



El desafío de razonar sustitutivamente en la práctica de modelización en ciencia

The challenge of surrogate reasoning in the practice of modeling in science

JUAN REDMOND¹

Resumen: En el presente artículo reflexionamos en torno a qué significa, a partir de un modelo, generar hipótesis sobre los fenómenos. Swoyer define esto último como razonamiento sustituto (1991, p. 449) y creemos que presenta desafíos que es necesario confrontar. En nuestro artículo nos detendremos en uno que creemos de la mayor relevancia: el carácter inferencial de la *sustitución* que opera entre el modelo y su sistema objetivo.

Palabras clave: hipótesis; sustitución; lógica; modelización.

Abstract: In this article we reflect on what it means to generate hypotheses about phenomena from a model. Swoyer defines the latter as surrogate reasoning (1991, p. 449) and we believe that it presents challenges that need to be confronted. In our article we will focus on one that we believe to be of the greatest relevance: the inferential character of the substitution that operates between the model and its target system.

Keywords: hypotheses; substitution; logic; modeling.

Cómo citar: Redmond, J. (2022). El desafío de razonar sustitutivamente en la práctica de modelización en ciencia. *Cuadernos Filosóficos*, 19.

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



Fecha de recepción: 16/11/22
Fecha de aprobación: 07/12/22

I. Generación de hipótesis en ciencia

I.1. La noción de hipótesis en filosofía

¿Qué es una hipótesis y qué lugar ocupa en la práctica científica? Resulta difícil dar una respuesta concreta y completa a esta pregunta. Siguiendo la literatura general sobre Historia de la Filosofía y de las Matemáticas (Copleston, 1958; Heath, 1921; Barnes, 1969; Eves, 1969; entre otros), la noción de hipótesis nos acompaña desde los mismos orígenes de la filosofía en

¹ Universidad de Valparaíso (Valparaíso, Valparaíso, Chile).
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3436-9490>. juan.redmond@uv.cl

Occidente. No obstante, desde nuestro punto de vista, no ha recibido toda la atención que merece (como ya señalamos en Redmond et al., 2021). Por ejemplo, no existe actualmente ningún material bibliográfico que dé cuenta sistemáticamente de este recorrido histórico y conceptual con todas sus particularidades. Y ciertamente, en el campo de la Filosofía, que es donde focalizamos nuestra atención.

Las primeras huellas de la noción de hipótesis se encuentran en los geómetras griegos. A partir del año 600 a.C. Platón recupera esta noción de los geómetras en sus Diálogos (*Menón* 86b-e). Luego Aristóteles la retoma y desarrolla más en detalle un tipo de demostración emparentada con ella: las reducciones a lo imposible (*reductio ad impossibile*). En efecto, Aristóteles reconoce en sus *Analíticos Primeros* (50b) la importancia de este tipo de demostraciones y promete un desarrollo teórico específico para las llamadas ‘demostraciones por hipótesis’. Sin embargo, hasta donde sabemos dejó esta tarea inconclusa. Por otro lado, casi todos los escritos de los primeros geómetras se han perdido. Sólo tenemos los *Elementos* de Euclides (400 años después) que ordenan los antiguos conocimientos de geometría en un sistema axiomático. Pero la axiomatización era desconocida por los geómetras anteriores que daban a la hipótesis un rol específico en las llamadas ‘demostraciones por hipótesis’ y de las cuales se sabe muy poco. Pero cabe señalar, respecto de las demostraciones en general que se trata de un procedimiento distintivo de los geómetras griegos pues, como dice Eves: “[...] no se encuentra en toda la matemática oriental antigua ni un solo caso de lo que hoy llamamos demostración” (Eves, 1969, p. 28). Al mismo tiempo, según consta en diferentes autoras y autores, no solo se usaba en este sentido de los geómetras, como es el caso, por ejemplo, del mismo Platón (ver *Republica* 510c). Es decir, en general, tenemos evidencia concreta de que a partir de Platón existe una nutrida polisemia del término hipótesis que sería necesario tener en cuenta para concretar un análisis idóneo. Lo que podemos señalar en el presente artículo es que, desde los orígenes de la filosofía en occidente, donde tuvo un marcado protagonismo en las demostraciones, ha sido enriquecido con un significado muy concreto en las ciencias empíricas y que Lalande en su diccionario recupera de modo nítido. En efecto, Lalande ofrece tres divisiones que, creemos, engloban de forma general las connotaciones más destacadas de esta noción. Lalande (1997, p. 428, *nuestra traducción*) lo esboza de la siguiente manera:

- A. Sentido matemático: datos de un problema, puntos de partida para demostrar.
- B. Proposición recibida sin saber si es V o F y de la que se infieren otras para contrastar con la experiencia.

C. Conjetura dudosa pero plausible con la que la imaginación anticipa el conocimiento y que está destinada a ser evaluada (i) por la observación directa o (ii) por todas sus consecuencias con la observación (interpretación anticipada de los fenómenos).

Veamos a continuación hasta qué punto puede ayudarnos este cuadro en la comprensión de la generación de hipótesis en la modelización.

1.2. Modelos e Hipótesis

¿Qué lugar ocupan las hipótesis en la modelización? En general se entiende que en la práctica de modelización las hipótesis son generadas 'a partir de un modelo' y se dirigen a aquello que es modelado por el modelo, el sistema objetivo (SO de ahora en más). Las hipótesis no son instanciaciones de formulaciones generales de una teoría y destinadas a ser evaluadas en los fenómenos, sino que tienen su origen en el Modelo que a su vez guarda una relación muy particular con aquello que modela, el SO. Podríamos considerar que planteado así la práctica científica comienza con el modelo mismo. Y en este modelo confluyen datos que provienen de lo modelado como así también de ciertos marcos teóricos generales. Pero el modelo no es subsidiario de ninguno de esos marcos. Esto último desafía mucho más la comprensión de qué significa generar una hipótesis en el modelo (M de ahora en más) y sobre SO.

Ahora bien, ninguno de los tres sentidos A, B o C señalados por Lalande parece articular con lo que sucede en la práctica de modelización. En efecto, ninguna de las tres contempla la situación en la que se genera una hipótesis *desde* un modelo y *sobre* un SO en la práctica de modelización. Esto último es lo particular de la generación de hipótesis en modelización y que se conoce en la literatura generalizada como razonamiento sustituto. En efecto, ninguno de las tres anteriores, ni los datos de un problema, ni la Proposición recibida, ni la Conjetura dudosa colaboran en la comprensión de dónde comienza y dónde termina lo inferencial de este proceso entre un M y su SO y, por otra, ninguna de las tres permite entender a qué se podría referir la noción de *sustitución*. Ahondemos un poco más en esto último.

2. Razonamiento sustituto y misterio

Generar una hipótesis a partir de un M y sobre un SO, en efecto, presenta particularidades que, desde nuestro punto de vista, resultan difíciles de explicar desde las nociones generales de hipótesis en ciencia mencionadas más arriba. Algunos autores, como es el caso de Contessa, denuncian esta situación de manera directa al calificar al razonamiento sustituto como "una actividad tan misteriosa e insondable como la adivinación" (2007: 61, Traducción nuestra)². El carácter misterioso que señala Contessa, desde nuestro punto de vista, alude al peculiarísimo acto de pensar sustitutivamente. Que algo ocupe el lugar de otra cosa no parece generar mayores problemas (Por ejemplo: a Rey Muerto, Rey puesto). Pero ¿qué significa operar lógicamente en este sustituto como si se tratara del sustituido? Y más aún, ¿qué significa inferir en el sustituto y atribuirle esas conclusiones al sustituido? Esto último, en efecto, parece ser el caso del razonamiento sustituto que opera en la modelización. Pero claramente no es el caso en todas las sustituciones: que exista sustitución (de un objeto, individuo, etc.) no significa que estemos siempre autorizados a llevar las conclusiones obtenidas en el sustituto hacia el sustituido. Desde luego, podríamos hacer 'como si' estuviéramos generando conclusiones directamente en el sustituido (Vaihinger, 1927; Arthur Fine, 1993). Pero esto último, desde nuestro punto de vista, no hace más que evidenciar la necesidad de aclarar qué significa que un modelo cumple la función de sustituto desde un punto de vista inferencial.

Intentemos representar esta peculiaridad con un ejemplo más detallado: un turista en una ciudad X con un mapa del metro en la mano desea llegar lo antes posible a la estación E1. Desde la estación donde se encuentra tiene dos opciones: La línea roja con 4 estaciones, la línea verde con 8. El mapa no guarda una relación proporcional entre las distancias reales de las estaciones (no es un modelo a escala), sino que solo garantiza el orden de las mismas. El turista decide partir en la línea roja pues por más distantes que estén las estaciones una de otras, nunca superará en tiempo al recorrido de 8 y de acuerdo con su conocimiento previo y experimental de las distancias reales entre estaciones en una ciudad. No tomaría la misma decisión probablemente, si se tratara de un mapa de estaciones de tren interurbano (8 interurbanas en una dirección pueden llevar mucho más tiempo que 4 en otra). Repasemos un poco esta gestión inferencial. Una formulación muchas veces escuchada diría: el turista saca conclusiones sobre los fenómenos (la red de Metro) a partir del mapa. ¿Pero qué significa esto? La pregunta esconde algo. Las conclusiones las obtiene en el mapa o a partir del mapa, no en el mundo real. Pero las considera como si fueran del mundo real, pero no dejan de ser también

2 "An activity as mysterious and unfathomable as soothsaying or divination".

sobre el mapa (de otro modo no sería el mapa [o modelo] de la red de metro, ¿verdad?). Está sacando conclusiones sobre dos lugares al mismo tiempo, el mapa y la red de metro, pero la conclusión no tiene el mismo estatus en ambos. Por otra parte, sabe que ciertas conclusiones están permitidas y otras no. Por ejemplo, sabe que la red de metro no se puede doblar en cuatro y meter en un bolsillo como hace con el mapa. ¿Pero quién dicta lo que es posible y no es posible *inferencialmente* entre el sustituto y el sustituido? Alguien podría incluso pensar que en realidad no es una operación la que realiza sino al menos dos: una, la de obtener conclusiones en el mapa y la otra, la de atribuir o poner esas conclusiones a los fenómenos. Nuestro punto es, entonces, que no hay conclusión obtenida en M sobre SO que no sea también una conclusión sobre M a pesar de los pequeños ajustes que hagamos para llevarla al SO. Pero, ¿cómo justificar esto último? ¿De qué tipo de relación se trata? ¿Es una relación lógica o no?

3. Sustitución y representación

La propuesta más extendida en nuestros días es que la relación rectora en todos los procesos establecidos entre M y SO es la de representación. Y en el caso del razonamiento sustituto se trataría, como señalan Frigg y Nguyen (2017), de un "tipo de pensamiento basado en la representación". La idea proviene de Swoyer (1991, p. 449), que entiende que entre los Modelos (en adelante M) y sus Sistemas Objetivo (en adelante SO) existe una relación de representación estructural:

La representación estructural nos permite razonar directamente sobre una representación para sacar conclusiones sobre las cosas que representa. Al examinar el comportamiento de un modelo a escala de un avión en un túnel de viento, podemos sacar conclusiones sobre la respuesta de un ala recién diseñada a la cizalladura del viento, en lugar de probarla en un Boeing 747 sobre Denver. Al utilizar números para representar las longitudes de los objetos físicos, podemos representar numéricamente hechos sobre los objetos, realizar cálculos de varios tipos y luego traducir los resultados en una conclusión sobre los objetos originales. En estos casos, utilizamos un tipo de objeto como sustituto en nuestro pensamiento sobre otro, por lo que lo llamaré razonamiento sustituto. (Swoyer, 1991, p. 449; nuestra traducción)

Esta explicación es analizada por Frigg en cada una de las perspectivas más representativas de la noción de representación científica y muestra cómo se acomoda (o no) en cada una de ellas. Pero creemos que en ninguna de estas perspectivas se da una explicación clara de en qué

consiste razonar sustitutivamente. Además, como mostramos en Redmond & López (2022), en cada una de estas perspectivas existen inconsistencias a la hora de definir el razonamiento sustituto desde sus propias definiciones de representación. En este sentido seguimos sosteniendo que el razonamiento sustituto debe hallar su justificación en la propia lógica. Salvo que se pretenda definir la generación de hipótesis como un proceso no lógico. Pero la propia definición de Swoyer traiciona este último propósito al denominarlo razonamiento sustituto para el caso de la modelización. Ahora bien, si deseáramos pensar la relación entre el razonamiento sustituto y modelización independientemente de noción de representación, ¿de qué tipo de relación se trataría?

Ciertamente creemos que lo que señalamos aquí no pone en cuestión el carácter representacional de los modelos, sino solo que la noción de representación sea la justificación de los procesos lógicos puestos en ruta durante la modelización. Lo mismo para todo tipo de conclusiones que se obtengan en M y que a continuación se afirmen en SO , incluidas las matemáticas. En efecto, todos los cálculos que podamos hacer en un modelo corresponden sin duda a las matemáticas, pero defender que las conclusiones matemáticas en un lugar son también conclusiones en otro lugar, desde nuestro punto de vista, es una cuestión inferencial. Desde luego si, por ejemplo, establezco un criterio de homología entre triángulos me aproximo bastante a una correspondencia entre los mismos como la que proponen ciertos enfoques de la representación. Especialmente, según nuestro punto de vista, las del enfoque estructuralista de la representación (iso- y homomorfía). Pero es muy distinto al caso en el cual llevamos resultados matemáticos obtenidos en M a SO como, por ejemplo, cuando predecimos un eclipse. De otro modo llegaríamos a la conclusión de que la mayor parte de los teoremas de la geometría que prueban propiedades de los triángulos, son prácticas de modelización con razonamientos sustitutos 'basados en la noción de representación'. Es decir, este triángulo genérico y abstracto en el cual probamos una propiedad sería el modelo que por sustitución 'representa' a todos los otros y así la geometría hallaría su fundamento último en esta noción.

Indaguemos ahora un poco más en la relación que existe entre razonamiento sustituto y modelización.

4. Razonamiento sustituto y modelización en ciencia

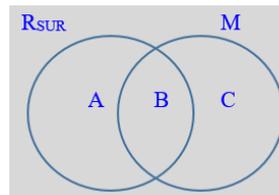
Un breve análisis de esta relación, y en acuerdo con la mayor parte de los especialistas, el razonamiento sustituto no es condición ni necesaria ni suficiente de la modelización científica. En efecto, por una parte, no es necesaria porque tenemos casos de modelización sin razonamiento sustituto; por otro lado, no es suficiente porque tenemos casos de razonamiento sustituto y no corresponden a modelos científicos. Un ejemplo de esto último puede leerse en Frigg & Nguyen (2017):

Las fotografías de los radares de velocidad proporcionan a la policía información sobre los conductores que infringen la ley, una maqueta de cartón del palacio nos instruye sobre su disposición y proporciones, y un mapa meteorológico nos indica dónde se espera que llueva. Por lo tanto, es probable que estas representaciones entren dentro de un relato de representación que explique el razonamiento sustitutivo. Por lo tanto, las representaciones distintas de las científicas también permiten el razonamiento sustitutivo [...]" (nuestra traducción)

Es decir, de acuerdo con esta afirmación, hay una diversidad de entidades, que no son modelos y que permiten realizar razonamiento sustituto. En este sentido nos sumamos al punto de vista de Contessa (2007) que sostiene que no hay una diferencia esencial entre representaciones científicas y no científicas. Desde esta perspectiva, según nuestro punto de vista, parece haber un conjunto de representaciones que permiten razonamiento sustituto (R_{RS}) que contiene al conjunto de los M que permiten razonamiento sustituto, aunque no se identifica con él. No obstante, como señalamos más abajo, no todos los M está destinado a generar hipótesis.

También debemos tener en cuenta que muchos objetos cumplen con las condiciones que establecen ciertas perspectivas sobre la representación, pero que no pertenecen a ninguna práctica de modelización científica. Incluso en el estructuralismo comprometido en el semanticismo, el iso- u homomorfismo entre estas partes no garantiza que estemos en una práctica de modelización científica. ¿Quién llamaría representación científica a un mapa del metro que cumple con las condiciones de homomorfismo exigidas por el semanticismo estructuralista? Solo ganaría esa denominación, desde nuestro punto de vista, si fuera el soporte de una práctica que tuviera como objetivo probar una tesis o que intentara descubrir algo. Por ejemplo, si el mapa fuera el primer modelo de la red de Metro y por ello estuviera destinado a ser evaluado como apropiado o no para tal fin y que por tanto permita obtener futuras conclusiones para esa red de Metro.

Consiguientemente, desde nuestro punto de vista, esta perspectiva debe ampliarse. Y la ampliación corresponde a la siguiente pregunta: ¿sólo modelamos para generar hipótesis? En este artículo defendemos que no y daremos ejemplos más abajo. Por ello creemos que inicialmente el campo debe ampliarse con este conjunto de modelos que no están destinados a generar hipótesis.



A: entidades que permiten razonamiento sustituto y que no son Modelos de una práctica científica; B: Modelos de una práctica científica destinados a Generar Hipótesis; C: Modelos de una práctica científica que no están destinados a Generar Hipótesis.

Ahora bien, creemos que se trata de distinciones intencionales. Es decir, que una entidad caiga en una u otra sección depende de los compromisos pragmáticos delineados en una cierta práctica de modelización: usos, propósitos, objetivos, etc. Una rata Wistar, por ejemplo, puede ser considerada –en una práctica de modelización científica, con sus compromisos pragmáticos específicos –, como modelo para reconstruir el esqueleto de un animal prehistórico. Y la misma rata, en el marco de otros compromisos pragmáticos, puede ser un modelo para generar hipótesis a testear en humanos (medicamentos, por ejemplo). En efecto, la participación de agentes con sus usos y propósitos es lo determinante. Es decir que para el *Representational Demarcation Problem* del cual hablan Callender and Cohen (2006: 68–69) existe una solución pragmática. Y no es ‘circunstancial’ como lo denominan ambos, que creen que difícilmente pueda resolverse, sino que es simplemente *dinámico*. No vemos mayor problema en considerar que algo pueda ser un Modelo en una práctica de modelización científica y un adorno en otra práctica humana.

Para casos de modelización que no están destinados a generar hipótesis (sin razonamiento sustituto), consideremos el siguiente ejemplo: en arqueología se puede modelar a partir de unos pocos fragmentos de cerámica que se han encontrado – de aproximadamente cinco mil años de antigüedad –, con el único fin de representarnos cómo pudo haber sido el objeto original: un ánfora, una lámpara, etc. Pero también podríamos modelar a partir de esos

fragmentos con el fin de saber cómo se pudo destruir tal objeto. En este caso ya no importa tanto si fue una vasija, una lámpara o un ánfora. Los fragmentos podrían indicar (de acuerdo con la teoría de degradación de materiales) que no se fragmentó de modo natural sino por un impacto. Nuestra hipótesis es que, si esto fue así, debería haber otros fragmentos del mismo objeto a una distancia considerable. Entonces ampliamos el área de búsqueda y si hallamos fragmentos a una distancia mayor se confirma nuestra hipótesis. En ambos casos hay modelos, pero solo en el segundo caso, de acuerdo con nuestro punto de vista, tenemos un caso de generación de hipótesis, desde el M y sobre el SO. El primer caso se aproxima a lo que algunos autores identifican como un 'modelo explicativo' y no un 'modelo de predicción'.

Desde luego algunas autoras podrían entender que los dos casos anteriores corresponden a dos etapas de un mismo proceso de modelización. Una primera etapa donde generamos el modelo concreto o abstracto que oficia de subrogante de la porción fenoménica modelada. Y una segunda etapa donde lo usamos para generar hipótesis o simplemente para ponerlo en una vitrina en un museo. Pero desde nuestro punto de vista estas etapas corresponden a prácticas de modelización que deben ser distinguidas con sus propios propósitos y fines. Desde la perspectiva de Mauricio Suárez -el *inferencialismo* - el primer tipo ni siquiera calificaría como modelo puesto que cumple con la primer condición, esto es, la fuerza representacional de M apunta a SO, pero no cumple con la segunda: M no permite generar hipótesis sobre SO (Suárez, 2004, 773)³. Sin embargo, lo repetimos, nuestro punto de vista es que no debe perder identidad y autonomía este tipo de modelización.

5. Sustitución y lógica

Creemos que aquí se encuentra el verdadero desafío de la noción de sustitución en el marco de la modelización en ciencia. Esto es, poder dilucidar el carácter *sustitutivo* de la generación de hipótesis. Como ya señalamos más arriba (Cf. Punto 3), no nos parece apropiado que las justificaciones de los procesos inferenciales se apoyen en nociones que estén fuera de la lógica. Pero entonces, ¿qué significa 'sustitución' de un punto de vista lógico? ¿Existen, en general, los razonamientos sustitutivos? Es una pregunta muy amplia y por ello intentaremos responder en el marco del proceso que nos ocupa: la generación de hipótesis en la modelización. Lo que se piensa por *sustitución* en este proceso, de acuerdo con nuestro

3 [Inf]. A represents B only if (i) the representational force of A points towards B, and (ii) A allows competent and informed agents to draw specific inferences regarding B.

punto de vista, es que lo inferido en M es considerado para evaluación en SO. Claramente no es una reduplicación sino una suerte de traslado o transposición puesto que, claramente para nuestro punto de vista, la conclusión no tiene el mismo carácter lógico en ambos lados. *Llevamos* la conclusión de un lado hacia el otro. Por ello, creemos, que la noción de representación ha terminado siendo de suyo tan evidente como justificación para muchos. Esto es, pensar que existe una suerte de vías de metro con dos estaciones, M y SO, y que las conclusiones se envían de uno al otro en el vagón de la representación. Esto último, a desmedro de la lógica que, según nuestro punto de vista, hallaría la justificación última de los procesos inferenciales comprometidos en la modelización, en conceptos y principios que están fuera de la lógica.

Por lo anterior creemos que el término 'sustitución', en el marco de la generación de hipótesis en modelización, no alude a un tipo de razonamiento como pueden entenderse, por ejemplo, los razonamientos 'deductivos' o los razonamientos 'inductivos'. Creemos que la expresión 'razonamiento sustitutivo' reenvía a esta acción que describimos más arriba, la de inferir en uno que es el sustituto de otro, y llevar a ese otro la conclusión para evaluarla. Una formulación bastante conocida sobre esto último apunta a que inferimos en uno *como si* fuera el otro y ha ganado una interpretación con sentido en las lecturas ficcionalistas de los procesos de modelización. Ahora bien, es importante señalar que, desde nuestro punto de vista, la determinación de una justificación lógica del carácter sustitutivo de la generación de hipótesis en modelización no debe comprometer necesariamente todos los compromisos asumidos en la modelización. En efecto creemos que puede defenderse una justificación lógica del razonamiento sustituto independientemente de si fueron asumidos, por ejemplo, compromisos estructuralistas de la representación para la relación entre M y SO.

Ahora bien, al hablar de conclusiones a evaluar en SO creemos que es necesario determinar ¿dónde empieza y dónde termina el razonamiento sustituto? Si la justificación última del razonamiento sustituto debe hallarse en la lógica, como defendemos en el presente artículo, no puede considerar sino la acción de considerar para evaluación en SO lo inferido en M. Es decir, explícitamente debe quedar excluida, desde nuestro punto de vista, la acción misma de evaluación en SO. El resultado de esta última es del mayor interés para el razonamiento sustituto, pero no el proceso mismo de evaluación. Este último es sin duda de la mayor importancia en modelización, pero creemos que no hace parte de la lógica. Como tampoco es parte de la lógica en general saber si p es verdadera o no en un razonamiento. Especialmente interesante y (desafiante) es la consideración de cómo incorporar las

conclusiones evaluadas entre los datos de M para futuras inferencias. Especialmente cuando la evaluación es negativa. En otro lugar (Redmond, 2020) defendimos que esto último es comparable a lo que en Revisión de creencias (*Belief Revision*) se conoce como 'infierno epistémico' (Olsson & Enqvist, 2011).

6. Sustitución dinámica

Nuestro punto es, entonces, que debemos entender la noción de *sustitución*, desde un punto de vista *inferencial* y *dinámico*. Dicho de modo directo: no hay sustituto sino la acción de sustituir entendida como la acción de establecer una relación lógica: que lo concluido en M posee sostenibilidad en SO. Razonar sustitutivamente es entonces establecer esta correspondencia lógica entre M y SO. Una correspondencia lógica que también puede leerse, desde nuestro punto de vista, como una relación de dependencia. Sustituir es, entonces, establecer una dependencia entre pruebas: la prueba de p en M que se vuelve la prueba de la sostenibilidad de p en SO.

Un antecedente muy importante que ayudaría a consolidar una justificación lógica del razonamiento sustituto puede hallarse en el trabajo de Per Martin-Löf (1984). En efecto, en el enfoque de la Teoría Constructiva de Tipos (CTT) creado por Martin-Löf, la explicación del significado del condicional $A \rightarrow B$ (Martin-Löf, 1984, p. 7) consiste en un método que lleva cualquier prueba de A a una prueba de B. Así, para Martin-Löf, los juicios hipotéticos son "juicios que se hacen bajo supuestos" (p. 9). Si suponemos que A y B son proposiciones (podrían ser conjuntos en la perspectiva de Martin-Löf), la forma generalizada de estos juicios es

$$b(x):A(x) \rightarrow (x:B).$$

que se interpreta como sigue: $b(x)$ es un objeto de prueba (dependiente) de $A(x)$, siempre que x sea un objeto de prueba de la proposición B. Desde nuestra perspectiva diríamos que A *sustituye* a B toda vez que exista un objeto de prueba $b(x)$ de A siempre y cuando x sea un objeto de prueba de B.

En relación con el trabajo de Martin-Löf, Goran Sundholm interpreta el condicional

[(2) si A es verdadero, entonces B es verdadero] de la siguiente manera:

El condicional (2) es un juicio hipotético en el que se atribuye una verdad hipotética a la proposición B. Su objeto de verificación es un objeto de prueba dependiente B: prueba (B) [X:prueba (A)], es decir, b es una prueba de B bajo el supuesto (hipótesis, suposición) de que x es una prueba de A. (Sundholm, 2019, p. 555)⁴

Desde nuestro enfoque, esta dependencia corresponde al carácter sustitutivo del razonamiento establecido entre M y SO.

Finalmente, nos parece importante analizar la sostenibilidad de las conclusiones en SO dado el carácter sustitutivo del razonamiento. En efecto, decimos que las conclusiones obtenidas en M son *sostenidas* con carácter hipotético en SO. Esto significa que no poseen el mismo estatus de cada lado. Un caso extremo ayudará a comprender lo complejo de la situación. Imaginemos que por *modus ponens* obtenemos una conclusión en M (monotónica y de acuerdo con lógica clásica). En SO no posee el mismo carácter pues de otro modo no había necesidad de evaluar si es V o F. Es decir, esta conclusión deductiva y monotónica en M pasa a ser una conclusión de las que caracterizan a los razonamientos ampliativos como la inducción. Tendría más sentido si esta conclusión hubiera sido obtenida ella misma por inducción en M pues tendría, diríamos, el mismo estatus de ambos lados. Es lo que sucede, según nuestro punto de vista, con las conclusiones obtenidas por abducción en M, que serían hipótesis no solo en SO sino también en M. Pero el caso es que confiamos en las conclusiones obtenidas en M cuando se trata de inferencias deductivas, pero en M tienen un claro perfil de derrocabilidad (*defeasibility*). Sin embargo, creemos que la relación inferencial entre M y SO no puede calificarse de razonamiento revocable (*defeasible reasoning*) como es desarrollado en la literatura especializada (Cf. Koons 2021). Sostenemos esto último pues creemos que si consideramos entre estos razonamientos a aquellos en los cuales podemos justificar una conclusión que antes no se justificaba con una adición o sustracción de premisas, esto no es posible en modelización cuando se trata de conclusiones evaluadas negativamente en SO.

7. Conclusiones

La práctica científica que inicia con la postulación de un modelo ha presentado nuevos desafíos a la filosofía y es necesario confrontarlos. Frigg y Nguyen han resumido estos desafíos en su trabajo de 2017 y particularmente uno de ellos ha llamado nuestra atención: el

4 The conditional (2) is a hypothetical judgment in which hypothetical truth is ascribed to the proposition B. Its verification-object is a dependent proof object B:proof (B) [X:proof (A)], that is, b is a proof of B under the assumption (hypothesis, supposition) that x is a proof of A. (Sundholm, 2019, p. 555)

razonamiento sustituto. Se lo define, siguiendo a Swoyer, como el proceso de generar hipótesis a partir de un modelo y sobre sus sistemas objetivos. Pero esto último no ha pasado de ser una formulación general que es más lo que esconde que lo que explica. Por ello en el presente artículo intentamos profundizar en su significado a partir de una reflexión crítica en torno a la noción de *sustitución* comprometida en este proceso inferencial. Ciertamente nos hemos mostrado críticos respecto de aceptar a la noción de representación científica como justificación de este proceso y hemos presentado los lineamientos generales para la elaboración de un enfoque netamente inferencial del razonamiento sustituto según el cual la justificación última del razonamiento sustituto debe hallarse en la lógica.

8. Referencias

- Aristóteles (1962). Prior Analytics. En Aristóteles, *The Categories, On Interpretation, Prior Analytics* (pp. 182-531). William Heinemann.
- Callender, C. & Cohen, J. (2006). There Is No Special Problem About Scientific Representation. *Theoria*, 21(1), 67-84.
- Contessa, G. (2007). Scientific representation, interpretation, and surrogative reasoning. *Philosophy of Science*, 74(1), 48-68. <https://doi.org/10.1086/519478>
- Copleston, F. (1958). *A History of Philosophy*. Random House.
- Eves, H. (1969). *An Introduction to the History of Mathematics*. Holt, Rinehart & Winston of Canada.
- Fine, A. (1993). Fictionalism. *Midwest Studies in Philosophy*, 18, 1-18.
- Frigg, R. & Nguyen, J. (2017). Models and representation. En L. Magnani & T. Bertolotti (eds.), *Handbook of Model-Based Science* (pp. 49-102). Springer.
- Heath, T. L. (1921). *A History of Greek Mathematics*. Oxford University Press.
- Koons, R. (2022). Defeasible Reasoning. En E. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. <https://plato.stanford.edu/archives/sum2022/entries/reasoning-defeasible>
- Lalande, A. (1997). *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, Vol. I. PUF.
- López-Orellana, R., & Redmond, J. (2021). Crítica a la noción de modelo de Patrick Suppes. *Revista de Filosofía*, 78, 135-155. <https://revistafilosofia.uchile.cl/index.php/RDF/article/view/65672>
- Lopez-Orellana, R., Redmond, J., & Cortés-García, D. (2019). An inferential and dynamic approach to modeling and understanding in biology. *RHV*, 14, 315-334. <https://doi.org/10.22370/rhv2019iss14pp315-334>
- Martin-Löf, P. (1984). *Intuitionistic Type Theory. Notes by Giovanni Sambin of a Series of Lectures given in Padua, June 1980*. Bibliopolis.
- Olsson E. J. & Enqvist, S. (2011). Editor's Introduction. En E.J. Olsson & S.Enqvist (Eds.), *Belief Revision Meets Philosophy of Science*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9609-8>

- Platón (1952). *Laches. Protagoras. Meno. Euthydemus*. Trad. W.R.M. Lamb. Harvard University Press.
- Redmond, J., & López-Orellana, R. (2022). ¿Surrogative Reasoning as Representational or Logical-Based Thinking? *ArtefaCToS. Revista de estudios de la ciencia y la tecnología*, 2(2), 191-207. DOI: <https://doi.org/10.14201/art2022112191207>
- Suárez, M. (2004). An inferential conception of scientific representation. *Philosophy of Science*, 71(5), 767-779.
- Sundholm, G. (2019). The Neglect of Epistemic Considerations in Logic: The Case of Epistemic Assumptions. *Topoi*, 38, 551-559. <https://doi.org/10.1007/s11245-017-9534-0>
- Swoyer, C. (1991). Structural representation and surrogative reasoning. *Synthese*, 87(3), 449-508. <https://doi.org/10.1007/BF00499820>
- Vahinger, H. 1927. *Die Philosophie des Als Ob*. 10a ed. Felix Meiner. [Traducción inglesa de C. K. Odgen, *The Philosophy of 'As if'*. Harcourt, Brace and Company, 1925].