



Definición inferencial de la comprensión científica

Inferential definition of scientific understanding

RODRIGO LOPEZ-ORELLANA¹

Resumen: En las últimas dos décadas ha surgido en epistemología una perspectiva que rescata la noción de *comprensión* e intenta ponerla en el foco principal de la discusión sobre la modelización científica, al considerar que tiene un papel fundamental en la actividad del conocimiento. Desde una breve revisión de algunas ideas del pragmatismo americano y del inferencialismo de Mauricio Suárez, el objetivo de este trabajo es proponer una definición inferencial de la comprensión científica. Se afirma que la comprensión cumple un papel central en la práctica de la modelización, como término de éxito cognitivo, y que puede introducirse como una noción importante para la discusión acerca de la función explicativa que tienen los modelos.

Palabras clave: comprensión; modelos; inferencialismo; explicación; cognición.

Abstract: In the last two decades, a perspective has emerged in epistemology that rescues the notion of understanding and tries to put it as the main focus of the discussion on scientific modeling, considering that it has a fundamental role in knowledge activity. From a brief review of some ideas of American pragmatism and the inferentialism of Mauricio Suárez, this paper aims to propose an inferential definition of scientific understanding. It is argued that understanding plays a central role in modeling as a term of cognitive success and that it can be introduced as an essential notion for the discussion about the explanatory function of models.

Keywords: understanding; models; inferentialism; explanation; cognition.

Cómo citar: Lopez-Orellana, R. (2022). Definición inferencial de la comprensión científica. *Cuadernos Filosóficos*, 19.

Publicado bajo licencia Creative Commons Atribución-SinDerivadas 4.0 Internacional [CC BY-ND 4.0]



Fecha de recepción: 30/11/22
Fecha de aprobación: 04/12/22

I. Modelos como herramientas inferenciales

Desde hace ya varios años que en filosofía de la ciencia se discute sobre cómo los modelos logran ser instrumentos exitosos para la investigación científica y también cómo y en qué medida estos median entre las teorías y la realidad fenoménica (v. g., Cartwright et al., 1995;

¹ Universidad de Valparaíso (Valparaíso, Chile).

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3576-0136>. rodrigo.lopez@uv.cl

Morrison y Morgan, 1999b; Suárez, 2003, 2004; Knuuttila y Merz, 2009). Por supuesto, el debate sigue centrado en la noción de *representación* (Redmond y Lopez-Orellana, 2022) y en la idea de que los modelos efectivamente tienen una función representacional para el conocimiento científico. Sin embargo, dentro de esta misma discusión, ha surgido la idea de que los modelos tienen un carácter o cumplen una función más bien *inferencial*: los modelos nos permiten hacer inferencias acerca de los fenómenos. Esto significa que son herramientas que nos permiten generar hipótesis plausibles sobre sus sistemas-objetivo (*'target systems'*, sistemas de fenómenos a los que se dirigen). Autores como Robert Sugden (2000), Uskali Mäki (2009, pp. 32-33) y Mauricio Suárez (2004) han sostenido esta idea —unos con más énfasis que otros—.

Desde un enfoque inferencialista, entendemos que un modelo representará un sistema de fenómenos como su 'sustituto'. Es decir, M es representativo de SO , es el *sustituto* o *subrogante* de SO . Esto puede sugerir una forma deflacionista de definir la representación; en el caso de que queramos seguir manteniendo el término para este tipo de relación. En definitiva, la función primordial de un modelo es posibilitar un *razonamiento sustituto* (*surrogate reasoning*). Con ello se afirma que, como señala Mäki (2009), la función epistémica de los modelos (como sustitutos) se traduce en conseguir conocimiento examinando directamente a M , pero examinando indirectamente a SO (conocimiento indirecto de SO), siempre y cuando M sea 'coherente' o se 'dirija' a SO en aspectos adecuados y en grados suficientes.

¿Pero cuál es la forma, más ajustada a la evidencia y a la práctica científica, de entender cómo se relacionan M y SO ? Para Sugden (2000, p. 3), la mejor manera de responder a esta pregunta es asumiendo que la brecha entre el 'mundo del modelo' y el mundo real solo puede llenarse mediante inferencias inductivas. Además, señala que tendremos más confianza en tales inferencias cuanto más creíble sea un modelo como 'relato' de lo que 'podría haber sido verdad'. Para Sugden, los modelos describen 'mundos creíbles' que están sustentados en una información fiable acerca de los fenómenos particulares de estudio y que proviene —en algunos de sus aspectos— de teorías pertinentes que hayamos aceptado anteriormente. La modelización (y la teorización) científica procede generalmente de esta manera, depende de la habilidad de los científicos para realizar inferencias inductivas a partir de los modelos, a pesar de que los científicos no sean capaces de justificarlas del todo y que dejen lagunas en su razonamiento explícito. Es por este motivo que para algunos autores (Morrison, 1999; Morrison y Morgan, 1999b; Lopez-Orellana y Redmond, 2021) se vuelve necesario apartar

cualquier consideración representacional o estructuralista de los modelos. En efecto, no hace falta asumir entidades como las 'estructuras' objetivas, la estructura del mundo y la estructura de las teorías, ni que estas compartan cierta homomorfía, porque la representación científica no es objetiva en este sentido, no es independiente del agente. Las inferencias son siempre de un agente, son acciones de un agente. A través de esas acciones, los científicos construyen hipótesis a partir de la información fiable que involucran los modelos acerca de los fenómenos.

Al respecto, Suárez (2004) señala que, de manera general, en una representación se especifica cierta función: un sistema fuente o un objeto *A* representa un sistema objetivo o un objeto *B*. Esto es, *A* cumple cierta función respecto de *B*. La pregunta a responder es entonces en virtud de qué *A* es una representación de *B*. Pero,

[e]l objetivo de una teoría sustantiva de la representación es establecer las condiciones generales que deben cumplir [los] modelos [...] para llevar a cabo una función representacional: no es necesario estipular las condiciones para una representación precisa, verdadera o completa. (Suárez, 2004, p. 767)

La estrategia de Suárez es entonces revisar cuáles pueden ser esas condiciones generales. Argumenta que la mejor forma de definir el concepto científico de representación es mediante dos condiciones necesarias: su *direccionalidad esencial* (o *fuerza* representacional de su fuente) y su capacidad de permitir el razonamiento y las *inferencias sustitutivas*. A partir de esto, la noción de representación involucrada en la actividad científica de la modelización debe considerarse como minimalista o deflacionaria, como analogía a las definiciones minimalistas y deflacionarias de la verdad².

Según Suárez (2004, pp. 770-771), esto supone 1) abandonar la búsqueda de condiciones universales necesarias y suficientes que se cumplan en todas y cada una de las instancias reales concretas de la representación científica. La representación no es el tipo de noción que requiera o admita tales condiciones. En el mejor de los casos, solo podemos intentar describir sus características más generales. Además, 2) supone dejar de identificar y asociar características más profundas a la representación que los que ya se encuentran en la superficie

2 Las teorías deflacionarias de la verdad consideran que la verdad no es una propiedad de las proposiciones, niegan que exista una propiedad semejante. La verdad es solo una ilusión del lenguaje: "decir que «la nieve es blanca» es verdad, o que es verdad que la nieve es blanca, equivale a decir simplemente que la nieve es blanca, y esto [...] es todo lo que se puede decir significativamente sobre la verdad de «la nieve es blanca»" (Stoljar y Damjanovic, 2010).

de la propia práctica. Para Suárez, la representación solo tiene los siguientes rasgos irreductibles:

- i. la fuerza representacional de su fuente (o el modelo), que se expresa en el siguiente esquema: 'A representa a B solo si la fuerza representacional de A apunta a B; y
- ii. la capacidad inferencial, que permite un razonamiento sustitutivo o subrogativo.

i. señala simplemente que un modelo M es usado por un agente A (el científico) en su práctica de representar científicamente un fenómeno f . De esta manera, basta con analizar el uso de M para comprender su función y alcance. Reduce la representación al uso de M y a la 'direccionalidad' de M hacia f (pero no al revés). Ahora, ii. señala simplemente que M le permite a A extraer hipótesis específicas acerca de f . Estas hipótesis no tienen por qué considerarse 'verdaderas', ya que los modelos solo nos proporcionan una aproximación de f . Las inferencias que hacemos de f son plausibles, no hay por qué predicarles la verdad.

Suárez advierte que i. no implica solamente un forma básica u ordinaria de representación, que se suele identificar como denotación³, sino que —en cuanto representación científica— esta añade una forma característica de objetividad a los rasgos fenomenológicos de la representación ordinaria, que se traduce simplemente en su *valor cognitivo*.

Esto es muy importante para la cognición con modelos y es solo en este sentido que hablamos de 'objetividad'.

Las representaciones científicas tienen valor cognitivo porque tienen como objetivo proporcionarnos información específica sobre sus objetivos. La información que proporcionan es específica en el sentido de que no podría ser igualmente transmitida por ningún otro signo [un modelo, o cualquier otra herramienta de representación] elegido arbitrariamente. (Suárez, 2004, p. 772)

Remarcando lo dicho anteriormente, no hay que concebir esta objetividad bajo la metáfora del 'reflejo en el espejo' (*mirroring*), que especifica una relación diádica entre la representación y lo representado (similitud o isomorfismo). La única forma de entender la representación científica y su carácter objetivo para el conocimiento es:

3 Esto es, como una relación convencional de los signos con las cosas significadas.

[*Inf*]. *A* representa a *B* solo si (i) la fuerza representacional de *A* apunta hacia *B*, y (ii) *A* permite a los agentes competentes e informados hacer inferencias específicas con respecto a *B*. (Suárez, 2004, p. 773)

Este es el esquema central de la concepción inferencialista de la representación científica de Suárez. [*Inf*] traduce esos dos rasgos irreductibles de la representación en “[dos] requisitos [mínimos] sobre la supuesta fuente de una representación, dado un supuesto objetivo” (Suárez, 2004, p. 773). Es decir, se mantiene cuando y solo cuando se aplican algunos medios de representación concretos y se rellenará (*A* o *B*) de forma diferente en cada instancia de representación.

Esta forma de caracterizar la representación atiende a cuestiones pragmáticas específicas: en (i) se requiere que se den los usos previstos por los agentes para el éxito de la representación; y en (ii) se especifica una habilidad pragmática que depende del objetivo y el contexto de la investigación particular. Generalmente, dicho contexto es la experimentación que tiene por objetivo último la explicación científica de los fenómenos. En dicho contexto la manipulación de modelos es esencial. Siguiendo a Ian Hacking (1983), son los experimentos los que les permiten a los científicos poner a prueba las hipótesis sustitutas de un modelo que puedan elaborarse acerca de la existencia y relaciones de los fenómenos en cuestión. Por ello, el éxito de la representación se ha asociado, generalmente, a la consecución de explicaciones exitosas. Pero, cómo es que los modelos cumplen una función explicativa sigue siendo un tema en discusión.

2. La explicación científica con modelos

Como ya sabemos, los modelos cobran relevancia en la investigación científica cuando es muy difícil contar con leyes genuinas que sustenten las explicaciones, sobre todo de tipo causal. Por ejemplo, ciencias como la biología o la economía recurren a la construcción y el uso de modelos para la elaboración de explicaciones teóricas. Esto hace que sea difícil —por supuesto, no imposible— aplicar para ellas las caracterizaciones estándar que se han dado —normativamente— en filosofía de la ciencia. Los esquemas explicativos, como el de cobertura legal clásico y los axiomáticos de los estructuralistas —basados en la reconstrucción teórica bajo el método de satisfacción de los axiomas de una estructura— no se ajustan del todo al uso regular que se hacen de los modelos (Morrison, 1999; Morrison y Morgan, 1999a; Morgan y Margaret Morrison, 1999b; Jones, 2005; Morrison, 2005; Lopez-Orellana y Redmond, 2021).

Pero no por ello dejaremos de reconocer que los modelos permiten generar inferencias exitosas sobre los fenómenos.

En general, los modelos tienen una función explicativa; es decir, se construyen con el propósito de explicar los fenómenos que representan. La explicación científica surge como el producto de la acción de establecer las relaciones fenoménicas, sobre todo causales, pero también funcionales, mecanicistas, históricas, etc. Por supuesto, aunque son herramientas con un alto grado de efectividad, no siempre cumplen con éxito. Como bien ha mostrado Alejandro Cassini (2016), los modelos no siempre comportan un buen mecanismo (principalmente de tipo causal) con el que se pueda dar cuenta de las relaciones entre fenómenos. Sobre estas cuestiones se ha discutido de manera extensa y muy rica, sobre todo desde el énfasis en el rol que cumplen los modelos para la explicación científica (Lopez-Orellana, 2020).

Paralelamente a este contexto de la representación, la modelización y la explicación en ciencias, en las últimas dos décadas ha surgido en epistemología una perspectiva que rescata la noción de *comprensión* e intenta ponerla en el foco principal, al considerar que tiene un papel fundamental en la actividad del conocimiento científico. La tradición filosófica ha entendido a la epistemología —básicamente— como el estudio del conocimiento. Específicamente, dentro de la filosofía de la ciencia, la comprensión ha quedado apartada por sus aspectos psicológicos y ha sido ignorada en toda justificación y caracterización del conocimiento científico. Sobre todo por el exagerado énfasis que se ha puesto en la explicación. Sin embargo, nuevos enfoques pragmatistas del conocimiento sugieren que la comprensión parece ser una acción central cuando dirigimos el pensamiento hacia el mundo que nos rodea (de Regt y Dieks, 2005; Elgin, 2009). Es más, sugieren que tendría un valor epistémico superior al del propio conocimiento por explicación: podemos tener conocimiento de algo sin llegar a comprenderlo, así que la comprensión exige una aptitud mayor que justifica su interés epistemológico (Baumberger et al., 2017, p. 3). Además, dentro de esta perspectiva se concibe que el objetivo primordial de la investigación científica es comprender el mundo, y no la mera recopilación de datos o de conocimientos. De esta manera, muchos suponen una distinción clara pero una integración esencial entre ambas acciones intelectuales (Kvanvig, 2003, 2009; de Regt y Dieks, 2005; Grimm, 2012; entre otros).

Pero ya el pragmatismo americano intentó abordar esta integración. A continuación, en este trabajo se seguirá una idea, que puede ser rastreada hasta Charles Sanders Peirce, la cual señala que la comprensión es un tipo de inferencia que puede ser traducida como el *acto de*

formular hipótesis (Peirce, 1998, CP 5.288; CP 5.298; CP 5.349). Dentro de la discusión de la modelización esto tiene mucho sentido, la comprensión podría ser asociada al tipo de razonamiento que permiten los modelos científicos, esto es, si es entendida como un *acto inferencial de un agente* (el científico). Entendida en base a esa agencialidad, la comprensión se involucraría en la manera en que relacionamos los modelos con los fenómenos a los cuales se dirigen.

La motivación principal de este trabajo es entonces abrir la perspectiva acerca de los modelos, de tal manera que permita limitar el dominio de la representación, el énfasis exagerado en la explicación científica y la conexión impuesta entre leyes y explicación teórica (Cooper, 1996; Diéguez, 2013). Como señalé anteriormente, el objetivo es ofrecer una definición de la comprensión científica en términos inferenciales. Con ello se podría esclarecer mejor la función que cumplen los modelos y reconocer la pluralidad de sus usos (Nersessian, 1999). En las últimas dos décadas se han desarrollado concepciones no-representacionistas e inferencialistas muy sugerentes, como respuestas a las dificultades que presentan, especialmente, las perspectivas que insisten en las caracterizaciones formales y representacionistas de la modelización (MacLeod y Nersessian, 2015; Knuutila, 2011). En trabajo intenta aportar un elemento más para enriquecer la discusión acerca de los modelos y la representación en dicho contexto, a partir de la noción de comprensión.

3. Comprensión científica con modelos

3.1. ¿Por qué la comprensión?

Desde que Johann Gustav Droysen —en su *Grundriß der Historik* de 1868— estableció la distinción metodológica entre explicación y comprensión para la ciencia de la historiografía, con el fin de definir y defender su estatus epistemológico frente a las ciencias naturales, el problema de la comprensión ha tenido un papel determinante dentro de la teoría del conocimiento, la epistemología y la filosofía general de la ciencia. Dentro de la filosofía de la ciencia, que se inscribe en lo que se ha llamado ‘la tradición analítica de la filosofía’, la comprensión se ha entendido como un cierto tipo de conocimiento, aunque con un estatus inferior respecto del conocimiento proveniente de la explicación —sobre todo, de la explicación científica— (von Wright, 1971, cap.I; Baumberger et al., 2017). Esta idea no es nueva y puede ser rastreada desde el *Teeteto* de Platón y los *Segundos Analíticos* de

Aristóteles (Plato, 1973, 201c–d; Aristotle, 1960, 71b; Grimm, 2017); está relacionada con el propio concepto clásico de ἐπιστήμη (*episteme*), que suele traducirse simplemente por ‘conocimiento’, proveniente del verbo ἐπίσταμαι y que es usado en el griego clásico para referirse a las acciones de ‘entender un asunto’, ‘entender de algo’, ‘ser capaz de comprender o conocer’ o ‘conocer bien’ (Tschemplik, 2008, cap. 4). Etimológicamente, la ἐπιστήμη contiene esa dualidad entre conocimiento y comprensión (o entendimiento). Como señalan Stephen R. Grimm (2017, p. 213) y Franca D’Agostini (2000), la preferencia de la tradición analítica por el conocimiento está directamente relacionada con su interpretación de Aristóteles, con el éxito de las ciencias naturales y con que el conocimiento resulta mucho más relevante, porque requiere la capacidad de rastrear el mundo de manera fiable. Según Grimm (2012, p. 103), en esta tradición se asume que esa fiabilidad no se consigue por la mera reflexión del sujeto cognoscente, sino que requiere de un razonamiento demostrativo y de reglas de comunicación explícitas y aceptadas por una comunidad de investigadores. Es por este motivo que la epistemología se ha entendido básicamente como el ‘estudio del conocimiento’.

Ahora bien, sin duda el tema de la comprensión ha sido ampliamente tratado en la tradición ‘continental’ de la filosofía —particularmente por la fenomenología y la hermenéutica— y se ha traducido en toda una doctrina respecto del término, sobre todo desde *Wahrheit und Methode* de Hans-Georg Gadamer (1960). Esta tradición ha ido en contra de todo intento de equiparar conocimiento y comprensión, o de privilegiar la primera por sobre la segunda. Aquí, el fenómeno de la comprensión es defendido como fundamental y anterior (u ‘originario’) al conocimiento; de esta manera se defiende una distinción clara entre estos dos conceptos. Por supuesto, mi artículo no está relacionado con esas ideas, más bien se sustenta en los desarrollos acerca del concepto que se han dado dentro de la filosofía de la ciencia en las últimas dos décadas. Específicamente, asumiremos las definiciones ofrecidas por Catherine Z. Elgin (2009) y por Henk W. de Regt, Sabina Leonelli y Kai Eigner (2009), como se verá a continuación. Estos últimos enfoques retoman el problema a partir de la idea de que la comprensión tiene un rol epistémico esencial en la actividad del conocimiento científico y es, a su vez, un tipo de conocimiento muy concreto, pero su justificación y caracterización vienen dadas por cuestiones relativas a la propia práctica científica.

No obstante, desde un punto de vista histórico, resulta interesante señalar —muy brevemente— que la noción de comprensión que aquí se sostendrá está emparentada con algunas ideas ya introducidas por el pragmatismo americano; estas ideas puede servir para

sustentar un análisis alejado de consideraciones como las de la tradición filosófica de la hermenéutica, es decir, alejado de nociones psicológicas problemáticas como ‘empatía’, ‘precomprensión’, o cualquier otra, pero que esté más próximo a la propia práctica científica. Además, estas ideas del pragmatismo nos pueden sugerir por qué es importante rescatar la noción de comprensión para el análisis filosófico contemporáneo del conocimiento científico.

En la tradición del pragmatismo americano el concepto de comprensión se articula desde la teoría de los signos de Charles Sanders Peirce (y ligada a su teoría de la abducción, cf. 1998, CP 1.14; CP 1.235; CP 2.649; CP 5.171; CP 5.283-302), la teoría de la experiencia de John Dewey (1933) y se especifica en la teoría de la educación y el modelo taxonómico pedagógico de Benjamin S. Bloom (1956). En primer lugar, Peirce señala que toda comprensión es un acto de la conciencia llamado *inferencia*; en otras palabras, el tipo de inferencia que señala Peirce es simplemente el acto de ‘formular hipótesis’ (Peirce, 1998, CP 5.288; CP 5.298; CP 5.349). En este acto inferencial somos capaces de referirnos tanto a términos generales como a términos particulares de aquello a lo que nos dirigimos o hablamos en un juicio. En efecto, Peirce considera la comprensión como un estado mental en el cual i) se concibe o capta un significado —que llamará ‘comprensión lógica, es decir, la relación o comparación de pensamientos/conceptos—; y ii) donde logramos un conocimiento de alguna cosa o fenómeno generalmente como representación o razonamiento a partir de relaciones entre pensamientos —de ahí la importancia de la abducción— (Peirce, 1998, CP 5.283-5302). Ambos aspectos representan los actos de un razonamiento inferencial. Esta idea de Peirce es muy sugerente y reviste —obviamente— de una investigación mayor, pero que aquí solo conviene señalar por ahora.

En segundo lugar, en el caso de la propuesta de Benjamin S. Bloom, que es una de las teorías de la educación más claras e influyentes del pragmatismo americano, la comprensión es definida como ‘captar o establecer relaciones y construir conocimientos a partir de la información acerca de ciertos hechos o ideas’ (Bloom, 1956, pp. 89-90). Por supuesto, en esto sigue muy de cerca la idea del razonamiento inferencial de Peirce. Según Bloom, la comprensión puede realizarse a partir de diferentes formas, ya sea oral o escrita, concreta o simbólica. En este enfoque, la comprensión pertenecerá al dominio cognitivo como ‘entendimiento demostrativo’ —en un sentido amplio del término— que organiza, compara, traduce, interpreta, describe la información. De esta manera, cumple una función primordial en el proceso de aprendizaje. Se comprenden procesos y conceptos que pueden ser descritos o explicados, resumidos, parafraseados o representados. Por este motivo se asocia a la

construcción de significado. En la teoría de Bloom, que se nutre de la filosofía de Dewey, el concepto de comprensión está asociado a los verbos 'interpretar', 'traducir', 'extrapolar', 'inferir', 'parafrasear', 'clasificar', 'comparar', 'explicar', 'ejemplificar', entre otros.

En efecto, la idea de Bloom es que, si bien la comprensión es un proceso interno del sujeto de captación (*grasp*) de la información, esta —como acción— puede ser relativamente 'objetivada', en el sentido en que puede ser evaluada. Por este motivo, Bloom establece distintas estrategias evaluativas a manera de test que acotan la subjetividad y permiten —al pedagogo— obtener datos relativamente objetivos de la comprensión de la información por parte de los estudiantes que usan esa información (Bloom, 1956, pp. 99-119). Según esta pragmática, el estudiante puede manipular dicha información en instancias donde necesite que sea más significativa gracias a que ha 'captado' su contenido. Como en el caso de la traducción de una forma simbólica a una forma verbal, por ejemplo en la traducción o explicación de las relaciones expresadas en un mapa o un plano arquitectónico (un modelo); o como se demuestra en la capacidad de distinguir entre conclusiones justificadas, injustificadas o contradictorias extraídas de un conjunto de datos (v. g., responder a la pregunta por cuál es la mejor definición del término 'libertad' según tal o cual enfoque filosófico). Es en estas actitudes o comportamientos que puede evidenciarse el avance en el aprendizaje:

Aquí estamos usando el término 'comprensión' para incluir aquellos objetivos, comportamientos o respuestas que representan un entendimiento del mensaje literal contenido en una comunicación. Al lograr tal comprensión, el estudiante puede cambiar la comunicación en su mente o en sus respuestas abiertas a alguna forma paralela más significativa para él. También puede haber respuestas que representan extensiones simples más allá de lo que se da en la comunicación misma. (Bloom, 1956, p. 89)

La pragmática de Bloom pone el énfasis en el comportamiento y propone así estrategias para evaluar y determinar cuándo tenemos una comprensión genuina. Sus estrategias y tests de evaluación pueden ser resumidas con el siguiente esquema (Bloom, 1956, p. 97):

El sujeto *S* logra comprender la información *x* cuando manipula correctamente *x* y es capaz de comunicarla.

Anteriormente, Dewey ya había señalado que logramos una comprensión profunda de la realidad, que él llamaba pensamiento reflexivo o simplemente reflexión (*reflective thinking*), cuando desarrollamos una interconexión de experiencias en comunidad, es decir, cuando

podemos comunicarlas. Es entonces cuando revestimos a la experiencia de significado. Según Dewey (1944, p. 186), esta actividad es un esfuerzo comunal activo y continuo que es disciplinar, especialmente metódico y que se dirige al desarrollo intelectual del sujeto cognitivo y de sus pares:

Dado que todo conocimiento, incluida toda investigación científica, tiene por objeto revestir las cosas y los acontecimientos con significado, al comprenderlos, siempre procede sacando lo que se indaga fuera de su aislamiento. La búsqueda es continúa hasta que se descubre que la cosa es una parte relacionada en un todo más grande. (Dewey, 1933, p. 138)

Con este pasaje de Dewey podríamos preguntarnos si la comprensión tiene un valor epistémico mayor en comparación con el acto de conocer. No por nada Bloom coloca, dentro de su clasificación taxonómica de habilidades, a la comprensión por sobre el conocimiento. La comprensión requiere un adiestramiento y un mayor ejercicio que el conocimiento, que principalmente se consigue a partir de la observación, el registro y la facultad de la memoria. De hecho, el conocimiento es el primer nivel de destreza intelectual en su taxonomía (Bloom, 1956, pp. 28-32). Según Christoph Baumberger et al. (2017, p. 3), si el valor de la comprensión supera al del conocimiento, entonces el enfoque tradicional de la epistemología —que ha sobrevalorado el conocimiento y la explicación científica por sobre la comprensión— carecería de legitimidad; además, habría que replantear seriamente la necesidad de retomar el análisis de la comprensión en la filosofía de la ciencia. En palabras de Grimm (2012), la mayoría de los enfoques que han heredado la epistemología del empirismo lógico han seguido siendo:

[...] indebidamente restrictivo[s] porque ha[n] dejado fuera una de las principales cosas que nos preocupan desde un punto de vista epistémico, que es comprender el mundo o darle sentido. (Grimm, 2012, p. 103)

En los enfoques epistemológicos actuales sobre la comprensión, se intenta una justificación del vínculo conceptual entre conocimiento y comprensión y entre explicación y comprensión. Las razones redundan en el valor epistémico de la comprensión, tal como lo expresa Grimm en la cita anterior. Entre los autores que se involucran en esta propuesta están Linda Zagzebski (2001; 2009), Jonathan Kvanvig (2003; 2005; 2009), Duncan Pritchard (2007; 2008; 2010), Henk W. de Regt y Dieks (2005), Catherine Z. Elgin (2009; 2016), entre otros. Los enfoques varían desde un internalismo de la comprensión hasta énfasis más pragmáticos. Como se ha señalado anteriormente, aquí seguiremos la perspectiva de Elgin y de Regt, que es

decididamente pragmática. A continuación daré entonces una definición pragmática de la comprensión referida al uso de modelos y basada en las definiciones de estos últimos dos filósofos mencionados.

3.2. Comprensión con modelos

De esta manera, en términos de Bloom (1956), afirmamos que la comprensión es un estado subjetivo en el cual se construyen conocimientos acerca de hechos o ideas y de sus relaciones. Permite, a partir de una información dada, organizar, interpretar, comparar, traducir, describir, sacar conclusiones generales o resolver problemas de una manera *fiable* o *plausible*. Esto no solo refleja un estado cognitivo, sino que también especifica una acción. En otras palabras, es tanto el producto como el proceso de la cognición humana. Es un tipo de razonamiento primordial, que puede ser caracterizado inferencialmente como lo sugirió C. S. Peirce.

La información involucrada en la comprensión es el resultado de la investigación, teorización y experimentación científica. En otras palabras, para evitar cualquier problema respecto de la definición del concepto, se equipara aquí 'información' con 'conocimiento' o con su contenido.

Como hemos señalado en Lopez-Orellana et al. (2019, p. 319), la comprensión y la explicación científicas pueden distinguirse entonces en tanto que la comprensión es una acción subjetiva de un agente, aunque basada en una información relevante (no trivial) acerca de los fenómenos del mundo y obtenida a partir de la propia práctica científica. En cambio, la explicación es una acción intersubjetiva que involucra de forma directa el reconocimiento de su éxito y aceptación por parte de una comunidad de agentes (la comunidad científica), en relación con ciertos procedimientos y criterios que esa comunidad ha establecido explícitamente. En la Concepción Heredada, que exageró el papel de las teorías y leyes, la comprensión fue asumida casi como un subproducto de la explicación (de Regt et al., 2009, p. 7), ni siquiera digna de análisis. Por supuesto, todo esto para evitar las consecuencias innecesarias de hipótesis psicologistas sobre el conocimiento científico. Por suerte, el foco hoy se ha puesto en cuestiones tales como la autonomía de los modelos respecto de las teorías, su manipulabilidad y usos, la producción de fenómenos, entre otras cuestiones donde la noción de comprensión puede arrojar luz al problema (Knuuttila y Merz, 2009, pp. 153-154).

Daniel A. Wilkenfeld (2013, p. 999) y Mark P. Newman (2017, p. 574), ha señalado que puede reconocerse una gran variedad de relaciones entre sujeto cognoscente y fenómenos

que caben bajo la forma de la comprensión. Esto permitiría mostrar su relevancia epistémica, los modelos pueden ofrecer efectivamente una mejor comprensión de los fenómenos, es decir, pueden asegurar un *éxito cognitivo*: ‘el sujeto *S* comprende un sistema de fenómenos *f* por medio del modelo *M*. Si esto no fuera así, es decir, si *S* comprendiera *f* solo de una manera superficial, observaríamos —por ejemplo— que *S* no sería capaz de usar *M* para ejecutar acciones o resolver problemas relativos al estudio de *f*. Pero, como argumenta Newman, sí vemos que en la propia práctica de modelización —y, sobre todo, de experimentación— los científicos son capaces de resolver esos problemas o ejecutar acciones significativas; incluso, evaluar la plausibilidad de *M* o de la teoría *T* involucrada, y ganar conocimiento respecto de *T*.

La mejor definición que se ha dado hasta hoy de comprensión puede ser la de Catherine Z. Elgin (2009, p. 327. Itálicas mías):

La comprensión es la *captación* [*grasp*] de un cuerpo general y amplio de información que está basada en los hechos, que responde debidamente a la evidencia y nos capacita para realizar *inferencias* no triviales, argumentos, y quizás *acciones* relacionadas con el asunto al que la información pertenece.⁴

Esta definición de comprensión adecuada es la siguiente:

[...] la comprensión como el producto final de la actividad explicativa⁵ (el estado cognitivo alcanzado, el objetivo de la explicación), porque es el estado de un sujeto cognoscente. Y se aplica aún más a la comprensión de las teorías y modelos utilizados en estas actividades explicativas: tal comprensión se refiere a la utilidad y a la

4 “[...] understanding is a grasp of a comprehensive general body of information that is grounded in fact, is duly responsive to evidence, and enables non-trivial inference, argument, and perhaps action regarding that subject the information pertains to.”

5 Es necesario advertir que la comprensión no siempre resulta ser el producto final de la explicación. Podemos tener explicaciones científicas exitosas sobre los fenómenos y, sin embargo, no lograr comprensión alguna sobre esos fenómenos o sus detalles. Por ejemplo, Charles Darwin admitía que, si bien su teoría era una explicación muy exitosa de la evolución biológica a través de la selección natural, no había logrado comprender del todo algunos de sus mecanismos: “Como la selección natural actúa por la vida y la muerte —por la preservación de los individuos con cualquier variación favorable y por la destrucción de aquellos con cualquier desviación estructural desfavorable—, a veces he sentido mucha dificultad para comprender el origen de las partes simples, cuya importancia no parece ser suficiente para causar la preservación de los individuos que varían sucesivamente. A veces he sentido tanta dificultad en esta cabeza, aunque de tipo muy diferente, como en el caso de un órgano tan perfecto y complejo como es el ojo” (Darwin, 1859, pp. 194-195). Obviamente, explicación y comprensión son dos actividades intelectuales muy distintas, pero que pueden complementarse. Juntas pueden producir una mayor ganancia de conocimiento, pero va a depender de cuestiones como la inteligibilidad de las teorías o de los modelos. Un análisis detallado al respecto puede encontrarse en de Regt (2009, pp. 30-38).

manipulabilidad de las teorías y modelos evaluadas por un grupo específico de pares.
(de Regt et al., 2009, p. 3)⁶

Recurriendo a las ideas del pragmatismo que hemos señalado anteriormente, prestemos atención entonces a las nociones de ‘utilidad’ (también ‘uso’) y ‘manipulación’ (*usefulness and tractability*) señaladas en la cita de de Regt et al. (2009). El ‘uso’ de un modelo implica siempre una manipulación. No puede haber manipulación exitosa sin comprensión. En este sentido, “[l]a comprensión es un término de éxito cognitivo” (Elgin, 2009, p. 327), ya que nos permite decir con propiedad algo acerca de los fenómenos e inferir nuevas consecuencias acerca de ellos, a la vez que nos permite actuar experimentalmente sobre los propios modelos y sus sistemas-objetivo. A partir de esta idea podemos comenzar a configurar una noción inferencial de la comprensión. Este tipo de comprensión obedecerá al interés por parte del científico de ofrecer una información relevante y pertinente sobre los fenómenos estudiados y con la intención de que pueda ser considerada dentro del marco teórico general de una ciencia.

3.3. Definición de uso de los modelos y razonamiento inferencial

En Lopez-Orellana et al. (2019), hemos ofrecido el siguiente esquema (para la comprensión con modelos en biología):

El sujeto *S* comprende *M*, que trata acerca de *f*, cuando *usa M*.

Para saber qué se dice aquí, antes debemos definir ‘uso’. Recordemos lo siguiente. En primer lugar, Uskali Mäki (2009, pp. 32-33) traduce la representación como la función de un modelo que permite el razonamiento subrogativo: un modelo representa a un sistema de fenómenos como su ‘sustituto’, es decir, nos permite hacer inferencias subrogativas acerca de dicho sistema de fenómenos. En segundo lugar, Mauricio Suárez (2004) define la representación a partir de dos condiciones necesarias: su fuerza representacional de su fuente (o direccionalidad esencial) y su capacidad de permitir el razonamiento y las inferencias sustitutas o subrogativas. Siguiendo los enfoques de Suárez y Mäki, aquí podemos ofrecer la siguiente definición de uso de un modelo con el siguiente esquema:

6 “This applies to understanding as the end-product of explanatory activity (the cognitive state achieved, the goal of explanation), because it is the state of a cognizing subject. And it applies even more to understanding the theories and models used in these explanatory activities: such an understanding concerns the usefulness and tractability of the theories and models as evaluated by a specific group of peers.”

- i. Un sujeto S usa (exitosamente) un modelo M syss: i. M apunta a un sistema-objetivo SO (a un sistema de fenómenos); y
- ii. S genera hipótesis (inferencias subrogativas) sobre el SO a partir de M .

El primer punto muestra la relación que se establece por la capacidad de una fuente (que es M) para llevar a un usuario competente e informado (S) a considerar dicho sistema-diana (SO). Especifica un propiedad relacional y contextual de M , fijada y mantenida en parte por los usos previstos por parte del agente. No se puede decir que ningún modelo apunte intencionalmente a un sistema-objeto en ausencia de tales usos. En este sentido, se trata de un acto intencional de S que establece una relación entre M y el SO . ‘Uso’ es entonces definido a partir del primer rasgo exigido por Suárez (2004) a la representación, es decir, por la fuerza representacional de su fuente: ‘ A representa a B solo si la fuerza de representación de A apunta a B ’. Además, si M apunta a su sistema-objetivo, se cumple con el requerimiento de direccionalidad esencial (M apunta a SO , pero no al revés), que es su condición de suficiencia (Frigg y Nguyen, 2016). Al mismo tiempo, esto asegura el punto (ii.) de la definición de uso de un modelo —ofrecida en la página anterior, esto es, la dinámica de inferencias subrogativas entre M y SO (requisito de ‘capacidad inferencial’ de Suárez, 2004). Estos requisitos/condiciones de adecuación o suficiencia se asumen aquí como centrales para una definición de comprensión científica (*efectiva*), como se verá en la siguiente sección.

3.4. Definición de comprensión efectiva

Ahora podemos definir inferencialmente una noción de comprensión científica (C_e), que en Rodrigo Lopez-Orellana y David Cortés-García (2019, p. 139)⁷ llamamos ‘comprensión efectiva’ (*effective understanding*). También se ofreció una definición en Lopez-Orellana et al. (2019) pero aquí modifiqué y esquematizo de la siguiente manera:

⁷ En Lopez-Orellana y Cortés-García (2019) hemos definido esta noción en términos de criterios de adecuación exigidas a un modelo para que establezca empíricamente su relación con su sistema-diana, pero permanecemos anclados a una visión representacionista considerando las relaciones modelísticas bajo la noción de ‘extrapolación’; esto es, 1) entre un modelo y su sistema-objetivo y 2) entre un modelo y otro modelo análogo. Se extrajo esta noción de las matemáticas. La extrapolación es un método de razonamiento que permite aplicar una solución o prueba de problemas de un sistema específico —a través de reglas definidas— a otro sistema que comparte características análogas con el primero. El problema es que esto supone, de igual manera, cierto isomorfismo entre dichas estructuras o sistemas, con todas las consecuencias realistas ingenuas respecto de la referencia. Lógica y matemáticamente, las consecuencias que se extraen de un sistema S_2 son posibles porque comparte una estructura ‘similar’ (por ejemplo, comparten ciertos axiomas, vocabulario o conectivas) con el sistema S_1 .

C_c : El sujeto S comprende efectivamente un sistema de fenómenos SO a partir de un modelo M , que apunta a SO , cuando usa M generando subrogativamente hipótesis, cuyas consecuencias le permiten manipular M y, a partir de acciones o procesos de control.

Esta es una definición *inferencial y dinámica*. Con ella se intenta dar cuenta de las acciones, intenciones y procesos dinámicos que lleva a cabo un agente. Intenta alejarse de toda consideración representacionista cumpliendo los requisitos mínimos señalados por Suárez (2004) para una definición de representación adecuada a la práctica científica. De esta manera, se alinea una definición de comprensión científica con la definición de representación en términos inferencialistas. Por ‘comprensión efectiva’ debe entenderse aquí toda comprensión de este tipo. Se ajusta a la definición de Elgin, centrándose en las inferencias no triviales y argumentos que, gracias al uso y manipulación de un modelo, sus consecuencias nos llevan a generar un conjunto de acciones o procesos (dinamismo) para el control de los fenómenos.

Esto se vincula perfectamente con la idea de comprensión de Bloom (1956), que hemos visto anteriormente. El éxito cognitivo de S en la comprensión de M (que se dirige o apunta a SO), puede ser evaluado gracias a que logra manipular o usar satisfactoriamente M . En efecto, el éxito de la comprensión guarda relación, en última instancia, con el logro de S en la transmisión o comunicación de M y en la respectiva aceptación de sus pares.

3.5. Acciones involucradas en la comprensión con modelos

Como uno de los objetivos principales de la modelización es proporcionar explicaciones acerca de los fenómenos que intentan representar, la inclusión de la comprensión y de los aspectos inferenciales del conocimiento responde al interés de ampliar la perspectiva de la representación y de la explicación con modelos. Siguiendo a Regt et al. (2009) y a Elgin (2009), he defendido que la comprensión tiene un valor epistémico en sí misma. Pero además, es necesario reconocer que explicación y comprensión están vinculadas y forman parte de un grupo de acciones centrales que configuran la práctica y el conocimiento científico a partir de modelos. A manera de resumen, ofreceré la siguiente ilustración que puede permitir identificar los elementos o acciones centrales que involucran la práctica científica con modelos. Estos elementos o acciones pueden resumirse en cuatro ejes centrales, modelización, experimentación, explicación y comprensión:

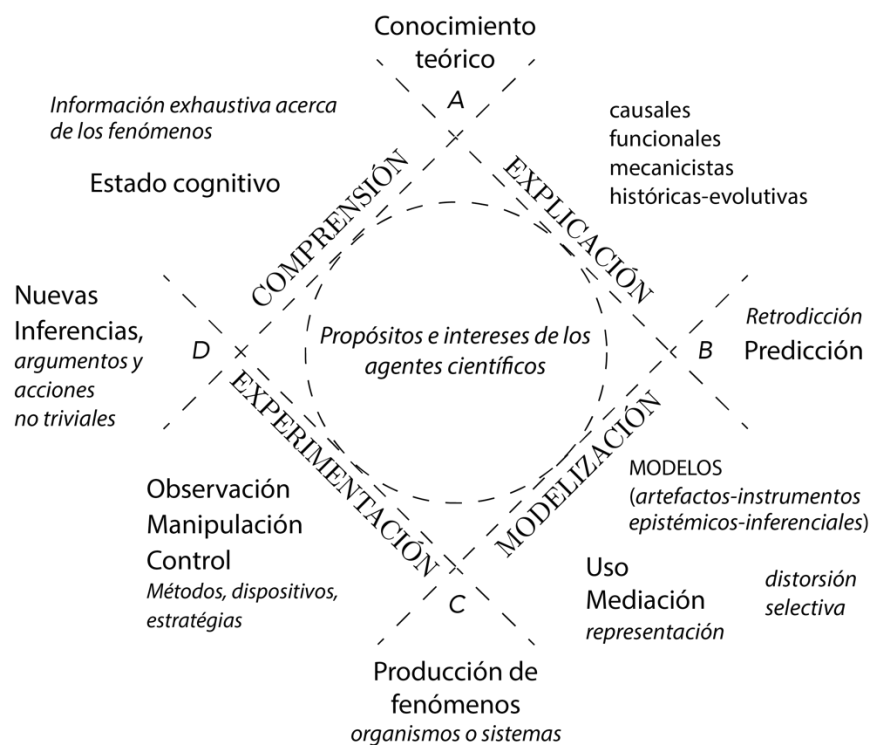


Figura 1. Esquema (*tétrada*) de elementos/acciones centrales que integran la práctica científica con modelos.

Los elementos o acciones se presentan como una relación tetrádica (en el centro) entre modelización, experimentación, explicación y comprensión. No debe entenderse de manera estática, como una relación de opuestos, sino más bien como una relación de integración e interacción continua y mediada por los propósitos de los agentes científicos: agencialidad — del inglés ‘*agency*’— (cf. Klein et al., 2018)⁸. Es una relación dinámica. En la ilustración, las posiciones de estos cuatro ejes son intercambiables, no son fijas. Este esquema puede ser usado como una especie de ‘mapa’ para efectos del estudio filosófico de cómo se generan los productos o acciones científicas ubicadas en las intersecciones *A* (conocimiento científico), *B* (predicción o retrodicción), *C* (producción de fenómenos) y *D* (nuevas inferencias, argumentos o acciones científicas). El orden de estos productos o acciones tampoco es

⁸ Este término es muy usado en la perspectiva que se ha denominado ‘modelización basada en agentes’ (*Agent-Based Modeling*), que ha tenido mucha influencia en la última década en ciencias sociales, particularmente en la economía y la sociología (cf. Hegselmann y Krause, 2002; Squazzoni, 2010; Bianchi y Squazzoni, 2015; Hedström y Manzo, 2015; Klein et al., 2018). Sin embargo, el sentido del término aquí se circunscribe exclusivamente al enfoque pragmático que se defiende.

premeditado ni relevante. Como se ha señalado reiteradamente, aquí se analiza e integra principalmente la comprensión como acción y producto de la actividad científica. Por supuesto, el éxito de la investigación científica depende de cómo se interrelacionan estas cuatro acciones elementales y todas las demás acciones involucradas con ellas; además, depende del cumplimiento de las reglas explícitas e implícitas que gobiernan la práctica de los científicos.

4. Consideraciones finales

La idea presentada aquí redundante en que si se incluye la noción de comprensión, reconociendo su valor epistémico central y definiéndola en términos inferenciales (del razonamiento sustituto) y pragmáticos (a partir del uso de modelos) y dinámicos (poniendo énfasis en la acción del agente), es posible abordar y caracterizar de mejor manera cuál es la función explicativa que tienen los modelos en las ciencias. Por supuesto, pruebas y aplicaciones de esto deben ofrecerse en extenso. Sobre todo, con el último punto, sobre el esquema tetrádico presentado queda discutir respecto de las implicaciones y aplicaciones de las relaciones entre estos elementos y acciones, lo que se pretende en un trabajo a futuro. Mayores detalles y ejemplos de la aplicación de esta definición pueden revisarse en Lopez-Orellana et al. (2019) y Lopez-Orellana y Cortés-García (2019).

Actualmente, la modelización científica ocupa un espacio importante en la agenda de la mayoría de los enfoques filosóficos sobre la ciencia, especialmente por su carácter dinámico y por las consecuencias que tienen los modelos —en general— para la comprensión del conocimiento científico sobre todo en áreas ‘más complejas’, como la biología o la economía. En trabajo intenta aportar elementos para enriquecer la discusión acerca de los modelos y la representación en dicho contexto, a partir de la noción de comprensión. Esta perspectiva nos proporciona una definición de los modelos como ‘herramientas efectivas de comprensión’, y se compromete con que el propósito último de toda investigación y explicación científica es la comprensión de los fenómenos. Como señala Peter Godfrey-Smith (2006, p. 726. *Itálicas más*):

Lo más distintivo de una ciencia basada en modelos es que *es una estrategia de representación indirecta del mundo* [...] La estrategia del modelador es *obtener comprensión* de un complejo sistema del mundo real a través de la comprensión de un sistema hipotético más simple, pero que se asemeje a él en aspectos relevantes.

Lo que sugiere Godfrey-Smith es que la representación involucrada en las explicaciones científicas con modelos es siempre indirecta y en ella la comprensión juega un rol importante. Como bien señala Tarja Knuuttila (2011, p. 267), los científicos construyen sistemas de modelos como sistemas hipotéticos simples e ideales a los que solo se les atribuyen unas pocas propiedades con las cuales trabajar, en lugar de representar directamente los sistemas reales, —es decir— en vez de construir representaciones fieles y exactas de los fenómenos. Los propósitos para la construcción de modelos son múltiples, y muchos de ellos más primordiales que la mera representación del mundo. En efecto, si el conocimiento científico es la acción y el producto de intervención sobre los fenómenos del mundo con herramientas modelísticas, por definición, toda representación con modelos es indirecta. Esta es una consecuencia inmediata de asumir la relevancia de la comprensión.

Asimismo, esta manera de concebir la función representacional de los modelos demostrará que son independientes de los sistemas reales a los que se dirigen. Basta con observar la propia práctica científica para darse cuenta que “los modelizadores pueden seguir estudiando los sistemas modelo sin prestar demasiada atención explícita a su relación con el mundo [...]” (Knuuttila, 2011, p. 267). Es decir, sin tener que estar también comprometidos con ofrecer explicaciones efectivas del mundo. Ya es gran cosa comprender cómo funciona.

5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID), con los siguientes proyectos FONDECYT: No. 3210531 (2021-2024) ‘Por un enfoque pragmático-filosófico de los sistemas-objetivo en la modelización de sistemas biológicos’, y No. 1221132 (2022-2024) ‘La generación inferencial de hipótesis en los procesos de modelización en ciencia desde un enfoque dinámico e interactivo.’

6. Referencias

- Aristotle. (1960). *Posterior Analytics. Topica*. Harvard University Press.
- Baumberger, C., Beisbart, C. & Brun, G. (2017). What is Understanding? An Overview of Recent Debates in Epistemology and Philosophy of Science. En S. R. Grimm, C. Baumberger & A. S. (Eds.), *Explaining Understanding. New Perspectives from Epistemology and Philosophy of Science*, pp. 1-34. Routledge.
- Bianchi, F. & Squazzoni, F. (2015). Agent-Based Models in Sociology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 7(4), 284-306.

- Bloom, B. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives. The Classification of Educational Goals*. Longmans.
- Cartwright, N., Shomar, T. & Suárez, M. (1995). The Tool Box of Science. Tools for the Building of Models with a Superconductivity Example. En William E. Herfel, Władysław Krajewski, Ilkka Niiniluoto & Ryszard Wójcicki (Eds.), *Theories and Models in Scientific Processes*, Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities Series, Volume 44, pp. 137-149. Rodopi.
- Cassini, A. (2016). Modelos científicos. *Diccionario Interdisciplinar Austral (DIA)*. <http://dia.austral.edu.ar/Modelos>
- Cooper, G. (1996). Theoretical Modeling and Biological Laws. *Philosophy of Science*, 63, S28-S35.
- D'Agostini, F. (2000). *Analíticos y continentales. Guía de la filosofía de los últimos treinta años*. Ediciones Cátedra.
- Darwin, C. (1859). *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. John Murray.
- de Regt, H. W. & Dieks, D. (2005). A Contextual Approach to Scientific Understanding. *Synthese*, 144(1), 13-170. <https://doi.org/10.1007/s11229-005-5000-4>
- de Regt, H. W., Leonelli, S. & Eigner, K. (2009). Focusing on Scientific Understanding. En H. W. de Regt, S. Leonelli & K. Eigner (Eds.), *Scientific Understanding. Philosophical Perspectives*, pp. 1-17. University of Pittsburgh Press.
- Dewey, J. (1933). *How We Think. A Restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educative Process*. D. C. Heath and Company.
- Dewey, J. (1944). *Democracy and Education*. Free Press.
- Diéguez, A. (2013). La función explicativa de los modelos en biología. *Contrastes. Revista Internacional de Filosofía*, 18, 41-54.
- Elgin, C. Z. (2009). Is Understanding Factive? En A. Haddock, A. Millar & D. Pritchard (Eds.), *Epistemic Value*, pp. 322-329. Oxford University Press.
- Elgin, C. Z. (2016). *From Knowledge to Understanding*. En S. Hetherington (Ed.), *Epistemology Futures*, pp. 199-215. Oxford University Press.
- Gadamer, H.-G. (1960). *Wahrheit und Methode. Grundzüge einer Philosophischen Hermeneutik*. J. C. B. Mohr.
- Grimm, S. R. (2012). The Value of Understanding. *Philosophy Compass*, 7(2), 103-117. <https://doi.org/10.1111/j.1747-9991.2011.00460.x>
- Grimm, S. R. (2017). Understanding and Transparency. En S. R. Grimm, C. Baumberger & A. S. (Eds.), *Explaining Understanding. New Perspectives from Epistemology and Philosophy of Science* (pp. 212-229). Routledge.
- Godfrey-Smith, P. (2006). The Strategy of Model-Based Science. *Biology and Philosophy*, 21(5), 725-740. <https://doi.org/10.1007/s10539-006-9054-6>
- Hacking, I. (1983). *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. Cambridge University Press.
- Hedström, P. & Manzo, G. (2015). Recent Trends in Agent-Based Computational Research: A Brief Introduction. *Sociological Methods & Research*, 44(2), 179-85.

- Hegselmann, R. & Krause, U. (2002). Opinion Dynamics and Bounded Confidence Models, Analysis, and Simulation. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 5(3), 1-33.
- Jones, M. R. (2005). Idealization and Abstraction: A Framework. En M. R. Jones & N. Cartwright (Eds.), *Idealization XII: Correcting the Model. Idealization and Abstraction in the Sciences*, pp. 173-218. Rodopi.
- Kitcher, P. (1981). Explanatory Unification. *Philosophy of Science*, 48(4), 507-531.
- Kitcher, P. (1989). Explanatory Unification and the Causal Structure of the World. En P. Kitcher & W. Salmon (Eds.), *Scientific Explanation*, pp. 410-505. University of Minnesota Press.
- Klein, D., Marx, J. & Fischbach, K. (2018). Agent-Based Modeling in Social Science History and Philosophy: An Introduction. *Historical Social Research*, 43(1), 243-253. <https://doi.org/10.12759/hsr.43.2018.1.7-27>
- Knuuttila, T. & Merz, M. (2009). Understanding by Modeling. An Objectual Approach. En H. W. de Regt, S. Leonelli & K. Eigner (Eds.), *Scientific Understanding. Philosophical Perspectives*, pp. 146-168. University of Pittsburgh Press.
- Knuuttila, T. (2011). Modelling and Representing: An Artefactual Approach to Model-Based Representation. *Studies in History and Philosophy of Science*, 42(2), 262-271. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2010.11.034>
- Kvanvig, J. (2003). *The Value of Knowledge and the Pursuit of Understanding*. Cambridge University Press.
- Kvanvig, J. (2005). Truth is Not the Primary Epistemic Goal. En M. Steup & E. Sosa (Eds.), *Contemporary Debates in Epistemology*, pp. 285-296. Blackwell.
- Kvanvig, J. (2009). The Value of Understanding. En A. Haddock, A. Millar & D. Pritchard (Eds.), *Epistemic Value*, pp. 95-111. Oxford University Press.
- Leonelli, S. (2009). Understanding in Biology: The Impure Nature of Biological Knowledge. En H. W. de Regt, S. Leonelli & K. Eigner (Eds.), *Scientific Understanding. Philosophical Perspectives*, pp. 189-209. University of Pittsburgh Press.
- Lopez-Orellana, Rodrigo (2020). *Sobre la modelización y la comprensión científicas. Un enfoque inferencial y dinámico aplicado al modelo evo-devo Polypterus de la plasticidad fenotípica* [Tesis doctoral]. Universidad de Salamanca.
- Lopez-Orellana, R. & Cortés-García, D. (2019). On Understanding and Modeling in Evo-Devo. An Analysis of the Polypterus Model of Phenotypic Plasticity. En A. Nepomuceno Fernández, L. Magnani, F. Salguero-Lamillar, C. Barés-Gómez & M. Fontaine (Eds.), *Model-Based Reasoning in Science and Technology. Inferential Models for Logic, Language, Cognition and Computation*, Vol. 49, pp. 138-152. Springer International Publishing.
- Lopez-Orellana, Rodrigo & Redmond, Juan, (2021). Crítica a la Noción de Modelo de Patrick Suppes. *Revista de Filosofía*, 78, 135-155.
- Lopez-Orellana, R., Redmond, J. & Cortés-García, D. (2019). An Inferential and Dynamic Approach to Modeling and Understanding in Biology. *Revista de Humanidades de Valparaíso*, (14), 315-334. <https://doi.org/10.22370/rhv2019iss14pp315-334>
- MacLeod, M. & Nersessian, N. J. (2015). Modeling Systems-Level Dynamics: Understanding without Mechanistic Explanation in Integrative Systems Biology. *Studies in History and Philosophy of Science Part C*, 49, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2014.10.004>

- Mäki, U. (2009). MISSING the World. Models as Isolations and Credible Surrogate Systems. *Erkenntnis*, 70, 29-43. <https://doi.org/10.1007/s10670-008-9135-9>
- Morrison, M. (1999). Models as Autonomous Agents. En M. Morrison & M. S. Morgan (Eds.), *Models as Mediators. Perspectives on Natural and Social Science*, pp. 38-65. Cambridge University Press.
- Morrison, M. (2005). Approximating the Real: The Role of Idealization in Physical Theory. En M. R. Jones & N. Cartwright (Eds.), *Idealization XII: Correcting the Model. Idealization and Abstraction in the Sciences*, pp. 145-172. Rodopi.
- Morrison, M. & Morgan, M. S. (1999a). Introduction. En M. Morrison & M. S. Morgan (Eds.), *Models as Mediators. Perspectives on Natural and Social Science*, pp. 1-9. Cambridge University Press.
- Morrison, M. & Morgan, M. S. (1999b). Models as Mediating Instruments. En M. Morrison & M. S. Morgan (Eds.), *Models as Mediators. Perspectives on Natural and Social Science*, pp. 10-37. Cambridge University Press.
- Nersessian, N. J. (1999). Model-Based Reasoning in Conceptual Change. En L. Magnani, N. J. Nersessian & P. Thagard (Eds.), *Model-B Reasoning in Scientific Discovery*, pp. 5-22. Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Newman, M. P. (2017). Theoretical Understanding in Science. *British Journal for the Philosophy of Science*, 68(2), 571-595.
- Peirce, C. S. (1998). *The Essential Peirce. Selected Philosophical Writings (1893-1913)* (Vol. 2; T. P. E. Project, Ed.). Indiana University Press.
- Plato. (1973). *Theaetetus*. Oxford University Press.
- Pritchard, D. (2007). The Value of Knowledge. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. <http://plato.stanford.edu/entries/knowledge-value/>
- Pritchard, D. (2008). Knowing the Answer, Understanding, and Epistemic Value. *Grazer Philosophische Studien*, 77(1), 325-339. <https://doi.org/10.1163/18756735-90000852>
- Pritchard, D. (2010). Knowledge and Understanding. En A. Millar & A. Haddock (Eds.), *The Nature and Value of Knowledge: Three Investigations*, pp. 3-90. Oxford University Press.
- Redmond, J. & Lopez-Orellana, R. (2022). ¿Razonamiento sustituido como pensamiento basado en la representación o en la lógica? *ArtefaCToS. Revista de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología*, 11(2), 191-207. <https://doi.org/10.14201/art2022112191207>
- Squazzoni, F. (2010). The Impact of Agent-Based Models in the Social Sciences After 15 Years of Incursions. *History of Economic Idea*, 18(2), 197-233.
- Stoljar, D. & Damnjanovic, N. (2010). The Deflationary Theory of Truth. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. <https://plato.stanford.edu/entries/truth-deflationary/>
- Suárez, M. (2003). Scientific Representation: Against Similarity and Isomorphism. *International Studies in the Philosophy of Science*, 17(3), 225-244.
- Suárez, M. (2004). An Inferential Conception of Scientific Representation. *Philosophy of Science*, 71(5), 767-779.
- Sugden, R. (2000). Credible Worlds: The Status of Theoretical Models in Economics. *Journal of Economic Methodology*, 7(1), 1-31. <https://doi.org/10.1080/135017800362220>
- Tschempelik, A. (2008). *Knowledge and Self-Knowledge in Plato's Theaetetus*. Lexington Books.

- von Wright, G. H. (1971). *Explanation and Understanding*. Routledge and Kegan Paul.
- Wilkenfeld, D. A. (2013). Understanding as Representation Manipulability. *Synthese*, 190(6), 997-1016. <https://doi.org/10.1007/s11229-011-0055-x>
- Woodward, J. (2013). *Making Things Happen: A Theory of Causal Explanation*. Oxford University Press.
- Zagzebski, L. (2001). Recovering Understanding. En M. Steup (Ed.), *Knowledge, Truth, and Duty: Essays on Epistemic Justification, Responsibility, and Virtue*, pp. 235-256. Oxford University Press.
- Zagzebski, L. (2009). *On Epistemology*. Wadsworth.