

UNA CONCEPCIÓN INFERENCIAL DE LOS SISTEMAS-OBJETIVO EN LA PRÁCTICA DE MODELIZACIÓN CIENTÍFICA¹

AN INFERENTIAL CONCEPTION OF TARGET-SYSTEMS IN THE SCIENTIFIC MODELING PRACTICE

Rodrigo López-Orellana²

Universidad de Valparaíso

Instituto de Filosofía

Universidad de Salamanca

Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología (ECYT)

rodrigo.lopez@uv.cl

ORCID: 0000-0002-3576-0136

Juan Redmond³

Universidad de Valparaíso

¹ Este trabajo ha sido apoyado financieramente por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID), bajo el proyecto Fondecyt regular 1241930 “Los sistemas-objetivo como síntesis dinámica de hipótesis exitosas”, cuyo investigador responsable es Rodrigo López-Orellana y los coinvestigadores, Juan Redmond, Rolando Rebolledo, Patricio Winckler y Loreto Paniagua.

² Es profesor adjunto de Lógica y Filosofía de la Ciencia del Instituto de Filosofía de la Universidad de Valparaíso, Chile, e Investigador del Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología (ECYT) de la Universidad de Salamanca, España. Es doctor en Lógica y Filosofía de la Ciencia por las universidades de Salamanca, de Santiago de Compostela, de La Laguna, de Valencia (Estudi General), de Valladolid y de A Coruña, España.

³ Es profesor titular jornada completa del Instituto de Filosofía de la Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad de Valparaíso. Director del Centro de Estudios en Filosofía de la Ciencia, Lógica y Epistemología (CEFILOE), director de la Revista RHV, director del Centro de Investigaciones CEFILOE, Managing Editor de Leus y LAR (Springer), autor de libros y artículos.

Instituto de Filosofía
juan.redmond@uv.cl
ORCID: 0000-0003-3436-9490

Recibido: 05-09-2024 • Aceptado: 23-10-2024

RESUMEN

El objetivo del presente artículo es presentar un enfoque sobre la modelización en ciencia que permite distinguir el *target system* de los fenómenos a los cuales se dirige un modelo. Para ello nos serviremos de nuestra formulación dinámica e interactiva de *surrogate reasoning*. En efecto, la perspectiva que considera la generación de hipótesis a partir de un modelo como la generación de una interacción lógica entre dos pruebas, nos permitirá formular una comprensión inferencial de los sistemas objetivos y poder distinguirlos así de los fenómenos a los cuales se dirige un modelo. De tal modo, proponemos una solución al problema de *targetless*.

PALABRAS CLAVE: *target system*, modelización, *surrogate reasoning*, hipótesis.

Abstract

This paper aims to present an approach to modeling in science that allows us to distinguish the target system from the phenomena, addressed by a model. For this purpose, we will use our dynamic and interactive formulation of surrogate reasoning. Indeed, the perspective that considers the generation of hypotheses from a model as the generation of a logical interaction between two pieces of evidence will allow us to formulate an inferential understanding of target systems and thus distinguish them from the phenomena targeted by a model. Therefore, we propose a solution to the Targetless problem.

KEYWORDS: target system, modelling, surrogate reasoning, hypothesis.

1. Modelos y modelización

R Desde los años noventa, son cuantiosos los trabajos –de filósofos y científicos– dedicados al estudio de las prácticas científicas que se inician con la propuesta de un modelo. El interés mayor en filosofía ha sido indagar en torno al fundamento de estos procesos. Ciertamente, creemos que esta no ha

dejado de ser una tarea filosófica reconstructiva; como lo fue, por ejemplo, la que dio la filosofía de la ciencia el siglo pasado. En aquel período de reconstrucción la noción de teoría fue considerada como la noción central, tanto para la concepción heredada como para la concepción semanticista. Y respecto de los modelos, ambas concepciones o enfoques: “consideran que los modelos son [...] subordinados a las teorías y [...] que no desempeñan ningún papel en la ciencia fuera del contexto de una teoría” (Frigg, 2023, p. 363)⁴.

Aunque la noción de teoría pierda su protagonismo en las prácticas científicas que se inician con modelos, esto no quiere decir que pierda su importancia. Es decir, si bien la práctica se inicia, como en los casos que consideraremos más adelante, con la propuesta de un modelo, esto no significa que los conocimientos teóricos no cumplan ninguna función. Todo lo contrario. Lo que significa claramente es que los modelos ya no cumplen la función de interpretantes o de instanciaciones para dar significado al aparato formal de una teoría, como es el caso, por ejemplo, en la concepción heredada. Y significa también que ellos no constituyen la noción misma de teoría sobre una base axiomática, como en el semanticismo. Es más bien lo contrario. Seguido a la propuesta de un modelo aparece el aparato formal para dar sentido a las intuiciones representadas en el modelo. Podemos pensar en un ejemplo sencillo como el de Kepler que indaga en torno a las ecuaciones que capturan los movimientos de los planetas alrededor del sol, sobre la base de un modelo heliocéntrico. Desde luego, cuando las ecuaciones inspiradas en movimientos circulares no le entregaron resultados coincidentes con las observaciones, modificó el modelo y buscó las ecuaciones correspondientes (esta vez para órbitas elípticas).

Un rasgo determinante de los modelos con los cuales inicia la práctica científica, y a diferencia de los modelos de los enfoques anteriores, es que son propuestos como contrapartida de los fenómenos. El modo más generalizado de entender esta relación entre ambos es la ‘representación’. Por esta razón, entre otras, es que ha sido necesario repensar la noción de representación científica para los modelos en las últimas décadas.

Pero la noción de modelo representacional, como señala Frigg, no estaba ausente de las consideraciones de los enfoques anteriores (cfr. Frigg, 2023, caps. 1-3). En el enfoque heredado, por ejemplo, había desacuerdo respecto de si estos modelos que interpretaban el aparato formal de una teoría debían ser representacionales o no. Tal discusión, desde nuestro punto de vista, no tendría sentido en nuestros días para la práctica científica que se inicia con ellos. Lo que sí tiene sentido es de qué manera un modelo *representa* los fenómenos.

⁴ “[...] regard models as subordinate Model to theories and as playing no role in science outside the context of a theory”.

2. Modelos e hipótesis

Puede considerarse que una de funciones primordiales de un modelo (no para todos, ciertamente⁵) es la de formular una hipótesis sobre aquello que modela. Para este tipo de modelos, la generación de hipótesis, tal como ha sido reconocida en la literatura general (Frigg y Nguyen, 2017; entre otros), es un procedimiento lógico. Fue Swoyer quien lo bautizó como razonamiento subrogado (*surrogate reasoning*):

Structural representation allows us to reason directly about a representation to draw conclusions about the things it represents. By examining the behavior of a scale model of an aircraft in a wind tunnel, we can draw conclusions about the response of a newly designed wing to wind shear, rather than testing it on a Boeing 747 over Denver. By using numbers to represent the lengths of physical objects, we can represent facts about objects numerically, perform calculations of various types, and then translate the results into a conclusion about the original objects. In these cases, we use one type of object as a substitute in our thinking about another, so I'll call it surrogate reasoning. (Swoyer, 1991, p. 449)

Creemos que, a partir de lo señalado por Swoyer, es importante indicar que las operaciones lógicas (*draw conclusions*) se realizarían a partir del modelo y no a partir del corpus teórico, como se desprende de los enfoques anteriores. Por ejemplo, la llamada *Received View* (concepción heredada) entiende que las operaciones lógicas se llevan adelante desde el aparato sintáctico de la teoría (los axiomas). Desde un tiempo a esta parte ha sido nuestra preocupación filosófica indagar en torno a esto⁶. Es decir, tratar de dar un fundamento a la gestión lógica a partir de un modelo y cuyo resultado es una hipótesis sobre aquello que modela el modelo, una porción fenoménica.

De acuerdo con nuestro punto de vista, inferimos inicialmente en el modelo siguiendo diferentes esquemas de argumentación, tanto ampliativos como no ampliativos y luego sostenemos esas conclusiones en lo modelado. Entendemos que estas operaciones inferenciales las hacemos en el modelo con datos que provienen tanto de la porción fenoménica representada como de los enfoques teóricos que el/la científico/a considere relevante para integrar en el modelo (a veces más de uno).

En línea con lo anterior, también es determinante para este trabajo nuestra proclama de que el razonamiento subrogado no puede hallar sus fundamentos en la

⁵ Ver nuestro artículo (2023a) la distinción entre modelos que destinados a generar hipótesis de aquellos cuyo objetivo es otro.

⁶ Véase Redmond, López-Orellana y Cuadrado, 2023; Redmond y López-Orellana 2023a, 2023b y 2022; Redmond 2022 y 2021; Redmond, López-Orellana y Paniagua 2021; López-Orellana y Cortés-García 2019.

noción de representación. Sobre esta base es que hemos propuesto nuestra idea de un fundamento lógico del razonamiento subrogado a partir de nuestra interpretación de lo que es una hipótesis generada.

3. *Sistemas-objetivo y ausencia de sistemas-objetivo (targetless)*

En el marco de las operaciones inferenciales que se realizan a partir de un modelo, aparece un elemento que, si bien no es nuevo, toma relevancia para el análisis y fundamentación del proceso: el sistema-objetivo. ¿Qué es el sistema-objetivo de un modelo? Se trata, en principio, de la contraparte de un modelo. Es decir, de aquello de lo que trata el modelo. Intuitivamente parecería tratarse de la porción fenoménica a la cual se dirige el modelo. Pero identificarlo con ella, desde nuestro punto de vista, tiene consecuencias negativas.

Modelar puede ser considerado como una acción intencional. Es decir, modelar es siempre modelar algo. Ese algo es lo que denominamos, en la práctica científica con modelos, el objetivo del modelo. En inglés, que es el idioma en el que se han tratado en su mayoría estos asuntos, se lo reconoce como sistema-objetivo (*target-system*). Lo que tenga de sistema este objetivo es un tema que debería someterse a un análisis filosófico, que por cuestión de espacio no haremos en el presente texto. Sin embargo, para acompañar la denominación más reconocida en nuestros días, mantendremos la de sistema-objetivo.

Lo importante para nuestro análisis es la relación que este guarda con los fenómenos. El modo más directo (o intuitivo) es el de identificar sistema-objetivo con la porción fenoménica a la cual se dirige o que modela el modelo. Pero esto último tiene, incluso en casos de análisis muy sencillos, consecuencias negativas. Por ejemplo, si un ingeniero en construcciones diseña el modelo de un puente y luego lo construye, nos dirá que el sistema objetivo de su modelo es el puente que tenemos frente a nosotros. Pero, al parecer, había un sistema objetivo para ese modelo, incluso *antes* de que construyera el puente. Lo mismo si el puente se derrumba, no parece que el modelo pierda su sistema-objetivo. La tensión aquí se halla entre modelos que no pueden ser concebidos sin sistema-objetivo y la consideración de porciones fenoménicas que podrían ser inexistentes. Desde nuestro punto de vista tenemos un caso similar cuando modelamos porciones fenoménicas a las que es difícil acceder de manera directa. Por ejemplo, cuando se trata de porciones fenoménicas micro o macroscópicas, que llamaremos casos extremos, desde el análisis de ellos vemos cómo parece cuestionable identificar el sistema-objetivo y la porción fenoménica modelada.

Un modo de interpretar esto es sostener que el sistema-objetivo de un modelo es el modo como se presentará la porción fenoménica (para el caso del puente) o el modo como suponemos que se ordenan las cosas en la porción fenoménica. Creemos que la tensión entre el sistema-objetivo y la porción fenoménica modelada no pasó desapercibida para los enfoques anteriores. En este sentido es posible, según nuestro punto de vista, que la discusión en torno a si los modelos que interpretan la axiomática de una teoría debían ser representacionales o no representacionales en el llamado enfoque (o concepción) heredado, esté inspirada en los problemas que genera la relación entre el sistemas-objetivo y porciones fenoménicas.

Frigg y Nguyen describen esta consecuencia negativa como *ausencia de sistema objetivo (targetless)*:

A related condition concerns models that misrepresent in the sense that they lack target systems. Models of the ether, phlogiston, four-sex populations, and so on, are all deemed scientific models, but ether, phlogiston, and four-sex populations don't exist. Such models lack (actual) target systems, and one hopes that an account of scientific representation would allow us to understand how these models work. This need not imply the claim that they are representations in the same sense as models with actual targets, and, as we discuss below, there are accounts that deny targetless models the status of being representations. (Frigg y Nguyen, 2017, p. 54)

En efecto, se trataría de que en ciencia tenemos modelos (muchos de ellos exitosos), para los cuales no podría existir la porción fenoménica correspondiente tal como el modelo indica.

Ya en otro lugar (Redmond y Lopez-Orellana, 2023a y 2023b) ampliamos esta definición para porciones fenoménicas que calificamos como problemáticas (*PPF* en adelante). En efecto, consideramos que la consideración de Frigg y Nguyen de *targetless* es muy restrictiva y la ampliamos para los casos extremos que señalamos más arriba. Tenemos entonces que la condición de modelos con ausencia de sistema objetivo corresponde a modelos que modelan porciones fenoménicas problemáticas y son los siguientes:

- (i) sabemos que hay algo, pero no sabemos realmente cómo es [si pensamos, por ejemplo, en las diferentes formas que se han dado al átomo desde Dalton hasta Bohr];
- (ii) no sabemos si hay algo o no [si pensamos en el modelo planetario que proponía el planeta Vulcano entre Mercurio y el Sol];
- (iii) sabemos que tal cosa no existe [modelos de agentes perfectos (los agentes perfectos no existen)].

Para los objetivos del presente artículo, no es importante desarrollar más este tema, pues nuestra propuesta inferencial de sistemas-objetivos no depende de cómo se defina *targetless*, sino de considerar que el *target system* es diferente de la porción fenoménica modelada (cf. Cassini, 2018). Y en ese sentido, sea cual fuere la definición de modelos sin *target*, nos proponemos sostener que no es posible considerar modelos sin *target* y que nuestra propuesta soluciona este tema.

4. Razonamiento sustituto: generación de hipótesis e interacción entre dos pruebas

Volvamos sobre un punto central para nuestro artículo: el razonamiento sustituto. Como señalamos más arriba, razonamos en el modelo de acuerdo con diferentes esquemas de argumentación, pero haber obtenido conclusiones no es la justificación para afirmar que evaluaremos esas conclusiones en el sistema-objetivo. Esto último, que es justamente en lo que consiste en razonamiento sustituto, requiere de una justificación independiente.

La noción de razonamiento sustituto fue formulada por primera vez por Swoyer y Frigg y Nguyen (2021) la interpretan como un “kind of representational-based thinking”. En otro lugar ya defendimos, en contra de este entendimiento, que el razonamiento sustituto es un *kind of logical-based thinking* (Redmond y Lopez-Orellana 2022, 2023a,b, 2024; Redmond, Lopez-Orellana y Cuadrado 2023; Redmond 2015, 2020, 2021a,b). En efecto, entendemos que razonar en el modelo como si fuera el sistema-objetivo, es un procedimiento netamente lógico y que debe ser justificado en términos lógicos. Para ello nos focalizamos en dos nociones: la de *hipótesis* y la de *sustitución*.

La visión tradicional, y que llamaremos estática, entiende que las conclusiones que se obtienen en el modelo son llevadas a la parte fenoménica modelada en calidad de hipótesis. Se trataría de afirmaciones conjeturales, pero verosímiles, destinadas a ser evaluadas en esa parte fenoménica. De acuerdo con el enfoque estático del que tomamos distancia, la justificación de tal gestión se encuentra en la noción de representación. Nuestra propuesta, por el contrario, consiste en proponer un fundamento lógico reformulando la noción de hipótesis. De acuerdo con nuestro punto de vista, una hipótesis no sería ningún tipo de afirmación, sino un método de demostración consistente en el establecimiento de una interacción lógica entre dos pruebas⁷. En tal interacción, una prueba sustituye a la otra, esquematizado como $A \rightarrow_{[Hip]} B$ que se lee: la prueba de *A* es sustitutivamente también la prueba de *B*.

⁷ En esta propuesta *SO* y *PPF* son equivalentes.

Para el caso de la modelización, queremos justificar que tiene sentido evaluar una afirmación p en PPF . Y decimos que tiene sentido porque hemos probado p en M , el modelo que representa (o pretende representar) a PPF . Pero nosotros objetamos que esta relación de *representación* pueda ser la justificación idónea para este proceso inferencial. Creemos que lo correcto es una justificación lógica, pues se trata de pruebas lógicas. Para ello proponemos pragmáticamente que un agente A construye una interacción consistente en que p en PPF queda probado cuando pruebo p en M . En este sentido, p en M sustituye a p en PPF . Esta interacción se llama hipótesis generada. Decimos que el sentido de evaluar p en PPF es estrictamente lógico y consiste en la hipótesis generada. Generar una hipótesis es entonces generar una interacción que dice que tiene sentido evaluar p en PPF si primero logro probarla en M ⁸.

Para nuestro enfoque dinámico, entonces, el razonamiento sustituto se genera dinámicamente a partir de la interacción entre agentes epistémicos que construyen una relación entre pruebas.

Esta interacción lógica puede ser esquematizada del siguiente modo:

$$\Vdash_M C_i \rightarrow_{[\text{Hip}]} [\Vdash_M C_i]_{PPF} \quad (1) \text{ (Si pruebo } C_i \text{ en } M, \text{ entonces } C_i \text{ tendrá sostenibilidad en } PPF)$$

En este esquema la expresión $\Vdash_M C_i$ significa el conjunto de conclusiones $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ obtenidas en el modelo. Mientras que la expresión $[\Vdash_M C_i]_{PPF}$ significa que esas conclusiones obtenidas en M tienen *sostenibilidad* en SO . Esto último está señalado por la expresión “ $\rightarrow_{[\text{Hip}]}$ ” que es la portadora de nuestra idea de que se ha generado una hipótesis.

En nuestra perspectiva opera un giro pragmático en la comprensión del razonamiento sustituto. En efecto, la noción de uso y agentes epistémicos con sus propósitos se alinean con nuestra propuesta y lo podemos sintetizar del siguiente modo:

⁸ Como ya señalamos en Redmond y Lopez-Orellana (2023b), tomamos como modelo un método de demostración que los antiguos refieren y que se llama *silogismos ex hypothezeos* (ver Lalande, 1988, p. 15). Consiste en establecer una interacción lógica entre dos pruebas, por medio de un acuerdo entre interlocutores o agentes, donde se establece una relación de dependencia de la segunda respecto de la primera. Por ejemplo, podemos probar que en este líquido hay disueltas tres cucharadas de azúcar si probamos con un sacarímetro que tiene al menos cinco. Nuestro sacarímetro no mide para menos de 5. Pero, parafraseando a Aristóteles (*PA50a*), no probamos que tiene tres con el sacarímetro, quedó probado por la hipótesis que generamos.

Hay un agente A que utiliza el modelo para generar una hipótesis proponiendo una interacción entre la prueba de una proposición p en M y la prueba de la misma p en PPF para el propósito P .

Este giro pragmático en la comprensión del razonamiento sustituto fue capturado en nuestros artículos anteriores en la perspectiva de la lógica dialógica (Redmond y Lopez-Orellana, 2023a y 2023b). En efecto, la lógica dialógica es una perspectiva pragmática de la lógica que nos brinda los elementos necesarios como para representar las interacciones lógicas que, desde nuestro punto de vista, están en juego en el proceso de modelización.

Este modo de entender la GH, creemos, es más próximo al tratamiento de sistemas dinámicos. En efecto, en la perspectiva estática, no se tiene en cuenta que al generar una hipótesis, PPF pudo haber cambiado, por ejemplo, si uno piensa en sistemas dinámicos como los seres vivos. Por eso creemos que, si la GH es pensada como una construcción interactiva, se puede estar más alineado con las mutaciones (regulares o no) que afectarían a PPF. En ese sentido es que ya defendimos en otro lugar que el razonamiento sustituto posee características comunes con el razonamiento rebatible:

Reasoning is *defeasible* when the corresponding argument is rationally compelling but not deductively valid. The truth of the premises of a good defeasible argument provide support for the conclusion, even though it is possible for the premises to be true and the conclusion false. In other words, the relationship of support between premises and conclusion is a tentative one, potentially defeated by additional information. (Koon, 2021)

El razonamiento sustituto es *defeasible*, de acuerdo con lo señalado por Koon, porque la prueba de p en M no es garantía de que la evaluación de p en PPF sea positiva, ya sea porque la hipótesis generada es incorrecta o porque no se ha podido predecir correctamente el estado actual del sistema dinámico modelado. Ya Aristóteles era consciente de esto y, por ello, este tipo de razonamiento lo clasificó como dialéctico y no ostensible o científico (de acuerdo con lo que Aristóteles entendía por ciencia). Así, sería posible considerar la práctica de modelización, de un punto de vista inferencial, en el marco de *Belief Revision* (Redmond 2020).

En el siguiente apartado desarrollaremos nuestra idea de cómo es posible distinguir el sistema-objetivo de los fenómenos a partir de nuestro enfoque inferencial sobre el razonamiento sustituto.

5. Punto de vista inferencial del SO

Nuestra propuesta es la siguiente: el sistema-objetivo de un modelo puede distinguirse de los fenómenos si lo identificamos con las hipótesis generadas a partir del modelo correspondiente. El número de hipótesis depende de los objetivos de la práctica de modelización que se esté llevando adelante. Si el número de hipótesis que satisfacen cierta práctica de modelización es n , entonces el sistema-objetivo es el conjunto n de hipótesis H_i tal que $1 < i < n$. Esquemáticamente:

Sistema-objetivo [SO] = El conjunto de todas las hipótesis generadas en el modelo sobre PPF

≅

El conjunto de todas las conclusiones obtenidas en el modelo y que por tanto tienen sostenibilidad en PPF

$$SO = \{H_i (1 < i < n) / H_i = \prod_M C_i \rightarrow_{[Hip]} [\prod_M C_i]_{PPF}\}$$

Este conjunto de H_i que determina el sistema-objetivo no debe disparar ningún proceso de representación en la mente del científico o científica. Ciertamente cabe preguntarse si existe algún tipo de relación entre ellas, esto es, si conforman algún tipo de sistema o estructura. Si existe tal relación, claramente no conlleva ningún tipo de presupuesto o compromiso ontológico. Solo el científico puede establecer las correlaciones entre ellas. Estas correlaciones, desde nuestro enfoque, no pueden ser sino lógicas. Es decir, en el sentido de que haber corroborado una hipótesis nos permita elaborar otras que dependan de ella. Consideremos el siguiente caso a modo de explicación.

Veamos a continuación, con la presentación de un caso de estudio, cómo creemos que opera la construcción lógica de un SO a partir de nuestra propuesta de razonamiento sustituto.

6. Gruñidos detrás de la puerta: un caso de estudio

Imaginemos que detrás de una puerta cerrada que posee una pequeña abertura en la parte superior se escuchan gruñidos. Imaginemos que por razones científicas que no viene al caso mencionar, estos gruñidos deben cesar. De tal modo queda

identificada nuestra *PPF* y el *objetivo* de nuestra práctica de modelización. A continuación, ponemos en marcha diferentes modelizaciones con el objetivo de controlar la situación al punto de que ya no haya más gruñidos. Propondremos tres modelos diferentes. El primero lo inspiramos en los pumas (modelo 1), el segundo en los osos (modelo 2) y el tercero en abejas gigantes (realmente gigantes, de más de un metro de largo, modelo 3). Inspirado quiere decir aquí que los modelos son contruidos con información que proviene de esos seres que en nuestro ejercicio de modelización no deben ser necesariamente reales, como es el caso de la abeja gigante. Para alcanzar nuestro objetivo, los modelos ordenan la información de acuerdo con las pautas del comportamiento alimenticio de estos seres. A partir de las informaciones reunidas en los tres modelos, cada uno predice lo siguiente: el modelo del puma predice que “si arrojamus carne cruda por la ventanita, dejará de haber ruido”. Y tanto el modelo del oso como el de la abeja gigante predicen que “si arrojamus miel, dejará de haber ruido”. Esto es así porque presuponemos en todos los modelos que los seres respectivos se pondrán a comer y no se puede comer y gruñir al mismo tiempo. Luego de la evaluación experimental solo quedan en pie el modelo del oso y el de la abeja gigante, es decir, *solo* luego de arrojar la miel no hubo más gruñidos. El sistema-objetivo para este caso, desde nuestra perspectiva, estaría constituido por una sola hipótesis. Y este sistema-objetivo, claramente, no es la *PPF*.

Pero, para este caso, ¿qué hay detrás de la puerta? Desde nuestra perspectiva, la práctica de razonar sustitivamente generando hipótesis sobre *PPF* a partir de un modelo, no puede ni debe responder la pregunta. La tentación realista de desechar el modelo de la abeja gigante y favorecer el modelo del oso (¡los osos existen!), no encontraría justificación sino en los presupuestos ontológicos del proceso de modelización, no en la práctica inferencial misma de generar hipótesis. Este presupuesto podría hallarse, por ejemplo, en la noción de representación comprometida en una práctica de modelización que presupone un isomorfismo estructural entre el modelo y aquello que se modela. Pero como norma general sabemos que no probamos la existencia de nada mediante la modelización. Incluso si nos decidimos por el modelo del oso, no hemos probado con nuestra hipótesis que detrás de la puerta haya uno. Otra razón para no desechar el modelo de la abeja gigante por razones realistas, es que en muchas ocasiones solo contamos con este último. Es el caso de Semmelweis, por ejemplo, y su modelo de parturientas contagiándose con “materia cadavérica”, para la hipótesis de que la antisepsia disminuiría las muertes por fiebre puerperal y que fue exitosa (López-Cerezo, 2008).

Lo importante aquí es que el modelo posee un SO que se diferencia de la *PPF*. El SO de M es la HG. De este modo, si los modelos están destinados a HG, no habría ningún caso de Ms sin SO. La condición de *targetless* desaparecería,

incluso para el *frictionless plane* que (como la abeja gigante) permite –lo sabemos bien– fructíferas hipótesis⁹.

Una nota importante que surge del análisis de estos casos es que dos modelos pueden tener el mismo sistema-objetivo. En efecto, pasamos de la idea de que puede haber varios modelos para una misma porción fenoménica a la idea de que varios modelos permiten generar las mismas hipótesis sobre una porción fenoménica.

Desde luego tenemos también casos en los que alcanzamos el objetivo de la modelización, pero no es exactamente la misma hipótesis. Por ejemplo, si en lugar de echar miel hubiéramos lanzado un gas somnífero presuponiendo que estos animales dormidos no harían más ruido. El efecto final hubiera sido el mismo, aunque para los tres modelos. El objetivo (*purpose*) de la generación de hipótesis propiamente no hace parte de la hipótesis. Como sabemos, en ciencia no son pocos los modelos diferentes que, desde nuestra perspectiva, poseen el mismo sistema-objetivo. Consideremos los siguientes casos:

1. Las hipótesis generadas por el modelo del átomo de Bohr y por el modelo del átomo de la física cuántica, respectivamente. Ambos modelos, si bien son diferentes comparten algo de información en común (la materia está formada por átomos y la constitución microscópica de la materia es de carácter discreto, no continuo¹⁰), predicen correctamente la energía del estado base del electrón en el átomo de hidrógeno y el espectro de Balmer de este átomo¹¹. Es decir, predicen su valor correcto en función de ciertas constantes físicas, que –una vez evaluadas en su valor conocido– concuerdan con el valor experimental de la energía del estado base del átomo de hidrógeno, -13.6 eV (electronvolts). Desde nuestro enfoque lo anterior se formula del siguiente modo: ambos modelos poseen el mismo sistema-objetivo. Lo anterior se traduce en la siguiente hipótesis: que ‘si es conclusión en *M*, entonces es sostenible en *PPF*’.
2. Otro ejemplo lo tenemos si consideramos el modelo de Drude y el modelo del electrón libre (o modelo de Drude-Sommerfeld) para la conducción eléctrica de materiales. En efecto ambos modelos aceptan el carácter discreto de la materia, la acción impulsora del campo eléctrico sobre las cargas y la existencia de electrones libres (electrones de valencia) dentro de la red cristalina de átomos en un sólido.

⁹ Ya nuestro amigo Frigg puede viajar tranquilo en avión pues han sido contruidos con modelos de planos sin fricción que sí tiene SO.

¹⁰ A principios del siglo XX, cuando Bohr planteó su modelo, había fervientes detractores del atomismo, como Mach.

¹¹ El modelo de Bohr falla al aplicarse a átomos con más de un electrón, mientras que el modelo desarrollado en base a la física cuántica predice todas las propiedades de estos átomos: espectros, estados permitidos, etc.

Por un lado, el modelo de Drude utiliza los principios de la mecánica clásica para explicar la existencia de la corriente eléctrica en los sólidos conductores, en especial en los metales. Este modelo considera que existen, dentro de un sólido conductor, electrones no ligados a los átomos (electrones libres) que, al ser impulsados por un campo eléctrico externo al sólido, se mueven e interaccionan (colisionan) contra los átomos de la red cristalina del sólido. Estos electrones son tratados como un gas ideal, es decir se utiliza una distribución estadística clásica para las velocidades de los electrones. Considera que estos electrones impulsados por el campo eléctrico están sometidos a una fuerza de fricción efectiva relacionada con la presencia de átomos fijos de la red, que obstaculizan sus movimientos. Mientras mayor es esta fuerza de fricción, más resistencia o menos conductividad posee el sólido, es decir el sólido es menos conductor. El modelo de Drude explica correctamente la propiedad de la conductividad eléctrica de los metales, tanto para campos eléctricos constantes. En particular da un fundamento microscópico a la ley de Ohm (voltage = intensidad de corriente x resistencia). No puede explicar entre otras propiedades, la existencia y propiedades de los semiconductores y la existencia de una capacidad calorífica no nula en aislantes.

Por otro lado, el modelo del electrón libre también parte de principios similares al modelo de Drude, en especial la relativa a la existencia de electrones libres dentro de la red cristalina de un sólido. Pero a diferencia del modelo de Drude, al tratar el gas de electrones dentro del sólido, utiliza la estadística cuántica de Fermi-Dirac, es decir, incorpora el principio de exclusión de Pauli en el que cada estado cuántico del sistema solo puede ser ocupado por un único electrón. El modelo del electrón libre, al igual que el modelo de Drude, da un fundamento a nivel microscópico de la ley de Ohm, prediciendo valores correctos de la conductividad obtenidos experimentalmente. Pero a diferencia del modelo de Drude, el modelo del electrón libre predice correctamente la relación entre la conductividad eléctrica y la conductividad térmica, y la dependencia a bajas temperaturas de la capacidad calorífica con la temperatura, para algunos materiales.

Resumiendo, ambos modelos poseen el mismo sistema-objetivo, es decir, ambos modelos predicen la ley de Ohm, en el sentido de que desde ambos es posible dar fundamento microscópico a la ley o derivar esta ley empírica.

Esquematizamos lo anterior del siguiente modo: Tenemos un M_1 que nos permite llegar a la conclusión R por medio de la información que poseemos de M_1 (que podemos resumir, por ejemplo, como $p \& q$, $p \rightarrow R$). Exactamente lo mismo para M_2 por medio de la información que poseemos de él (que podemos resumir, por ejemplo, como $p \& q$, Rvp). Ambos modelos generan la misma hipótesis:

$$\| \vdash_M R \rightarrow_{[Hip]} [\| \vdash_M R]_{PPF}]$$

7. *Lo observable y lo no observable*

Volvamos ahora a nuestro caso explicativo simple de los procesos inferenciales comprometidos al generar hipótesis a partir de un modelo con la puerta para considerar lo siguiente: imaginemos que la puerta está abierta y hay un animal del otro lado y lo estamos viendo. Tenemos el mismo objetivo anterior, está gruñendo y queremos que se detenga. Pero lo nuevo es lo siguiente: nunca habíamos visto a este animal, no tenemos ni idea de qué animal es, ni qué come ni ninguna de sus características. Solo podemos deducir de manera inmediata que respira aire (no es un pez), pero nada más. Entonces, como buenos científicos que somos, vamos al vademécum de modelos (como hacen los ingenieros a la hora de diseñar un puente, por ejemplo), y echamos mano del modelo tres que fue efectivo en un caso similar. Y tenemos un éxito inmediato. El animal, que resultó ser un tejón (nombre científico: *meles meles*), se lanzó sobre la miel y dejó de hacer ruido. ¿Vamos a renunciar a nuestro modelo porque resulta que estamos viendo que es un tejón y no una abeja gigante? De ningún modo. ¿Vamos a preferir el modelo del oso, que posee el mismo *SO*, porque los osos existen? Tampoco, podemos negarnos diciendo realísticamente que ¡los osos no son tejones! Lo que vamos a hacer es, gracias al modelo de la abeja gigante, anotar en los libros para la posteridad, un nuevo conocimiento (suponiendo que nadie lo hubiera hecho antes para este vertebrado). Del mismo modo, en nuestros días, se siguen usando gran cantidad de modelos que erróneamente son calificados de modelos sin sistema-objetivo por querer decir que ‘no podría existir tal cosa si fuéramos a buscarla en la realidad’ (sea lo que fuere esta última) o que ‘no podemos saber si tal cosa existe realmente o si realmente hay algo así ahí donde se focaliza nuestro modelo’, es decir, la PPF.

De acuerdo con lo anterior, conformar un sistema-objetivo a partir de un modelo irrealizable, ficcional o incluso contradictorio no es problema. El único contacto que establece el razonamiento sustituto entre el modelo y PPF son las hipótesis generadas y que están sujetas a corroboración. Del mismo modo, modelar desde un modelo concreto como podría ser el del oso (o el del sistema planetario con Vulcano) para un realista y luego abrir la puerta (o mirar por el telescopio) y que no haya nada, no deja al modelo sin su *SO* que permanece intacto con sus hipótesis generadas. Incluso, en este último, es bien sabido que el modelo era exitoso, es decir, lograba explicar y predecir matemáticamente muy bien las anomalías en la órbita de Mercurio.

Por otra parte, cabe agregar, si se trata de un caso estándar de modelización, estamos modelando una porción fenoménica a partir de información que tenemos de ella. No podría ser en tal caso que no hubiera tal porción fenoménica. Pero esto debe ser bien distinguido del caso en que con esa información de la porción fenoménica elaboramos un modelo que ciertamente sabemos no tiene un correspondiente en los

fenómenos como sería un modelo de agentes perfectos, por ejemplo (típico caso de *targetless* según Frigg, 2017).

8. Sistema-objetivo y objetivo (*purpose*) de la modelización

Entendemos en nuestra perspectiva que la generación de hipótesis, es decir, la construcción del sistema-objetivo, se realiza según el *purpose* de la modelización. Es decir, la generación de hipótesis es una actividad orientada por el propósito de la modelización. De acuerdo con esto, desde nuestra perspectiva, un mismo proceso de modelización podría tener diferentes sistemas-objetivo en función de los propósitos planteados. Y en algunos casos, desde un mismo modelo se podrían generar diferentes sistemas-objetivo. Esto es equivalente al trabajo científico de constructores (arquitectos, diseñadores, ingenieros) cuando modelan con el objetivo de resistir terremotos, de ahorrar energía para zonas frías o de construir viviendas sociales, etc. Muchas veces, un mismo modelo de construcción posee dos sistemas-objetivo.

9. Conclusión

En el presente artículo nos propusimos distinguir entre el sistema-objetivo de un modelo y las porciones fenoménicas a las que se dirige el modelo. Para tal fin nos servimos de nuestra definición de razonamiento sustituto que nos permitió formular la noción de sistema-objetivo en términos inferenciales: un sistema-objetivo es el conjunto de todas las hipótesis generadas desde un modelo sobre la porción fenoménica a la cual se dirige el modelo.

Referencias

- Cassini, Alejandro. (2018). Models without a Target. *ArtefactoS. Revista de Estudios de la Ciencia y la Tecnología*, 7(2), 185-209. <http://dx.doi.org/10.14201/art201872185209>
- Frigg, R. (2023). *Models and Theories. A philosophical Inquiry*. Routledge.
- Frigg, R., y Nguyen, J. (2017). Models and representation. En L. Magnani y T. Bertolotti (Eds.), *Handbook of model-based science* (pp. 49-102). Springer.
- _____. (2021). Scientific Representation. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Edward N. Zalta (Ed.). <https://plato.stanford.edu/archives/win2021/entries/scientific-representation/>
- Koons, R. (2021). Defeasible Reasoning. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Edward N. Zalta (Ed.). <https://plato.stanford.edu/archives/sum2022/entries/reasoning-defeasible/>
- Lalande, A. (1988). *Vocabulaire Technique Et Critique De La Philosophie*. PUF.
- López-Cerezo, J. A. (2008). *El triunfo de la antisepsia: un ensayo en filosofía naturalista de la ciencia*. FCE.
- Lopez-Orellana, R., Redmond, J., y Cortés-García, D. (2019). Un enfoque inferencial y dinámico de la modelización y de la comprensión en biología. *RHV*, 14, 315-334. <https://doi.org/10.22370/rhv2019iss14pp315-334>
- Lopez-Orellana, R., y Cortés-García, D. (2019). On Understanding and Modeling in Evo-Devo. An Analysis of the Polypteris Model of Phenotypic Plasticity. En Á. Nepomuceno Fernández et al. (Eds.), *Model-Based Reasoning in Science and Technology. Inferential Models for Logic, Language, Cognition and Computation*. Series Studies in Applied Philosophy, Epistemology and Rational Ethics, 49, 138-152. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32722-4_9.
- Redmond, J. (2015). A Dialogical Frame for Fictions as Hypothetical Objects. *UNISINOS*, 16(1), 2-21. <https://doi.org/10.4013/fsu.2015.161.01>.
- _____. (2020). Imagination et révision de croyances. In Jean-Yves Beziau et Daniel Schulthess (Eds.), *L'Imagination. Actes du 37e Congrès de l'ASPLF (Rio de Janeiro, 26-31 mars 2018)*, Academia Brasileira de Filosofia, 1, 109-118). <https://www.collegepublications.co.uk/ABF/?00001>
- _____. (2021a). Representation and Surrogate Reasoning: A Proposal from Dialogical Pragmatism. En A. Cassini y J. Redmond (Eds.), *Models and Idealizations in Science. Artifactual and Fictional Approaches*. Series LEUS, 50, 217-234. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65802-1_10
- _____. (2021b). A free dialogical logic for surrogate reasoning: generation of hypothesis without ontological commitments. *THEORIA. An International Journal for Theory, History and Foundations of Science*, 36(3), 297-320. <https://doi.org/10.1387/theoria.21902>

- _____. (2022). El desafío de razonar sustitutivamente en la práctica de modelización en ciencia. *Cuadernos Filosóficos*, 18. <https://doi.org/10.35305/cf2.vi19.183>
- Redmond, J. y Lopez Orellana, R. (2023a). A Dynamic View of Hypothesis Generation in Abduction. *ArtefaCToS. Revista de Estudios sobre la Ciencia y la tecnología*, 12(2), 139-153. <https://doi.org/10.14201/art2023.31543>
- _____. (2023b). Interactive Hypotheses: Towards a Dialogical Foundation of Surrogate Reasoning. *RHV. An International Journal of Philosophy*, 22, 105-130. <https://doi.org/10.22370/rhv2023iss22pp105-130>
- _____. (2024). Scientific hypotheses and modeling. En Timothy J. Madigan y Jean-Yves Béziau (Eds.), *Universal Logic, Ethics, and Truth Essays in Honor of John Corcoran (1937-2021)*, (pp. 141-150). Springer.
- _____. (2022). ¿Surrogate Reasoning as Representational or Logical-Based Thinking? *ArtefaCToS. Revista de estudios de la ciencia y la tecnología*, 11(2), 191-207. <https://doi.org/10.14201/art2022112191207>
- Redmond, J., Lopez-Orellana, R. y Cuadrado, G. (2023). Hypotheses and Agreement. For a Pragmatic and Dynamic Approach to Hypotheses as Conditional Syntheses. *Revista Palabra y Razón*, 24, 86-106. <https://doi.org/10.29035/pyr.24.86>
- Redmond, J., Lopez-Orellana, R., y Paniagua, L. (2021). Punto de vista lógico y no representacionista del razonamiento sustitutivo. *Cuadernos Filosóficos*, 18, 1-24. <https://cuadernosfilosoficos.unr.edu.ar/index.php/cf/article/view/147>
- Suárez, M. (2004). An inferential conception of scientific representation. *Philosophy of Science*, 71(5), 767-779.
- Swoyer, C. (1991). Structural representation and surrogate reasoning. *Synthese*, 87(3), 449-508. <https://doi.org/10.1007/BF00499>

