalar la dificultad de, primero, diferenciar tajantemente la contribución epistémica de los elementos fácticos y no fácticos, y, en segundo lugar, presuponer prematuramente que los elementos no fácticos son prescindibles.

1) Problema de la factividad del entendimiento

La *received view* – junto a otras posturas similares⁴ – sostiene que el entendimiento es el conocimiento de una explicación. El conocimiento es fáctico, es decir, *conocer que P requiere que P sea verdadero* (Khalifa, 2017, p. 154); de modo que, si el entendimiento es un tipo de conocimiento, entonces el entendimiento también debe ser fáctico. Por lo que surge el cuestionamiento acerca de su requerimiento de verdad: *¿el entendimiento necesita de creencias verdaderas?* (Khalifa, 2017, p. 19). Dicha interrogante increpa la necesidad de la verdad en el entendimiento científico (es decir, *para entender que P, P debe ser verdadero*). Por un lado, los factivistas del entendimiento – usualmente afines a la caracterización clásica – responden de forma afirmativa: es necesaria la verdad de las creencias para entender un fenómeno. Por otro lado, los no-factivistas del entendimiento responden de forma negativa, permitiendo así que se entienda un fenómeno complejo por medios no-fácticos.

El problema de la factividad suscita el desarrollo de aproximaciones no-factivistas del entendimiento que se oponen a la caracterización clásica de la *received view* al permitir que las *falsedades* jueguen un rol relevante en el entendimiento de los fenómenos (Bangu, 2023, p. 62). Hay dos líneas argumentales principales para apoyar la tesis no-factivista (Khalifa, 2017, p. 155): *El argumento histórico* y *el argumento idealizado*. El argumento histórico se apoya en casos de la historia de las ciencias donde teorías pasadas – que posteriormente fueron falseadas – permitieron entender fenómenos físicos a pesar de no ser

⁴ Khalifa (2023, p. 33) denomina como *frenemies of understanding* a esta postura, en oposición a los *friends of understanding* que distinguen al entendimiento del conocimiento (e.g., De Regt, 2017).



correctas⁵. En el presente trabajo no voy a ahondar en la discusión histórica ya que mi foco yace en el argumento idealizado para defender la integración de idealizaciones⁶.

El argumento idealizado de los no-factivistas se apoyan en el uso idealizaciones en ciencias para entender fenómenos físicos. De forma intuitiva, uno supone que la ciencia es una empresa centrada en la verdad; sin embargo, el uso de idealizaciones en la práctica científica pone en jaque esta interpretación veritista de las ciencias⁷ (Elgin, 2017, p. 1). Las idealizaciones representan de forma errada al sistema objetivo, usualmente con el propósito de así entender dicho sistema. De modo que las falsedades, en las circunstancias apropiadas, pueden guiarnos a entender los fenómenos de un modo que no hubiera sido posible sin su integración (Potochnik, 2017, p. 103). En dicho contexto, las idealizaciones promueven el entendimiento, respondiéndose así de forma negativa al cuestionamiento por el requerimiento de verdad de este.

Las idealizaciones son presuposiciones formuladas ignorando su valor de verdad o con total conocimiento de que son falsas (Potochnik, 2017, p. ix), por lo que son falsedades deliberadas. *¿Por qué se usan frecuentemente falsedades deliberadas en la práctica científica?* Porque son útiles para estudiar y manejar fenómenos complejos. Potochnik defiende el uso de idealizaciones debido a la complejidad del mundo y nuestras limitadas capacidades cognitivas (Potochnik, 2017, p. 2). Por ejemplo, en física nuclear se requiere de una miríada de modelos del átomo para poder dar cuenta de los distintos aspectos del núcleo ya que dicho fenómeno es demasiado complejo para describirlo cabalmente con un único modelo unificado. Por consiguiente, tengo un modelo para la estabilidad del núcleo (modelo de gota líquida), otro para la dispersión elástica de energía (modelo óptico), otro para la inercia de sus movimientos vibracionales (Modelo Bohr-Mottelson), entre muchos ejemplos. Los modelos no-proposicionales, y distintos diagramas usados en ciencias, no son falsos ni

⁵ Un ejemplo clásico es el entendimiento de la combustión por medio del flogisto – elemento posteriormente demostrado como falso – en los albores de la química moderna (De Regt, 2015).

⁶ Véase Bangu (2023) para una discusión actual acerca del argumento histórico.

⁷ Una postura veritista sostiene la necesidad de la verdad como un criterio para la aceptabilidad epistémica (Goldman, 1999).



verdaderos en sentido estricto, pero, si se interpretan de modo realista respecto de sus referentes, entonces son representaciones imprecisas semejantes a descripciones falsas⁸.

Elgin denomina a estas idealizaciones como *falsedades felices*, que son representaciones imprecisas cuya imprecisión no merma su función epistémica (Elgin, 2017, p. 3). La práctica científica reposa en presuposiciones y descripciones que no son verdaderas ni intentan serlo. Muchos modelos representan a sus referentes de un modo equivoco; no obstante, son falsedades felices ya que nos otorgan un acceso epistémico a sus objetos a pesar de – o en virtud de – ser falsedades (Elgin, 2017, p. 23). La legitimidad de estas falsedades se cimenta (entre otros factores) en su éxito empírico y al estar fundamentadas en evidencia científica o en un apropiado *lazo* con el fenómeno que refieren (Lawler, 2021, p. 6863). La propiedad del *lazo* refiere a la teoría de la representación que justifique cómo la idealización refiere al fenómeno; cuestionamiento pertinente a otra discusión⁹.

Un ejemplo clásico de la literatura es la ley de los gases ideales para explicar el comportamiento boyleano de los gases. El modelo cinético asume que las moléculas de gas son esferas perfectas que colisionan de modo elástico contra las paredes de su recipiente, cuyo volumen es ínfimo relativo a la totalidad del gas y donde no hay fuerzas intermoleculares (Strevens, 2017, pp. 37-39). Las idealizaciones de la ley permiten calcular la presión y volumen de un gas a un parámetro estándar de temperatura.

⁸ Una representación precisa se considera como tal ya que captura correctamente las relaciones del sistema y cómo este se comporta. Por ejemplo, las ecuaciones de van der Waals son *precisas* en tanto capturan correctamente las interacciones entre las moléculas de gas, en contraposición con la representación idealizada del modelo de gases ideales que es *imprecisa* en su caracterización de las fuerzas intramoleculares. Asimismo, el modelo de Schrödinger es *preciso* en su representación del átomo de hidrógeno, en contraposición con el modelo de “pudín de pasas” de Thompson (Frigg & Nguyen, 2020, p. 12). De este modo, las representaciones imprecisas – que idealizan ciertos aspectos del sistema objetivo que capturan – se consideran como falsas a pesar de no tener un estatus proposicional. No obstante, esta asimilación entre falsedad e imprecisión está siendo tomada de modo laxo con el objetivo de explicar cómo una representación puede ser considerada como falsa en un sentido no proposicional. El debate en torno a la *precisión* de un modelo es mucho más extenso y la literatura especializada no considera equivalente una *representación precisa* con una *representación realista* (véase, Frigg & Nguyen, 2020; Morrison, 2008).

⁹ Véase Frigg & Nguyen (2020) para una discusión extendida acerca de la representación científica, o véase Lorca (2024) para la aplicación de la DEKI *account* a casos de idealizaciones en física.



No obstante, a pesar de la aparente inclinación de la práctica científica a una postura no-factivista, los factivistas han esgrimido distintas respuestas que explican cómo el uso de idealizaciones no merma la factividad del entendimiento científico. Las falsedades felices son necesarias en el estudio de los fenómenos; sin embargo, nuestro entendimiento de estos sigue siendo fáctico. En la próxima sección presentaré tres respuestas factivistas.

2) Respuestas factivistas

El debate acerca de la factividad del entendimiento es bastante extenso, así que me limitaré a resumir las réplicas que considero más relevantes para la discusión actual. Una temprana aproximación factivista al problema en cuestión es el quasi-factivismo (Kvanvig, 2003; Mizrahi, 2012) que acepta la presencia de idealizaciones, pero sostiene que los elementos no-fácticos son parte de la periferia del entendimiento, por lo que no son esenciales (De Regt, 2023, p. 25). Es decir, los elementos no-fácticos son prescindibles. Sin embargo, no voy a centrarme en el quasi-factivismo ya que prefiero ver respuestas más actuales, pero que, a su vez, toman elementos empleados por el quasi-factivismo tradicional (sección 3).

Las respuestas factivistas en las que me centraré son las siguientes: 1) la *non-difference-maker view* propone que las falsedades son *inofensivas* en tanto no hacen una diferencia explicativa significativa en el entendimiento del fenómeno (Strevens, 2017). 2) Otra respuesta es el *valor pragmático* que sostiene que las falsedades solo son convenientes, pero no tienen valor epistémico (Khalifa & Sullivan, 2019). Finalmente, 3) la *extraction view* posiciona a las idealizaciones como facilitadoras del proceso del entendimiento, pero no como parte de su contenido (Lawler, 2021).

La propuesta *non-difference-maker* (NDM) sostiene que la utilidad de las idealizaciones se limita a indicar los factores que no influyen significativamente en el fenómeno que se busca explicar (Strevens, 2017, p. 38). En la introducción se expuso la cercana relación entre explicación y entendimiento, de modo que la influencia de las idealizaciones en la explicación incide directamente en nuestra aprehensión de las variables relevantes para entender el fenómeno. En el ejemplo de la ley de los gases ideales, las fuerzas intermoleculares no hacen una diferencia significativa para explicar el comportamiento



boyleano de los gases. La idealización remarca que dicha omisión es inofensiva al ser una irrelevancia explicativa, por lo que la fuerza intermolecular es prescindible. La explicación debe reconstruir la historia de los factores significativos que inciden en la ocurrencia del fenómeno. Por consiguiente, es necesario distinguir los elementos relevantes (*difference-maker*) e irrelevantes (*non-difference-maker*) de la explicación ya que ésta representa los factores explicativamente relevantes (Strevens, 2017, pp. 39-40). La omisión de las fuerzas intermoleculares de los gases es una falsedad deliberada, pero sirve para señalar que dicho factor es irrelevante para la explicación de su comportamiento boyleano.

Elgin justifica la legitimidad de las falsedades felices de un modo similar al de Strevens. Elgin propone que aceptar una falsedad, en un contexto particular, es similar a afirmar que dicha falsedad no resulta epistémicamente perjudicial¹⁰ (Elgin, 2017, p. 23). La aceptación de la falsedad es equivalente a considerar como *inofensiva* su afirmación; idea que se alinea directamente con el argumento de Strevens. Una falsedad legítima es una cuya aceptación resulta insignificante porque su divergencia de la verdad no involucra factores *difference-maker*¹¹ (Elgin, 2017, p. 26).

La siguiente respuesta es la sostenida por Khalifa y Sullivan (2019): las idealizaciones tienen valor pragmático, pero no epistémico. El componente falso de las idealizaciones solo resulta conveniente, mientras que solo los componentes verdaderos que involucran las idealizaciones tienen valor epistémico (Khalifa & Sullivan, 2019, p. 673). La conveniencia de las falsedades felices es auxiliar y rudimentaria al facilitar el desarrollo de cálculos y remarcar los aspectos relevantes del fenómeno, por lo que se describe su utilidad desde una

¹⁰ Elgin (2017) utiliza el concepto de “aceptabilidad” de Cohen (1992) para explicar nuestro compromiso con las falsedades felices. La estrategia de Elgin también es compatible con el uso que propone Khalifa (2017, capítulo 6) respecto a aceptar las idealizaciones sin que aquello merme la factividad de nuestro entendimiento. Considero que el concepto de “aceptación” requiere su propio estudio.

¹¹ En una línea similar, Khalifa y Millson (2020) distinguen entre las falsedades epistémicamente *benignas* y *malignas*, en tanto las primeras son distorsiones de elementos *irrelevantes* cuya aceptación no es epistémicamente perjudicial, en contraposición con las falsedades *malignas* que sí nos afectan epistémicamente de forma negativa al distorsionar elementos *relevantes* de la explicación (Khalifa & Millson, 2020, p. 98). La discusión acerca del valor epistémico *positivo* y *negativo* de las idealizaciones requiere de su propia investigación a futuro, pues involucra un cruce complejo entre epistemología y filosofía de las ciencias.



aproximación no-epistémica. Un ejemplo es la tensión de superficie en el *liquid drop model* del núcleo¹²: la energía de superficie es un valor tangencial que se obtiene de la idealización del núcleo como un líquido clásico con tensión de superficie clásica. Dicho valor solo es un término matemático empleado en la fórmula semi-empírica de Weiszäcker para calcular la energía de ligadura nuclear. Por lo tanto, y de acuerdo a los autores, la idealización de la tensión de superficie solo es conveniente para facilitar el cálculo de la energía de ligadura nuclear; su falsedad no es epistémicamente relevante *per se*.

Un aspecto distintivo del entendimiento es la capacidad de aprehender la información relevante del objeto que se busca entender, discriminando así la información que resulta irrelevante. La imprecisión de las idealizaciones separa la información relevante de la irrelevante, remarcando así las irrelevancias explicativas del fenómeno (Khalifa & Sullivan, 2019, p. 676). Strevens sostiene el mismo punto al caracterizar el entendimiento como la aprehensión de la estructura de los elementos relevantes – *difference-making structure* – de la explicación (Strevens, 2017, p. 42). Ambas respuestas caracterizan el rol de las falsedades felices en términos auxiliares que se limita a facilitar cálculos y remarcar los elementos irrelevantes. Si su utilidad es mera conveniencia, entonces las idealizaciones son prescindibles y reemplazables por verdades más precisas, aunque aquello involucre cálculos más complejos. Por lo tanto, solo tienen un valor pragmático ya que una inferencia más precisa o de-idealizada subyace al uso de la idealización (Khalifa & Sullivan, 2019, p. 688).

Finalmente, la última réplica que expondré es la *extraction view* de Lawler (2021), que toma una dirección distinta a las anteriores. Las falsedades felices sí cumplen un rol epistémico, pero solo en el proceso de formación del entendimiento sin ser parte de su contenido (Lawler, 2021, p. 6860). Las idealizaciones forman parte del proceso, facilitando la extracción de información relevante del fenómeno. Sin embargo, dichas idealizaciones no son parte del resultado final del entendimiento, ya que las distorsiones e imprecisiones del modelo no son parte de los compromisos epistémicos de los agentes acerca del fenómeno en cuestión (Lawler, 2021, p. 6877). Lawler caracteriza el contenido del entendimiento en

¹² Véase Lorca (2024) para una exposición detalla del caso.



términos de los compromisos adoptados por los agentes, de modo que conceptualmente las falsedades felices no pueden figurar en el contenido. No obstante, su rol no es menospreciado puesto que estas permiten acceder a la información del contenido del entendimiento.

La pieza clave de la propuesta de Lawler es la disociación del proceso del entendimiento de su resultado (contenido), siendo dos estratos distintos que culminan en el entendimiento del fenómeno. La *extraction view* es una respuesta factivista ya que el entendimiento se compone de los elementos fácticos facilitados por los elementos no-fácticos que permiten su extracción. *Id est*, el resultado del entendimiento es la verdad extraída desde las falsedades de la idealización. A pesar de las diferencias, Lawler caracteriza a las idealizaciones como *escaleras de Wittgenstein* las cuales son prescindibles una vez se ha accedido al contenido del entendimiento (Lawler, 2021, p. 6884). El punto crítico que comparten las respuestas factivistas es asumir que las idealizaciones – con sus elementos no-fácticos – son prescindibles, ignorando así la permeabilidad de su integración.

3) Estrategia separatista y las *escaleras de Wittgenstein*

Las respuestas recién expuestas – junto con el quasi-factivismo – presuponen una clara distinción entre la contribución de los elementos fácticos con respecto de los no-fácticos, concluyéndose así que los elementos no-fácticos son, en principio, prescindibles del entendimiento. La *presuposición de dispensabilidad* es una parte medular de las estrategias empleadas por las réplicas factivistas. Por ejemplo, el quasi-factivismo emplea esta estrategia al separar los elementos fácticos y no-fácticos en términos de centrales y periféricos, proponiéndose así que los elementos periféricos del entendimiento son prescindibles pues no son esenciales (De Regt, 2023, p. 25). La estructura de esta estrategia factivista es la siguiente: primero se distinguen categóricamente la contribución de los elementos fácticos y no-fácticos en virtud de su valor de verdad, para luego desprenderse de los elementos no-fácticos al sostener que su contribución es limitada y prescindible por diversas razones.

¿Cuál es el problema de dicha presuposición compartida? Considero problemático asumir a priori la dispensabilidad de las idealizaciones ya que se ignora apresuradamente su permeabilidad y contribución al entendimiento del fenómeno. *¿A qué me refiero con esta*



afirmación? La permeabilidad de las idealizaciones refiere a la integración de estas en el entendimiento, donde su arraigo nos brinda elementos –como esquemas conceptuales y estructuras matemáticas– que son fundamentales para la caracterización y entendimiento del fenómeno. Hay casos –sección 4– donde las idealizaciones son imprescindibles para entender el fenómeno en cuestión.

Esta dificultad se sigue de una lectura holística del entendimiento y la integración de las idealizaciones. Los elementos integrados en el entendimiento no pueden ser tan fácilmente descompuestos, obstaculizándose así un discernimiento tajante de la contribución de cada parte integrada¹³. La investigación científica tiene un carácter holístico –idea representativa de la tesis de Quine (1951)–, al igual que nuestro entendimiento, de modo que los elementos integrados (fácticos y no-fácticos) contribuyen como un todo a la explicación de los fenómenos.

La propuesta NDM de Strevens encapsula de forma evidente la presuposición de dispensabilidad. Primero, se distingue la relevancia de los elementos integrados en el entendimiento de acuerdo a su valor de verdad; de este modo, los elementos no-fácticos son – casi por definición – irrelevantes ya que solo nos indica aquello que deliberadamente ignoramos al no ser significativo para la explicación (Strevens, 2017, p. 38). Luego, la respuesta de Strevens sentencia que, a pesar de la ayuda brindada por las idealizaciones, se puede entender el fenómeno sin el uso de estas, aunque sea de modo menos eficiente (Strevens, 2017, p. 37). Las idealizaciones son convenientes al facilitar el entendimiento, pero este igualmente se puede lograr sin ellas. Es decir, el estatus auxiliar de los elementos no-fácticos los hace prescindibles; concluyéndose así la dispensabilidad de las idealizaciones.

Asimismo, la respuesta de Khalifa y Sullivan afirma que las idealizaciones solo son convenientes para entender los fenómenos, pero no esenciales (Khalifa & Sullivan, 2019, p. 673). Ahora bien, la distinción entre el valor epistémico y pragmático de los elementos

¹³ Tomo inspiración de la crítica holística de Rice acerca del diseño de los modelos (Rice, 2019, p. 182).



integrados en el entendimiento del fenómeno no solo se limita al valor de verdad de estos – a pesar de que sea un factor sustancial –, sino que los autores proponen una estrategia 3D para concluir cuando un elemento solo es conveniente (Khalifa & Sullivan, 2019, p. 676). La estrategia 3D se divide en *minimizar*, *de-idealizar*, *desmitologizar* (*Downplay*, *De-idealization*, *Desmythologization*): 1) se *minimiza* el rol de las idealizaciones a uno auxiliar que facilita cálculos y destaca ciertos aspectos del fenómeno; luego, 2) dichas idealizaciones son reemplazadas por aproximaciones verdaderas, de modo que el entendimiento del fenómeno aún puede ser inferido, aunque recurriendo a cálculos más complejos o demandantes; finalmente, 3) solo los elementos aproximadamente verdaderos son los que proveen un beneficio epistémico. Por consiguiente, se concluye que las idealizaciones no superan la evaluación 3D por lo que son conveniencias prescindibles del entendimiento, manteniéndose la presuposición de dispensabilidad y la estrategia común de estas respuestas.

Tanto la respuesta de Strevens como la respuesta de Khalifa y Sullivan siguen la misma estrategia basándose en la presuposición de dispensabilidad de las idealizaciones. Las idealizaciones son útiles, pero reemplazables por descripciones aproximadamente verdaderas y el único coste de este cambio es un aumento de la complejidad de los cálculos. Por lo tanto, el único motivo por el cual no son desechadas es por la eficiencia práctica de su uso.

Sin embargo, si en un caso ocurriese que la idealización cumple un rol más allá de facilitar cálculos y acentuar irrelevancias explicativas, entonces no se cumpliría la presuposición de dispensabilidad de las idealizaciones, obstruyéndose así la estrategia argumentativa sostenida por las respuestas previas. La sección 4 expone un caso que no es satisfecho por estas respuestas, proponiéndose como una dificultad a afrontar.

Entre las propuestas presentadas en la sección 2, la respuesta de Lawler – *extraction view* – sobresale de forma prometedora, pues no se puede rebatir del mismo modo que las anteriores. No basta con presentar un caso donde las idealizaciones sí tengan un rol significativo para el entendimiento. La *extraction view* es compatible con la tesis de que las idealizaciones son imprescindibles en el proceso del entendimiento, atribuyéndoseles así un valor epistémico a estas (Lawler, 2021, p. 6861). Entonces, ¿por qué incluir la réplica de



Lawler en este artículo? Porque, a pesar de que su respuesta despunta del resto, sigue presentando ciertos rasgos que la encapsulan dentro del marco de mi crítica previa.

La estructura de las estrategias factivistas se yergue sobre la presuposición de dispensabilidad de las idealizaciones, y la *extraction view* satisface dicha estructura. Primero, se separa con claridad la contribución de los elementos fácticos y no-fácticos en virtud de su valor de verdad, de modo que los elementos no-fácticos solo pueden figurar en el proceso del entendimiento como *habilitadores epistémicos* de este (Lawler, 2021, p. 6860); concluyéndose que estos no figuran en el contenido del mismo. Dicho contenido es definido en términos fácticos como los compromisos epistémicos de la caracterización sistemática del fenómeno en cuestión (Lawler, 2021, p. 6859), por lo que el contenido se compone de la aprehensión de un análisis o explicación de dicho fenómeno. Bajo esta definición, no se pueden integrar conceptualmente las falsedades en el contenido pues, si bien son aceptadas, estas no son parte de los compromisos epistémicos. Una vez desarticulado el contenido del proceso, las idealizaciones – aunque imprescindibles del proceso – son dispensables del contenido (Lawler, 2021, p. 6884). Se presenta así la analogía con las escaleras de Wittgenstein: del mismo modo que la escalera es dispensable una vez se ha subido al tejado (Wittgenstein, *TLP* §6.54), las idealizaciones son dispensables una vez se han inferido las conclusiones. Por consiguiente, la *extraction view* se adhiere a la presuposición de dispensabilidad al prescindir de las idealizaciones en el contenido del entendimiento.

La respuesta de Lawler no presenta de forma directa la presuposición de dispensabilidad, ya que, de acuerdo a su argumentación, las idealizaciones sí pueden jugar un rol significativo en el proceso del entendimiento. La distinción en estratos del entendimiento – proceso y contenido – conlleva un avance en la discusión del entendimiento. De este modo, la *extraction view* suscita el cuestionamiento acerca de cómo se relaciona el proceso con el contenido del entendimiento, y si los elementos *exclusivos* del proceso son prescindibles del contenido. En la sección 5, volveré en estos cuestionamientos en base al caso expuesto en la sección 4.

4) Caso de estudio: Modelo de capas nucleares



Antes de proseguir con el caso de estudio, considero relevante realizar una aclaración: la física nuclear es bastante compleja. En filosofía de las ciencias se utilizan diferentes casos de estudio de las ciencias, los cuales tienen distintos niveles de complejidad. En el presente artículo utilizo el modelo de capas nucleares (*NSM: Nuclear Shell Model*) de física nuclear, un caso demandante de explicar a cabalidad. Por consiguiente, resumiré sus aspectos centrales y más relevantes para mi argumentación, pero dejo en claro que es una simplificación que no agota en absoluto la exposición del modelo¹⁴. Asimismo, limitaré la nomenclatura matemática del caso para centrarme en la idealización que representa la estructura nuclear y cómo ésta contribuye a la explicación de los números mágicos.

El objetivo del NSM es explicar los núcleos con número mágicos (Mayer & Jensen, 1955, p. 16). La estabilidad del núcleo ha sido estudiada por distintos modelos, como el *liquid drop model* y la fórmula semi-empírica que permite calcular la estabilidad del núcleo de acuerdo a su número másico A (Cook, 2010, pp. 56-57). No obstante, dicha progresión lineal no explica la discontinuidad periódica de energía exhibida en los números mágicos, que son núcleos particularmente estables (Morrison, 2015, p. 191). Los núcleos con número mágicos presentan una prominencia energética que los *separa* de sus núcleos *vecinos*, siendo mayor la estabilidad en los casos doble mágicos donde la cantidad de protones y neutrones son ambos valores mágicos (Ferrer, 2015, p. 117). Los valores de los números mágicos son 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 protones y/o neutrones.

El NSM explica los números mágicos apelando a una estructura de niveles energéticos del potencial nuclear¹⁵. Dicha estructura es importada de la estructura electrónica del átomo que describe las órbitas de los electrones (Mayer & Jensen, 1955, p. 38). *¿Por qué se utiliza la estructura de capas (shells) de las órbitas de los electrones para explicar los números mágicos?* Porque la estructura electrónica resulta exitosa para explicar la discontinuidad energética de los gases nobles, de modo que es importada con el objetivo de

¹⁴ Véase manuales de físicas como Ferrer, 2015, Heyde, 1994 o Mayer & Jensen, 1955 para una exposición más detallada del caso. Asimismo, toda la información presentada acerca del NSM fue recolectada de estos textos.

¹⁵ El *potencial* es la energía relativa a un punto en un campo (*field*). El potencial electrostático (o potencial de Coulomb) refiere al campo electromagnético y el potencial nuclear refiere al campo nuclear fuerte.



explicar la discontinuidad energética de los números mágicos. La similitud entre ambos fenómenos cuánticos, que exhiben una periodicidad en su discontinuidad energética, motiva el uso de la configuración electrónica para describir la configuración nuclear. Por ello, presentaré la estructura de capas electrónicas para exponer así la estructura de capas nucleares.

La estructura electrónica del átomo describe el orden y ocupación (configuración) de las órbitas de los electrones. Los gases nobles son explicados en términos de niveles de energía completos/cerrados. El potencial electrostático es caracterizado como un campo simétrico esférico $V(r)$ y la función de onda de cada electrón es estudiada mediante la aproximación de Hartree-Fock¹⁶. De forma resumida, dicha aproximación da cuenta de la interacción de un electrón individual k y el potencial generado por el resto de electrones V_k y el núcleo \widehat{H}_0 ; el modelo de capas – tanto su versión electrónica como nuclear – se enfoca en la interacción partícula-potencial.

La estructura de los niveles de energía son las órbitas de los electrones y cada órbita tiene un momento angular orbital L asociado que es uno de los números cuánticos relevantes para calcular los estados de cada nivel. De acuerdo a la notación de espectroscopia, a cada nivel de un determinado L se le adscribe una letra para indicar su valor (tabla 1). Ahora bien, el momento angular L es aplicable a cualquier potencial simétrico esférico, de modo que también se aplicará al potencial nuclear.

L (valor discreto)	0	1	2	3	4	5	6
Letra asociada	s	p	d	f	g	h	i

Tabla 1: Notación de espectroscopia respecto del número cuántico L

¿Qué son los números cuánticos? Son los valores discretos asociados a las partículas en un sistema de mecánica cuántica. Un conjunto de números cuánticos – valores propios de la partícula – permite establecer los estados posibles del sistema. Dichos estados son relevantes

¹⁶ El método de aproximación de Hartree-Fock también es usado por el NSM para describir la interacción entre un nucleón individual i y el potencial nuclear generado por el resto de nucleones (De la Peña, 2019, p. 671). No obstante, no ahondaré en la compleja matemática de este método (véase De la Peña, 2019, pp. 621-624).



ya que el principio de exclusión de Pauli establece que dos partículas no pueden ocupar un mismo estado; es decir, dos partículas no pueden tener el mismo conjunto de valores de números cuánticos.

Otro valor cuántico relevante es el número n que son los nodos esféricos de la *eigenfunction*¹⁷, el cual se asocia con el número cuántico radial en el caso del potencial de Coulomb. Los niveles de energía de un determinado L se ordenan en valores discretos ascendentes de acuerdo a su número n . De este modo, los niveles del sistema se definen y configuran de acuerdo a sus números n y L . Si usamos la notación de espectroscopia, el nivel $2s$ es el 2do nivel n con $L = 0$, el nivel $1d$ es el primer nivel n con $L = 2$, y así sucesivamente. Lo relevante de esta nomenclatura es que establece la estructura de los niveles energéticos y su orden, por lo que los estados del sistema son ocupados siguiendo dicho orden ascendente y de acuerdo con el principio de exclusión de Pauli.

El estado cuántico se caracteriza por su conjunto de números cuánticos n , L , y la ocupación de la estructura electrónica – que define la configuración electrónica del átomo – se sigue del principio de exclusión de Pauli. Un nivel energético, definido por sus números cuánticos, no puede ser ocupado por más de $2(2L + 1)$ partículas ya que ésta es la cantidad de estados que tiene el nivel. Ahora bien, un nivel se considera *cerrado* (o *completo*) cuando hay una distancia energética significativa con el próximo nivel, generándose así una discontinuidad en las capas de energía de la estructura (Mayer & Jensen, 1955, p. 43).

¿Cómo se explican los gases nobles? Si uno observa la progresión de las configuraciones de los átomos de la tabla periódica, apreciará que hay valores atómicos Z con mayor prominencia energética en su discontinuidad; es decir, hay una mayor distancia entre estas capas con la siguiente, estableciéndose así capas cerradas. Dichas capas se presentan en los valores atómicos $Z = 2$ (Helio), $Z = 10$ (Neón), $Z = 18$ (Argón), $Z = 36$ (Kriptón), $Z = 54$ (Xenón), $Z = 86$ (Radón); es decir, la estructura de los gases nobles manifiesta capas cerradas. La tabla 2 ilustra la correspondencia entre la configuración

¹⁷ *Auto-función* del operador lineal que refiere a una función distinta de 0 en un espacio funcional con valores X e Y . El detalle matemático de la *eigenfunction* no es necesario para mi exposición actual del caso.



electrónica y su valor atómico. La estructura electrónica del átomo explica la prominencia energética de los gases nobles al ser capas cerradas de acuerdo a su configuración, la cual fue ordenada sistemáticamente aplicando el principio de exclusión de Pauli a cada nivel energético definido por sus estados cuánticos posibles.

Configuración electrónica	<i>1s</i>	<i>1s-2s2p</i>	<i>1s-2s2p-3s3p</i>	<i>1s-2s2p-3s3p-3d4s4p</i>	<i>1s-2s2p-3s3p-3d4s4p-4d5s5p</i>	<i>1s-2s2p-3s3p-3d4s4p-4d5s5p-4f5d6s6p</i>
Electrones por capa (valor Z correspondiente)	2 (Z 2)	2, 8 (Z 10)	2, 8, 8 (Z 18)	2, 8, 8, 18 (Z 36)	2, 8, 8, 18, 18 (Z 54)	2, 8, 8, 18, 18, 32 (Z 86)
Elemento de la tabla periódica	Helio (<i>He</i> ²)	Neón (<i>Ne</i> ¹⁰)	Argón (<i>Ar</i> ¹⁸)	Kriptón (<i>Kr</i> ³⁶)	Xenón (<i>Xe</i> ⁵⁴)	Radón (<i>Rn</i> ⁸⁶)

Tabla 2: Configuración electrónica de capas cerradas y su valor Z correspondiente¹⁸

¿Cómo ayuda la explicación de los gases nobles a la explicación de los números mágicos?

La propiedad principal de los números mágicos – la periodicidad de sus discontinuidades energéticas – recuerda directamente al fenómeno recién expuesto de la configuración electrónica y los gases nobles (De la Peña, 2019, p. 689). En física nuclear, no hay un concilio respecto a la estructura general del núcleo, de modo que su estudio se cimenta en el uso de modelos tentativos (Mayer & Jensen, 1955, pp. vii-viii). Por ello, el objetivo de estos modelos es guiar el estudio de las propiedades del núcleo para desarrollar una teoría de su estructura. En este contexto, el NSM sistematiza el conocimiento experimental de la discontinuidad energética a partir de la explicación de los gases nobles. La similitud entre ambos casos –

¹⁸ Esta tabla ha sido adaptada de los registros presentados por Mayer y Jensen (1955). Además, cabe mencionar, la nomenclatura de la configuración electrónica de cada gas noble está dividida por guiones para así remarcar cada nivel energético (capa). Asimismo, la cantidad de electrones está separada de acuerdo a las capas, cuyos valores son determinados por el subnivel del momento angular; es decir, en cada *s* caben 2 electrones, en *p* caben 6, en *d* caben 10, etc. La suma total de los electrones de cada capa resulta en el valor Z del elemento en cuestión.



gases nobles y números mágicos – y el hecho de que los cálculos son aplicables a ambos potenciales simétricos esféricos $V(r)$ – potencial de Coulomb y potencial nuclear – justifica el uso del NSM en la explicación de los números mágicos.

El NSM es un modelo del tipo *single-particle* que estudia la interacción de los nucleones individualizados con el potencial nuclear, de modo que su foco es la interacción efectiva nucleón-potencial¹⁹ (Ferrer, 2015, p. 116). La idea central del modelo es que cada nucleón individual i se mueve de modo independiente en un potencial simétrico esférico (Heyde, 1994, p. 58). Sin embargo, a diferencia del potencial de Coulomb, el potencial nuclear no tiene un protagonista que sea el punto central del campo, sino que el potencial nuclear es el resultado del campo medio de los nucleones que interactúan entre sí (Mayer & Jensen, 1955, p. 4). Dicho potencial nuclear medio se estructura en niveles energéticos que son ocupados de acuerdo al principio de exclusión de Pauli, lo que lleva a la configuración nuclear del núcleo.

Mi exposición del NSM es bastante resumida y establece la siguiente imagen: la estructura nuclear se representa como una serie de órbitas nucleares (niveles de energía) al interior del núcleo. Ahora bien, se deben agregar las correcciones correspondientes al caso nuclear al igual que la incorporación de otros números cuánticos necesarios para el cálculo de las capas nucleares. Una adición esencial para la configuración nuclear es el acoplamiento órbita-espín ya que, de otro modo, las discontinuidades de las capas cerradas no se corresponderían con los valores experimentales.

El espín S es el momento angular *intrínseco* de la partícula – a diferencia del momento angular *orbital* L – y sus valores discretos se limitan a $\pm 1/2 \hbar$ de acuerdo a su dirección respecto de un eje espacial. El acoplamiento órbita-espín resulta en el momento angular total J de la partícula. En un estado $J = L + 1/2$, los vectores de ambos momentos angulares (\vec{S} y \vec{L}) son paralelos con la misma orientación; mientras que, por otro lado, un estado $J = L -$

¹⁹ Por ello es aplicable el método de aproximación Hartree-Fock (De la Peña, 2019, p. 671).



$1/2$ es antiparalelo ya que se opone la orientación de sus vectores. El acoplamiento órbita-espín es prescindible en los cálculos de la estructura electrónica, pero es indispensable en la estructura nuclear (Mayer & Jensen, 1955, p.42), por lo que J es un *nuevo* número cuántico necesario para la configuración nuclear y, por consiguiente, para explicar los números mágicos.

El rol esencial del acoplamiento órbita-espín imposibilita que se simplifique la caracterización de los niveles de energía solo en términos de L y n . Por lo tanto, y siguiendo la notación de espectroscopia, la nomenclatura de la configuración nuclear agrega el valor J . Por ejemplo, $3d^{5/2}$ es el tercer nivel n de $L = 2$ y con acoplamiento órbita-espín paralelo; $3d^{3/2}$ es el tercer nivel n de $L = 2$, pero con acoplamiento órbita-espín antiparalelo; y así sucesivamente se va describiendo la configuración de los nucleones²⁰.

Con la adición del número cuántico J (acoplamiento órbita-espín), cada nivel de energía es determinado por su valor J , de modo que cada nivel no puede contener más de $2J+1$ protones ni $2J+1$ neutrones ya que estos son sus estados posibles. El orden de los niveles de energía se determina por los valores de J , de modo que se ocupan primero los estados de $2J+1 = 2L+2$ de $J = L+1/2$ que tienen una menor energía, y luego se ocupan los estados $2J+1 = 2L$ de $J = L-1/2$ de mayor energía (Mayer & Jensen, 1955, p. 58). Además, el valor energético de cada nivel se calcula con $E = n_0 \hbar \omega$, donde $n_0 = 2(n-1) + L$ corresponde al número cuántico del oscilador armónico, que es el primer valor que determina y ordena la estructura de capas nucleares. Las capas determinadas por n_0 son *capas osciladoras* (Mayer & Jensen, 1955, p. 52), pero estas no determinan las capas cerradas de los números mágicos. Son distintas las capas osciladoras de n_0 de las capas nucleares que caracterizan la prominencia energética de los números mágicos.

²⁰ Cabe mencionar que los niveles paralelos tienen menos energía que los antiparalelos, de modo que el nivel $3d^{5/2}$ es un nivel inferior a $3d^{3/2}$ en la estructura de capas del NSM (Mayer & Jensen, 1955, p. 42).

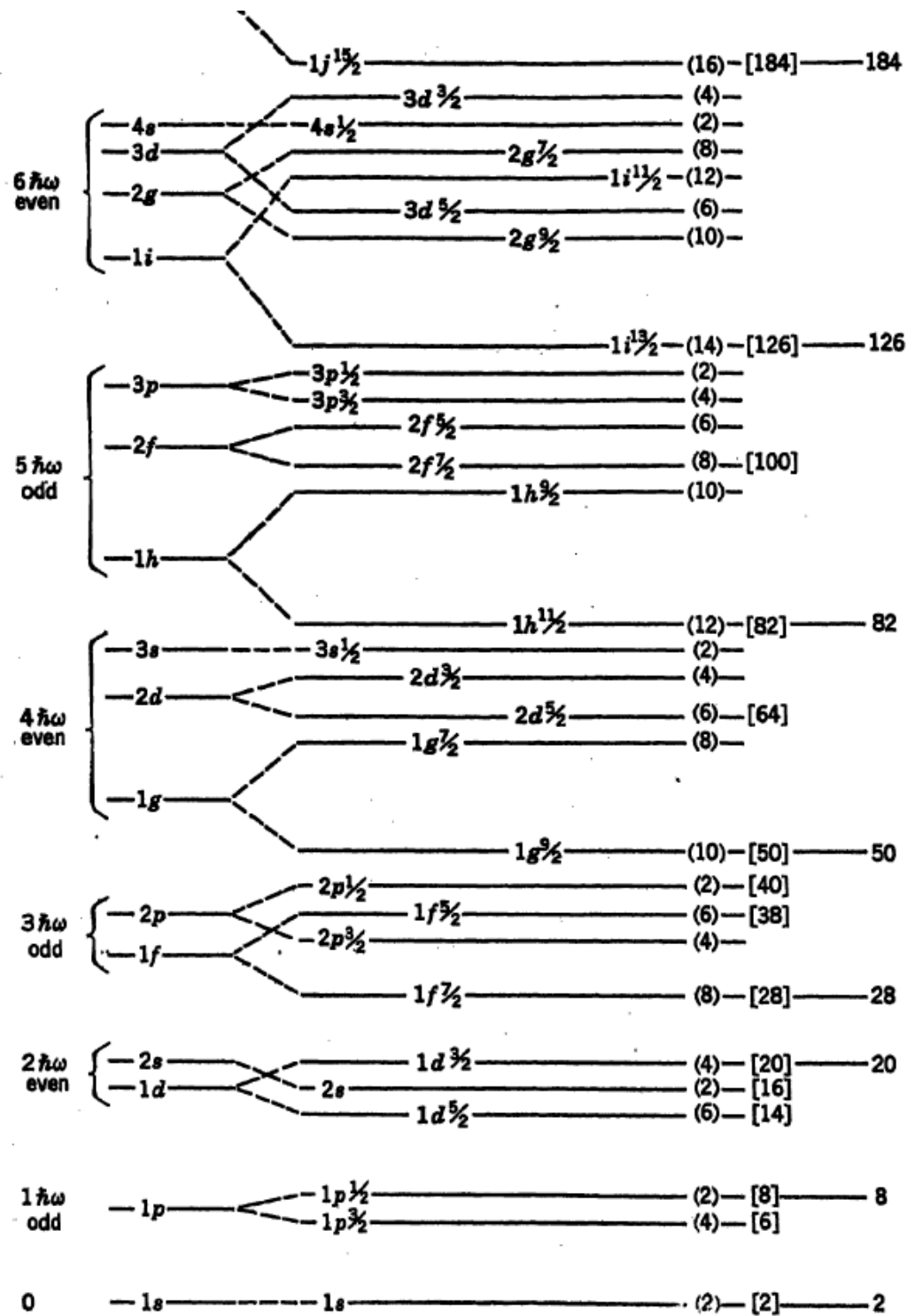




Figura 1: Configuración nuclear de acuerdo a la ocupación sistemática (principio de exclusión de Pauli) de los niveles energéticos (Mayer & Jensen, 1955, p. 58)

La figura 1 representa un esquema de la configuración nuclear de acuerdo a la estructura del potencial presentada por el NSM y su ocupación de acuerdo al principio de exclusión de Pauli, siguiendo un aumento ascendente acorde al valor energético de cada capa y subcapa (Mayer & Jensen, 1955, p. 58). El esquema presenta primero a la capa osciladora de acuerdo al valor discreto de n_0 en el cálculo energético de $n_0\hbar\omega$. Luego, presenta una columna con la nomenclatura clásica de espectroscopia de acuerdo a los valores cuánticos de n , y L (como en la configuración electrónica). La columna siguiente agrega el acoplamiento órbita-espín del valor J e integra su nomenclatura particular; de este modo, la columna de J se bifurca en los dos estados posibles de $J = L \pm 1/2$, de acuerdo a la dirección del espín \vec{s} ($\pm 1/2$). Finalmente, se presentan los valores atómicos de Z , remarcándose la discontinuidad energética de las capas cerradas en los valores mágicos: 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126, 184. El esquema ilustra cómo se llena la estructura de capas del NSM siguiendo la estrategia empleada en la ocupación de los niveles electrónicos.

Habiéndose explicado el NSM – de modo simplificado –, cabe cuestionar el rol de la idealización integrada en el modelo y cómo ésta contribuye a nuestra comprensión de los números mágicos. La siguiente sección se encarga de confrontar mi caso de estudio con las réplicas factivistas al problema de la factividad.

5) Integración de las idealizaciones

El objetivo de esta sección final es aplicar las respuestas factivistas – sección 2 – al caso del NSM – sección 4 – para juzgar si dichas respuestas satisfacen la integración de la idealización en cuestión. Afirmo que estas respuestas son problemáticas y utilizo el NSM para demostrar que las réplicas factivistas no dan cuenta de todos los casos. Para ello, primero corresponde revisar el caso en cuestión para caracterizar la idealización que emplea y su utilidad.

¿Cuál es la idealización que integra el modelo de capas nucleares? Pues, la representación de la estructura del interior del núcleo como un pozo potencial central



estratificado en niveles energéticos que conforma capas cerradas. No hay un concilio acerca de cuál es la estructura interna del núcleo, y las teorías que buscaban *cerrar* el tema con una caracterización unificada, dándolo así por zanjado, han resultado en sentencias prematuras (Cook, 2010, p. v). Las controversias fundamentales que subyacen al estudio del núcleo dificultan el establecimiento de una teoría unificada de la estructura nuclear (Cook, 2010, p. ix). Por ello, no se puede asumir que la estructura en capas del NSM sea una caracterización fidedigna de la estructura nuclear. Es más, dicha estructura ni siquiera intenta ser una propuesta genuina que describa el interior del núcleo. Hay modelos – como el *lattice model* (Cook, 2010) – que sugieren una teoría que describa la estructura nuclear genuina del núcleo. Dichas propuestas no son meras idealizaciones imprecisas, sino que intentan ser descripciones precisas y verídicas del fenómeno. En cambio, el NSM no intenta caracterizar fidedignamente la estructura nuclear, sino que emplea la configuración nuclear para explicar propiedades particulares del fenómeno por medio de una explicación anterior que funcionó en un caso similar (Mayer & Jensen, 1955, p. 50).

La idealización de la estructura nuclear del NSM es una idealización inconsistente con otros modelos del núcleo²¹ – como el *liquid drop model*, por ejemplo (Morrison, 2015) –, que no nos otorga una descripción fidedigna del fenómeno – pues ni siquiera sabemos cuál es la descripción fidedigna de este – y que, además, ni siquiera intenta presentarse como una propuesta precisa del núcleo. Por ello, dicha idealización de la estructura nuclear es un elemento no-fáctico integrado en el NSM.

Ahora bien, ¿Cuál es la función de dicha idealización? La estructura del NSM – importada de la configuración electrónica de las órbitas atómicas – es necesaria para

²¹ Véase Friend & Martínez-Ordaz (2020) para una discusión más extendida acerca de cómo se puede compatibilizar la inconsistencia *global* entre modelos con su consistencia *local* desde un estudio lógico de la discusión en filosofía de las matemáticas y de las ciencias. El debate acerca de la inconsistencia entre modelos no es el foco central de mi discusión actual, sino que se menciona de modo tangencial para remarcar el problema en física nuclear de no tener una representación *única y unificada* del núcleo, por lo que no hay una caracterización *más realista* con la que contrastar la representación idealizada del modelo. No obstante, y como se señaló previamente, el NSM ni siquiera intenta entregar representación precisa pues se es consciente – y se acepta – que el modelo idealiza el núcleo (Mayer & Jensen, 1955, p. 50).



establecer los niveles de energía del potencial nuclear que constituyen las capas cerradas que explican los valores de los números mágicos. Los estados de los niveles y subniveles energéticos son ocupados siguiendo el principio de exclusión de Pauli, manifestándose así las capas cuyas prominencias energéticas explican los números mágicos (Figura 1). La estructura es necesaria para erigir los niveles, cuya configuración dispone las capas cerradas de los números mágicos. Sin la estructura de niveles, no se tendría la configuración nuclear; y, sin ella, no se explican los números mágicos. Los niveles y sus estados son descritos por la configuración de los nucleones que nos informa acerca de la ocupación de cada nivel y estado (Ferrer, 2015, p. 125); similar a la configuración electrónica que nos informa de la ocupación de las órbitas del átomo. La estructura idealizada, cuyos estados son ocupados de acuerdo al principio de Pauli, es la que explica la prominencia de los números mágicos en términos de las capas cerradas del modelo.

¿las respuestas factivistas – sección 2 – satisfacen este caso particular? Cabe cuestionar si las réplicas factivistas son suficiente para explicar el rol de la estructura idealizada del NSM. Primero confronto las propuestas de NDM y la de valor pragmático ya que ambas cimentan sus estrategias en un mismo primer paso: minimizar el rol de las idealizaciones para sostener su dispensabilidad. Su rol se reduce a *facilitar cálculos* y *destacar irrelevancias explicativas*. Por consiguiente, si mi caso obstaculiza el cumplimiento de este primer paso, entonces se pueden desbaratar ambas respuestas en conjunto. Es decir, las dos primeras propuestas factivistas se enfrentan al problema de no poder minimizar el rol de la estructura idealizada del NSM en la explicación de los números mágicos.

El paso inicial de la estrategia 3D de Khalifa & Sullivan es la minimización (*Downplay*) del rol de las idealizaciones a la mera *facilitación de cálculos* y a *destacar irrelevancias explicativas* (Khalifa & Sullivan, 2019, p. 676). Respecto de las irrelevancias, Strevens (2017, p. 38) y Elgin (2017, p. 23) sostienen el mismo rol para justificar el uso de idealizaciones: estas distorsionan y omiten elementos *irrelevantes*, de modo que su imprecisión resulta inofensiva. El plan que propongo se basa en rebatir la minimización de la idealización argumentando que dicha idealización resulta imprescindible, al menos en el



caso del NSM, demostrándose así que estas respuestas factivistas no satisfacen todos los casos de idealizaciones.

¿El rol de la estructura nuclear se puede minimizar del modo propuesto por los autores? No. Por un lado, el rol de la configuración nuclear no se reduce a facilitar cálculos ya que las estructuras matemáticas importadas por el modelo son esenciales para obtener matemáticamente los valores de los números mágicos. Sin la estructura nuclear, no se tendría la nomenclatura de espectroscopia que describe la configuración nuclear ni se podría, en primer lugar, calcular los estados de cada nivel energético.

Por ejemplo, los modelos colectivos del núcleo (Cook, 2010, pp. 58-59) presentan un núcleo con una distribución e interacción uniforme de sus nucleones, de modo que sus propiedades macroscópicas son explicadas en términos del comportamiento colectivo de los nucleones. El comportamiento colectivo simplifica los cálculos de todas las interacciones posibles entre los nucleones, evitándose así problemas como el *many-body problem* de mecánica cuántica (Gamow, 1937, pp. 22-24). En términos simples, este problema refiere a la altísima dificultad y complejidad de calcular las interacciones en sistemas con muchas partículas. No es lo mismo, e.g., predecir las interacciones en un sistema de 4 nucleones (isótopo de Helio) en comparación a un sistema compuesto de 238 nucleones (isótopo de Uranio). En este caso, la caracterización del núcleo como un *cuerpo colectivo uniforme* es conveniente – en términos de Khalifa & Sullivan (2019, p. 676) –, por lo que su rol puede ser minimizado a la facilitación de cálculos. Sin embargo, la estructura nuclear del NSM no simplifica variables para hacer más manejable la estructura matemática, sino que la idealización es la que habilita la estructura matemática que calcula la configuración nuclear. El cálculo de las capas cerradas no es posible sin la estructura de niveles energéticos.

Por otro lado, el rol de la idealización tampoco se reduce a destacar irrelevancias explicativas. *¿Qué elemento es distorsionado por la idealización?* La estructura interna del núcleo. De acuerdo con los autores factivistas (Sección 2), los elementos alterados por la idealización son omisiones inofensivas pues son irrelevantes. Por consiguiente, la única razón para conservar las idealizaciones es por conveniencia pragmática. No obstante, la



estructura interna del núcleo no es un elemento irrelevante en la explicación de los números mágicos. La explicación del fenómeno se cimenta en el uso de los niveles energéticos que previamente funcionaron en la explicación de la prominencia energética de los gases nobles (De la Peña, 2019, p. 689). La estructura idealizada del NSM es un elemento esencial para establecer la configuración nuclear que explica los números mágicos, por lo que no se puede minimizar su rol a la acentuación de irrelevancias.

La presuposición de dispensabilidad de las respuestas factivistas se fundamenta en la minimización del rol de las idealizaciones, concluyéndose así que las idealizaciones son prescindibles. El NSM demuestra la dificultad de presuponer a priori la dispensabilidad de la estructura nuclear idealizada, por lo que ambas respuestas no satisfacen este caso. El NSM no refuta las réplicas anteriores, pero sí presenta una dificultad que demuestra la necesidad de un estudio más acabado de la dispensabilidad de las idealizaciones en cada caso.

Finalmente, la respuesta de Lawler no es mermada por la estrategia anterior pues la *extraction view* satisface el rol de la idealización integrada en el NSM. Por ello, el caso suscita otros cuestionamientos respecto de la propuesta de Lawler, proponiéndose así – a modo de conclusión – nuevas interrogantes que buscan desarrollar el debate. Particularmente, la relación entre contenido y proceso; asimismo, la dispensabilidad del proceso respecto del contenido (una vez alcanzado). Lo lioso de la propuesta es el desarraigo de la conclusión de los elementos propios del proceso. La idealización involucra conceptos y estructuras matemáticas que permean las conclusiones que se obtienen por medio de ellas. En el NSM, nuestro entendimiento de los números mágicos está dado en términos de la configuración nuclear, al igual que los estados y niveles energéticos que describen las capas cerradas (Ferrer, 2015, p. 125). Sin dicha terminología, propia de la idealización, resulta difícil formular un contenido desprovisto de la nomenclatura integrada por el proceso. No se puede solo desprender el contenido de mis conclusiones de los elementos que las permean, conceptual y matemáticamente.

Lawler reconoce una independencia crucial del contenido (Lawler, 2021, p. 6865). No obstante, casos como el NSM indican que el cuestionamiento no se puede zanjar a priori



presuponiendo dicha independencia junto a la dispensabilidad de las idealizaciones procedurales respecto del contenido. El contenido es definido en términos de nuestros compromisos (Lawler, 2021, p. 6859) y la estructura nuclear no es parte de estos compromisos; sin embargo, la aceptación de dicha estructura figura en el esquema conceptual que integra el contenido de nuestro entendimiento, a pesar de no comprometernos epistémicamente con ella (Mayer & Jensen, 1955, p. 50). De este modo, se involucra un nuevo concepto que requiere mayor discusión: la aceptación y el modo en el que los elementos aceptados – aunque no comprometidos – figuran en el contenido de nuestro entendimiento. Reducir conceptualmente el contenido del entendimiento a los compromisos fácticos acerca del fenómeno suscita estas nuevas interrogantes que requieren su propio debate. El NSM presenta una dificultad en la forma de nuevos cuestionamientos que pueden enriquecer la discusión acerca del contenido del entendimiento y la integración de elementos fácticos y no-fácticos en la constitución de este.

6) Conclusión:

El presente artículo se enfocó en el problema de la factividad del entendimiento. Mi objetivo no fue refutar y demostrar como erradas las respuestas factivistas, sino acusar que estas caen en un error similar que se yergue en una presuposición similar. A priori se asume que las idealizaciones son prescindibles y que su contribución se puede separar de modo categórico de la contribución entregada por los elementos fácticos del entendimiento. Sin embargo, el caso del NSM demuestra la dificultad de dicha presuposición, indicándose así que se necesitan evaluar los casos de modo más particular y sin presuponer el alcance de los elementos no-fácticos involucrados. Sí considero que las respuestas de Strevens (2017) y Khalifa & Sullivan (2019) están en una situación más peliaguda, pues sus argumentos se fundamentan en la minimización del rol de las idealizaciones, por lo que no se satisfacen los casos donde dichas idealizaciones tengan un rol más preponderante en el entendimiento.

No obstante, la respuesta de Lawler (2021) está en una situación aventajada para satisfacer casos de este tipo. Las limitaciones de la *extraction view* fomentan un avance en el debate, pues presenta nuevas aristas de discusión que expanden los conceptos de



entendimiento, su contenido, el proceso y los demás elementos – fácticos y no-fácticos – que son integrados de modo holístico en el entendimiento de los fenómenos complejos.

Finalmente, y a modo de cierre, queda una interrogante pendiente: *¿cómo caracterizamos el valor epistémico de los elementos no-fácticos en términos de su relación con el entendimiento?* El presente trabajo concluye con la integración de las idealizaciones y la necesidad de una lectura holística de su contribución epistémica para entender fenómenos complejos, por lo que la discusión necesita avanzar conceptualmente. Las propuestas factivistas rescatan los elementos fácticos – verdaderos o aproximadamente verdaderos – para garantizar el estatus y robustez epistémica del entendimiento. En epistemología, se ha discutido acerca del valor epistémico y si este se fundamenta necesariamente en la verdad de nuestras creencias²². Sin ahondar en la discusión epistemológica de momento, los factivistas remarcan el aspecto fáctico del entendimiento para dar cuenta del uso de las idealizaciones sin degradar el valor de las explicaciones y el entendimiento *per se*. Una forma de realizar esto es argumentar que lo epistémicamente valioso de las falsedades es su función como medio para alcanzar verdades (o respuestas verdaderas) sin que esto repercuta en los aspectos fundamentales – relevantes – de la explicación (Khalifa & Millson, 2020, pp. 97-99). De este modo, se justifica el uso de idealizaciones *benignas*²³ sin comprometer el estatus de las explicaciones.

Sin embargo, hay propuestas pluralistas del valor epistémico que sostienen que un elemento puede ser epistémicamente valioso sin depender dicho estatus de su valor de verdad (Pedersen, 2017). Asimismo, hay propuestas pluralistas explicativas que establecen distintos tipos de explicación o dimensiones explicativas (Saatsi, 2023). Por un lado, una explicación de carácter fáctico u óntico se asocia con la información verdadera que me entrega la explicación acerca de las causas genuinas del *explanandum*, de modo que refiere a la relación *real* entre el *explanans* y el *explanandum* (Saatsi, 2023, p. 117). En cambio, por otro lado, el carácter pragmático de la explicación refiere a la relación de la explicación con nosotros –

²² Véase Pritchard *et al.*, 2018.

²³ Véase nota al pie de página número 10.



agentes cognitivos – que usamos la explicación para ciertos fines (Saatsi, 2023, p. 118). En este segundo sentido, la explicación no necesitaría depender de la verdad para justificar su valor epistémico, pues este estaría dado por el beneficio epistémico que les brinda a los agentes cognitivos para desarrollar su investigación. Esta discusión es bastante más extensa, pero resulta útil para presentar un diálogo actual entre epistemología y filosofía de las ciencias. Considero fructífero este cruce interdisciplinario en filosofía ya que otorga nuevos esquemas conceptuales para desarrollar la discusión acerca del rol integrativo de las idealizaciones evaluando su valor epistémico y el modo en el que contribuye en la investigación. Una lección que rescato de mi caso de estudio es la necesidad de elevar la discusión a un nivel más complejo conceptualmente, por ello son prometedoras estas aproximaciones.



Referencias bibliográficas

- Bangu, S. (2023). Factivism in Historical Perspective: Understanding the Gravitational Deflection of Light. En Khalifa, K.; Lawler, I. & Sech, E. (Eds.), *Scientific Understanding and Representation: Modeling in the Physical Sciences* (pp. 62-77). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003202905-7>
- Cohen, L. J. (1992). *An Essay on Belief and Acceptance*. Clarendon Press.
- Cook, N. (2010). *Models of the Atomic Nucleus*. Springer.
- De la Peña, L. (2019). *Introducción a la mecánica cuántica*. Fondo de cultura económica.
- De Regt, H. (2015). Scientific Understanding: Truth or Dare? *Synthese*, 192(12), pp. 3781–3797. <https://doi.org/gf3jdx>
- De Regt, H. (2017). *Understanding Scientific Understanding*. Oxford University Press. <https://doi.org/gqj2>
- De Regt, H. (2023). Can Scientific Understanding Be Reduced to Knowledge? En K. Khalifa, I. Lawler, & E. Sech (Eds.), *Scientific Understanding and Representation: Modeling in the Physical Sciences* (pp. 17–32). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003202905-3>
- Elgin, C. (2017). *True Enough*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262036535.001.0001>
- Ferrer, A. (2015). *Física nuclear y de partículas*. Universitat de València.
- Friend, M., & Martínez-Ordaz, M. (2020). Keeping Globally Inconsistent Scientific Theories Locally Consistent. En W. Carnielli, & J. Malinowski (Eds.), *Contradictions, from Consistency to Inconsistency* (pp. 53-88). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98797-2_4



- Frigg, R., & Nguyen, J. (2020). *Modelling Nature: An Opinionated Introduction to Scientific Representation*. Springer. <https://doi.org/pwfh>
- Gamow, G. (1937). *Structure of atomic nuclei and nuclear transformations*. Clarendon Press.
- Goldman, A. (1999). *Knowledge in a Social World*. Clarendon. <https://doi.org/10.1093/0198238207.001.0001>
- Hempel, C. G. (1965). *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*. Free Press. <https://doi.org/dfdd2m>
- Heyde, K. (1994). *The Nuclear Shell Model*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-79052-2>
- Khalifa, K. (2017). *Understanding, Explanation and Scientific Knowledge*. Cambridge University Press. <https://doi.org/gqjs>
- Khalifa, K. (2023). Should Friends and Frenemies of Understanding Be Friends? Discussing de Regt. En K. Khalifa, I. Lawler, & E. Sech (Eds.), *Scientific Understanding and Representation: Modeling in the Physical Sciences* (pp. 33-50). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003202905-4>
- Khalifa, K., & Millson, J. (2020). Perspective, Questions, and Epistemic Value. En A. M. Cretu, & M. Massimi (Eds.), *Knowledge from a Human Point of View* (pp. 87-106). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27041-4_6
- Khalifa, K., & Sullivan, E. (2019). Idealizations and Understanding: Much Ado About Nothing? *Australasian Journal of Philosophy*, 97(4), 673-689. <https://doi.org/10.1080/00048402.2018.1564337>.
- Kitcher, P. (2001). *Science, Truth, and Democracy*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/0195145836.001.0001>
- Kvanvig, J. (2003). *The Value of Knowledge and the Pursuit of Understanding*. Cambridge University Press. <https://doi.org/fs2px6>



- Lawler, I. (2021). Scientific Understanding and Felicitous Legitimate Falsehoods. *Synthese*, 198, 6859-6887. <https://doi.org/10.1007/s11229-019-02495-0>
- Lipton, P. (2009). Understanding Without Explanation. En H. de Regt, S. Leonelli, & K. Eiger (Eds.), *Scientific Understanding: Philosophical Perspectives* (pp. 43-63). University of Pittsburgh Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctt9qh59s.6>
- Lorca, N. (2024). Modelos idealizados y representación Z: El caso del liquid drop model en física nuclear. *Límite, Revista interdisciplinaria de Filosofía y Psicología*, 19, 1-15. <https://doi.org/n242>
- Mayer, M. G., & Jensen, J. H. (1955). *Elementary Theory of Nuclear Shell Structure*. John Wiley & Sons, inc.
- Mizrahi, M. (2012). Idealizations and Scientific Understanding. *Philosophical Studies*, 160(2), 237-252. <https://doi.org/d77s3s>
- Morrison, M. (2008). Models as Representational Structures. En S. Hartmann, C. Hoefer, & L. Bovens (Eds.), *Nancy Cartwright's Philosophy of Science* (pp. 67-90). Routledge.
- Morrison, M. (2015). *Reconstructing Reality: Models, Mathematics and Simulations*. Oxford University Press. <https://doi.org/pwfk>
- Pedersen, N. (2017). Pure Epistemic Pluralism. En A. Coliva, & N. Pedersen (Eds.), *Epistemic Pluralism* (pp. 47-92). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65460-7_3
- Pritchard, D., John, T., & Adam, J. (2022). The Value of Knowledge. En E. N. Zalta & U. Nodelman (Eds.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Stanford University <https://plato.stanford.edu/archives/fall2022/entries/knowledge-value/>
- Potochnik, A. (2017). *Idealization and the Aims of Science*. The University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226507194.001.0001>



Quine, W. V. (1951). Two Dogmas of Empiricism. En *From a Logical Point of View* (pp. 20-46). Harper & Row.

Rescher, N. (1970). *Scientific Explanation*. Free Press.

Rice, C. (2019). Models Don't Decompose That Way: A Holistic View of Idealized Models. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 70(1), 179-208.
<https://doi.org/gdwscz>

Saatsi, J. (2023). Explanatory Power: Factive vs Pragmatic Dimension. En K. Khalifa, I. Lawler, & E. Sech (Eds.), *Scientific Understanding and Representation: Modeling in the Physical Sciences* (pp. 115-132). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781003202905-10>

Salmon, W. C. (1989). *Four Decades of Scientific Explanation*. University of Pittsburgh Press.

Strevens, M. (2017). How Idealizations Provide Understanding. En S. Grimm, C. Baumberger, & S. Ammon (Eds.), *Explaining Understanding: New Perspectives from Epistemology and Philosophy of Science* (pp. 37-48). Routledge.

Trout, J. D. (2002). Scientific Explanation and the Sense of Understanding. *Philosophy of Science*, 69(2), 212-33. <https://doi.org/dj8d3h>

Wittgenstein, L. (2017). *Tractatus Logico-Philosophicus*. Gredos. (Obra original publicada en 1921)