

NATURALEZA DE LOS RAZONAMIENTOS BASADOS EN MODELOS**†

The Nature of Model-Based Reasoning

Alejandro Ramírez Figueroa

Universidad de Chile

RESUMEN

La idea de razonamiento basado en modelos, RBM, es hoy un tema central en lógica, filosofía de las ciencias y ciencia cognitiva. No obstante ello, su naturaleza inferencial es aún problemática. En este artículo se aborda dicho problema en dos instancias: primero, se identifica y aclara la idea precisa de modelo que está involucrada en RBM y, segundo, se propone y desarrolla la tesis de que su naturaleza inferencial posee la siguiente cuádruple raíz, que lo diferencia del formato enunciativo standard basado en proposiciones y reglas: representación icónica del modelo, idea de manipulación de modelos, conservación estructural en la conclusión y acceso directo.

Palabras clave: razonamiento, lógica, cognición, modelo, representación.

ABSTRACT

The concept of model-based reasoning, RBM, is today a central topic in the disciplinary fields of logic, philosophy of science and cognitive science. However, its inferential nature remains problematic. In this paper, the aforementioned problem is tackled in two separate stages: first, the specific idea of model involved in RBM is both identified and clarified, and secondly, a thesis is proposed and developed, namely that its inferential nature possesses the following fourfold root that differentiates it from the proposition and rule based standard enunciative format: iconic model representation, model manipulation concept, structural conservation in the conclusion, and direct access.

Key words: reasoning, logic, cognition, model, representation.

* **Recibido:** enero de 2010; **aprobado:** marzo de 2010.

† Este artículo se enmarca en el proyecto de investigación N.º 1095020, patrocinado y financiado por Fondecyt /Chile, y parte de su contenido fue presentado en el Primer Congreso Colombiano de Lógica y Filosofía de las Ciencias, Bogotá, noviembre de 2009.

1. Introducción

Qué sea el razonar, y sobre todo qué sea el razonar correcto, es un problema originario de la filosofía. De ordinario se ha considerado que la naturaleza del razonamiento estriba en cierta operación intelectual que se hace sobre enunciados mediante reglas adecuadas con el fin de lograr una conclusión fundada. Sin embargo, al menos desde mediados del siglo XX, tal concepción ha resultado insuficiente.

Cuando un geógrafo, por ejemplo, infiere una determinada propiedad de cierto territorio, y lo hace observando directamente entidades cartográficas, se dice que hay allí un razonamiento basado en un modelo (en adelante RBM), y no precisamente sobre un conjunto de enunciados. La frase “sobre la base de modelos” no significa aquí “acerca de modelos” sino que mediante modelos, o, de otro modo, utilizando y “manipulando” directamente modelos como formato para inferir. De la misma forma, cuando un arquitecto concluye que cierta relación espacial-volumétrica de una maqueta observada desde un determinado ángulo no resolverá un problema en el edificio que proyecta, hay allí, también, un RBM. Lo mismo ocurre cuando alguien imagina una situación ficticia para inferir hipotéticamente un rasgo del mundo con el fin de solucionar un problema cotidiano. En los dos primeros casos los modelos son físicos en tanto que en el tercero se trata de un razonamiento basado en un modelo mental. La cuestión de los RBM, su naturaleza, alcances y roles tanto en la ciencia como en el razonamiento diario, cuestión que puede retrotraerse hasta la filosofía de las ciencias de K. Craik (1967, primera edición 1943), constituye hoy un tema recurrente que abarca tanto a la filosofía de las ciencias, como la lógica, la filosofía de la lógica, la inteligencia artificial y, sobre todo, la psicología cognitiva. RBM, pues, es un tema que atraviesa varias disciplinas y, en este artículo, se aborda el problema con el fin de encontrar sus determinaciones genéricas, válidas para los argumentos científicos como no científicos. Así, R. Giere (1999, 41) afirma: “Concluyo que el razonamiento científico es en gran medida un razonamiento basado en modelos”; o Ping LI y Dachao Li (2006, 59) por su parte, siguiendo a P. Johnson-Laird, declaran que: “Los seres humanos razonan sobre la construcción y manipulación de modelos mentales”. N. Nersessian, quien adopta, según afirma, una “hipótesis minimalista” al respecto (2002, 143), propone: “En ciertas situaciones de solución de problemas los seres humanos razonan construyendo un modelo mental de situaciones, eventos y procesos”; o, finalmente, P. Johnson-Laird (2006, 27) defiende que los sujetos, al razonar con conectivas, “No poseen una semántica veritativo-funcional para esas conectivas sino más bien construyen modelos de las posibilidades compatibles con sentencias en

las cuales las conectivas concurren”. RBM, hay que adelantarle, supone la hipótesis del *continuum*; así lo expresan Li y Li (2006, 53): “La hipótesis del continuo sugiere el proceso de razonamiento basado en modelos, que puede constituir una base cognitiva unificada que subyace tanto al razonamiento ordinario como a la práctica científica”.

Por otra parte, debe tenerse en consideración que el razonamiento sobre bases no lingüísticas, tanto en la ciencia como en la vida diaria, posee una cierta base empírica en los estudios de neurociencia actuales. Por ejemplo, según M.Knauff (2006) hay evidencias suficientes para afirmar que en los razonamientos que un sujeto hace acerca de situaciones visuales, se activan justamente sectores del córtex ligados a la percepción espacial y visual.

No obstante la profusión de tratamiento que ha llegado a tener actualmente la cuestión de RBM, así como el reconocimiento de su importancia, no existe aún una idea consensuada y suficientemente nítida acerca de su naturaleza y de sus funciones epistemológicas, tal que permita diferenciarlo claramente del razonamiento proposicional, que es aquel que ha sido considerado en forma standard como prototipo del razonar¹. Parece manifiesto que una de las razones que empañan dicha claridad es que el concepto de modelo posee demasiado espesor semántico. Se suma a ello el hecho de que la preeminencia de un significado por sobre otro del término “modelo” es una cuestión al parecer pragmática, esto es dependiente finalmente de los roles que un sujeto epistémico asigne al modelo en la adquisición del conocimiento, o en el aprendizaje, o en el razonamiento, etc. Sin embargo, y aún reconociendo el problema anterior, se plantea aquí la tesis de que la dificultad mayor estriba más bien en el segundo término implicado: en la idea misma de razonamiento. Por ello, las preguntas que deben responderse son, ¿qué tipo de razonamiento está implicado en RBM? ¿Dónde radica su naturaleza inferencial? Por supuesto que una respuesta posible a dichas preguntas podría ser que el razonar es independiente de aquello sobre lo que se razona, por lo que la materia del razonar no puede influir en la concepción del razonar mismo, indiferente éste a si se lo hace sobre modelos o sobre enunciados u otro formato. Las mencionadas preguntas estarían, así, descaminadas desde el inicio.

Pero ese no es el camino seguido aquí. Por el contrario, se sustenta la tesis de que razonar sobre modelos significa una transformación en cierto sentido de la naturaleza misma del razonamiento proposicional. RBM, se propone,

¹ Por ejemplo, Morrison y Morgan (1999, 7) afirman que a pesar de que el tema de RBM y la idea de modelo en el conocimiento muestran una gran riqueza en su tratamiento, actualmente “Permanece una significativa laguna en la comprensión de cómo exactamente los modelos de hecho funcionan para darnos información acerca del mundo”.

está determinado al menos por cuatro elementos: a) formato modélico icónico, no proposicional; b) acceso directo al modelo; c) conservación estructural en la conclusión; d) manipulación del modelo. Debe aclararse que, así como el razonamiento proposicional puede ser deductivo, inductivo, abductivo, analógico, cuasideductivo u otros, así también RBM puede ser también deductivo, inductivo, etc. RBM no se identifica, pues, con un tipo determinado de estructura inferencial que pueda añadirse a un listado previo, así como Peirce añadió la inferencia abductiva a la deducción y a la inducción. RBM es, se propone, más bien una familia de estructuras argumentativas cuya base no es la aplicación de algún tipo de regla o alguna forma algorítmica, sino que incorpora elementos cognitivo-semánticos que pueden complementar a los anteriores, como son las entidades denominadas modelos.

10 Cabe aclarar aquí el sentido que el término razonamiento adquiere en este contexto. Normalmente se considera que así como el juicio es el acto intelectual mediante el cual formulamos enunciados, así también el razonar es el acto intelectual mediante el cual formamos estructuras argumentativas, conjuntos lingüísticos de premisas y conclusión, con fines determinados. Por tanto, el término “razonamiento” posee más bien un sesgo cognitivo atingente a cómo un sujeto epistémico construye inferencias. Sin embargo, como se lo entenderá en este trabajo, el razonar contempla una totalidad, esto es los procesos cognitivos de un sujeto al construir un argumento así como su estructura lógico-inferencial y su validez.

En la sección II se analiza qué concepto preciso de modelo está implicado en RBM. En la sección III se propone la cuádruple caracterización de la naturaleza inferencial de RBM, que lo diferencia no sólo del razonar proposicional sino que, también, de otras formas de razonamiento diagramático y visual.

2. Idea de modelo en RBM. La distinción de R. Giere

Siguiendo a Giere en su filosofía de las ciencias², especialmente en sus 1988, 1999, 2004 y 2006, dentro de la extensa semántica del término

² Puede verse Daniela Bailer-Jones (1999) para un desarrollo histórico detallado del concepto de modelo, desde la indiferencia en el Círculo de Viena a la preeminencia de dicho concepto en la filosofía de las ciencias, ciencias cognitivas y lógica actuales. Por ejemplo, la autora cita a Carnap, para quien: “Es importante recalcar que el descubrimiento de un modelo no tiene más que un valor estético o didáctico o a lo más heurístico pero no tiene ningún rol esencial para el éxito en la aplicación de la teoría física” (1999, 25). Desde esa postura hasta hoy, para autores como Hesse, Hutten, Harré, Achinstein o van Fraassen, la idea de modelo termina por adquirir un rol explicativo central. En la concepción modelo-semántica, por su parte, las teorías científicas no son un conjunto de enunciados sino que un conjunto de modelos, o realizaciones de las teorías. Sobre la aparición y consolidación de la noción de modelo y su rol epistemológico para las ciencias puede verse, también, R. Giere, 1990, capítulo 2.

hay al menos dos conceptos centrales atinentes al problema: el enfoque instancial o interpretativo y el representacional. Pero, también, los modelos representacionales pueden ser pensados a su vez de dos modos principales: como vicarios-convencionales, o como propiamente representacionales de carácter analógico-icónico (Knuuttila y Honkela, 2005). Se tiene así al menos tres significados básicos de la idea de modelo. Se debe despejar, entonces, aquellos significados que no interviene en RBM, que son: el instancial y el vicario-convencional. De acuerdo con Giere, el concepto de modelo que juega un rol determinante para RBM, en cambio, es el sentido propiamente representacional, de sesgo analógico e icónico³.

El primer significado que no interviene en RBM es, pues, el que Giere denomina instancial. El significado instancial de modelo corresponde al sentido que normalmente se da al término en lógica (Tarski) y que, luego, se adoptó en filosofía de las ciencias, en la tradición de Suppes (1988). Su sentido no es representacional sino interpretativo. Giere lo denomina instancial puesto que un modelo constituye una instancia respecto de la cual un enunciado es verdadero: “Para los lógicos la mayoría de los modelos considerados son entidades abstractas, números, puntos, que dan valores de verdad a un enunciado” (Giere, 1999, 42). Suppes adopta el concepto lógico de modelo y lo extiende a la comprensión de las teorías empíricas. Agrega Giere: “Un modelo, para Suppes, es una estructura teórico conjuntista que consiste en un conjunto de objetos junto con propiedades, relaciones y funciones definidas sobre el conjunto de tales objetos... Así, un modelo, en este enfoque, provee una *interpretación* de un conjunto de axiomas no interpretados. Por tal razón, tales modelos son a menudo llamados *modelos interpretativos*. Ellos podrían ser denominados también *modelos instanciales*, puesto que ellos instancian los axiomas de una teoría entendida como comprendida de enunciados lingüísticos (incluidos los matemáticos)” (Giere, 1999, 42). El choque de bolas de billar o el sistema solar son modelos de los axiomas de la mecánica clásica, definida mediante un predicado conjuntista, como lo denominada Sneed. Así, según Moulines (1982), la Mecánica Clásica de Partículas, MCP, es definida por un cierto conjunto X cuyos elementos contiene 5 elementos (axiomas) que son los definitorios de la mecánica clásica, que son $X = (P, T, s, m, f)$, en que P es el

³ Los significados, concepciones y usos del término modelo en realidad son demasiado amplios y exceden el interés particular de este escrito. Por ejemplo, ver B. Chandrasekaran (2006) quien ofrece otra distinción importante en el concepto, que, de no considerarse, conduce a confusiones. El autor distingue dos direcciones inversas: el sistema solar es un modelo para el conjunto de los enunciados axiomáticos de la mecánica clásica y, en el otro sentido, la mecánica clásica se dice que modela una parte del mundo físico, en este caso, el sistema solar.

conjunto de partículas, T es el tiempo en que se consideran las partículas, s es la posición espacial de cada partícula, m es la masa de cada partícula y f es la fuerza ejercida sobre cada partícula. Afirma Moulines (1982, 79): “Ahora podemos decir inmediatamente qué es un modelo de la mecánica clásica de partículas: es simplemente cualquier entidad constituida a su vez por otras cinco entidades (un conjunto de partículas, un intervalo temporal, una función de posición, una función masa y una función fuerza) que cumplan las condiciones estipuladas (los axiomas de la teoría)”. Es notorio, aquí, que el modelo no es una entidad necesariamente lingüística. Así, el sistema solar es un modelo de MCP y es un conjunto de cuerpos celestes, no un conjunto de enunciados. No obstante ello, lo que defiende Giere es que lo central es que la idea de modelo instancial se rige por la idea de satisfacción tarskiana, capaz de hacer verdadero a los axiomas de una teoría.

12

Tomemos otro caso, ahora de la lógica: dado el enunciado $S = \forall x (Px \rightarrow \neg Qx)$, la estructura $E = \langle A, P, Q \rangle$, que no es necesariamente una entidad lingüística, es un modelo para S si y sólo si A es interpretado como los números naturales, P como los impares y Q como los pares. En tal caso dicha estructura “realiza” o “instancia” a S , o, lo que es lo mismo, S es verdadero en E . Se trata del criterio semántico tarskiano de verdad por satisfacción. Según Suppes este sentido de modelo es el que mejor puede dar cuenta de la comprensión de lo que son las teorías científicas empíricas. Otro caso de este sentido interpretativo e instancial de modelo se tiene si, por ejemplo, se realiza el *tableau* del enunciado $S' = (p \vee \neg q) \wedge p$ y si encontramos que $(p = q = 1)$ cierra una rama, entonces se dice que $(p = q = 1)$ es un modelo M de S' . Así Etchemendy declara (1999, 1): “Una sentencia es lógicamente verdadera si es verdadera en todos los modelos; un argumento es lógicamente válido, su conclusión es una consecuencia de sus premisas, si la conclusión es verdadera en cada modelo en que todas las premisas son verdaderas”.

Pues bien, podemos afirmar que esta idea instancial-interpretativa de modelo no está implicada en RBM⁴. La razón fundamental, según Giere, es que no está presente el sentido representacional analógico.

El segundo significado del término modelo no implicado en RBM es el representacional vicario-convencional. En lo que es atingente aquí, hay dos significados relevantes de representación: A representa a B si A “está por B ”, por cualquier razón que sea, de modo que podemos tratar con B como si tratáramos directamente con A , pero sin que haya entre A

⁴ Para una discusión entre las concepciones formales, instanciales, de modelo, la idea representacional y una visión pragmática ver M. Suárez, 1999.

y B alguna relación analógica, de semejanza entre las partes del modelo y las partes del *representandum*. Es la concepción vicario-convencional de representación. Así, por ejemplo, la luz verde puede representar una conducta, una persona puede representar un poder. El segundo sentido al que se alude es el de representación propia: A representa a B no sólo si “está por B”, sino que, además, B conserva una analogía estructural y funcional con A. Así, la entidad cartográfica guarda analogía estructural con el territorio, la maqueta con el edificio real o la balanza en equilibrio con la idea de justicia (de una manera menos obvia que los dos ejemplos anteriores)⁵.

Ni el sentido instancial ni el representacional-convencional de modelo constituyen el formato sobre el que se razona en RBM⁶, según lo ya dicho. Para Giere el sentido propio de modelo que está implicado RBM es el propiamente representacional. Así, afirma el autor lo siguiente: “La concepción instancial de los modelos es una concepción bien definida de considerable valor particularmente en el estudio de la lógica formal y el fundamentos de la matemática. Sin embargo, contrariamente a lo que Suppes exige, no pienso que es la mejor concepción de los modelos para entender cómo son usados en la práctica de las ciencias empíricas (...). Por el contrario, llamo a mi comprensión de los modelos *representacional*, porque no toma a los modelos como primariamente un medio para interpretar sistemas formales, sino como herramientas para representar el mundo.” (Giere, 1999, 44). Por ejemplo, en la cartografía encontramos un caso paradigmático del concepto representacional de modelo, como herramienta para figurarnos y conocer el mundo, el mundo de los territorios, en este caso. El mapa, como modelo de tipo representacional es un modelo físico y posee las siguientes características, según el planteamiento de Giere: a) no es una entidad lingüística; b) por ende no puede ser ni verdadero ni falso, sólo representa o no, o lo hace mejor o peor que otro modelo; c) el mapa es parcial, esto es, no representa todos los elementos reales del territorio en cuestión sino solamente aquellos aspectos que son relevantes para el

⁵ Pude verse un tratamiento amplio del concepto de representación en sus diferentes acepciones y roles en Ibarra y Morman (edits.) 2000, en relación con la filosofía de las ciencias. Ver especialmente el capítulo 1. También ver Knuuttila y Honkela, 2005; los autores agregan otro significado al término “representación”: el de “volver a presentar algo”. C. Held (2006) propone una taxonomía de la representación que contempla formas simbólicas, que son proposicionales y pictóricas; entre ellas distingue las imágenes mentales y modelos, y, en estos últimos a su vez distingue entre modelos físicos y mentales.

⁶ Si bien en términos generales la forma instancial de representación no es adecuada para entender RBM, como se lo plantea aquí, hay bases para sostener que en cierto sentido restringido RBM mantiene algo de dicho significado interpretativo, lo que muestra la complejidad de este asunto. Pero dicha cuestión excede los límites de este escrito.

sujeto en un momento dado; el mapa no es el territorio; d) no guarda una relación de isomorfismo con lo modelado sino que de semejanza, similitud o analogía⁷. Ninguna parte de un mapa puede razonablemente ser isomórfica con el territorio (Giere 1999, 44); e) por otra parte, el mapa es dependiente de un cierto interés del sujeto que lo construye, interés en representar ciertos aspectos y no otros. El modelo, en general, es *relativo al interés*; f) finalmente, el modelo en RBM es preferentemente icónico, proporciona una cierta “imagen”, que no es una copia de lo representado, justamente por ser sólo un análogo.

Por supuesto que se puede hacer una versión de un mapa como un conjunto finito de enunciados que describa cada parte de él, pero ello es bastante inútil como mapa propiamente tal. En consecuencia, el mapa, no siendo una entidad lingüística, ni siendo una instanciación de un conjunto formal de enunciados, es una *representación* de algo en el mundo. Por ello es que los razonamientos basados en modelos tienen una aplicación preponderante en el razonamiento fáctico, aunque no es privativo de ese ámbito. En realidad, RBM es un género argumentativo aplicable tanto en el orden empírico como formal.

Otro ejemplo de modelo físico representacional icónico lo constituye, por ejemplo, el recurrir a cierta propiedad del agua, su fluir, para modelar físicamente el transporte de la electricidad, sobre la base de que hay entre ambos fenómenos una analogía estructural, aunque sólo muy forzosamente se podría decir que hay allí isomorfismo o función punto por punto. Es esa relación la que permite que, sobre las características pertinentes del fluir del agua se *infiera* propiedades del paso de la electricidad a través de un conductor. Se obtiene así un conocimiento por modelación acerca de la electricidad. Según M.Hesse (Citado por Bailer-Jones, 1999, 30) los modelos “No son descripciones literales de la naturaleza sino que tienen una relación de analogía con la naturaleza (...) El progreso sucede por la elaboración de experimentos para responder cuestiones sugeridas por el modelo”.

Los modelos en RBM, pues, guardan con lo modelado una relación de representación que tiene un carácter de analogía estructural. Nancy Nersessian (2002, 140 y ss.; 2008) sigue las ideas de P. Johnson-Laird

⁷ La cuestión de la semejanza o similitud es un rasgo definitorio en diversos problemas filosóficos. He allí, por ejemplo, la relación de semejanza en la lógica condicional, que apela a la semántica de mundos posibles. La semejanza o similitud rige la relación de accesibilidad entre mundos; la verdad de un condicional en un mundo real M está dado por el valor de verdad del consecuente del condicional en el mundo de mayor semejanza M', en el cual el antecedente del condicional sea verdadero. Por cierto que se presenta la cuestión de cómo entender la idea de semejanza (Ver J. Fisher 2008, 114).

(1995, 1988, 1991, 2008) acerca de RBM, y considera que así como, en el ejemplo anterior, un mapa es una entidad física representacional de un territorio, también hay modelos que son mentales, que son imaginaciones de situaciones que representan estructuralmente una realidad con el fin de conocerla y razonar sobre ella. Son imaginaciones más que concepciones: de allí su carácter icónico. Un modelo mental es un análogo estructural, como lo expresa la autora, de una situación, real o imaginaria, que la mente construye al razonar (*in reasoning*). Así, dicho análogo mental preserva las restricciones propias que posee el *representandum*. Contienen representaciones selectivas de aspectos objetivos, de situaciones, pero no en forma arbitraria: el supuesto es que lo representado es una estructura, que posee partes, las que pueden ser analogadas por el modelo, el cual también posee partes. Tales propiedades son las que faltan en la noción convencional o instancial de modelo. Cabe insistir en que ser análogo estructural no significa isomorfismo: entre un modelo y su *representandum* no hay una función, punto a punto entre ambos.

La cuestión de los modelos mentales según C. Held tuvo uno de sus orígenes a fines de la década de 1940, con los trabajos experimentales de Tolman sobre el comportamiento animal, especialmente ratas. Sus conductas, de reconocimiento de rutas por ejemplo, sólo podía ser entendido, conjeturó Tolman, si se suponía que las ratas de alguna forma habían adquirido una representación mental de los caminos a seguir y que habían aprendido, representaciones a las que Tolman denominó “modelos” (Held 2006a, 7). Tal propuesta fue una base de lo que se ha llamado el “giro cognitivo”, que postuló que el conductismo era estéril a la hora de explicar actos y razonamientos comunes.

De igual manera que los modelos físicos, en los modelos mentales el análogo estructural preserva las constricciones propias de lo representado por el modelo (Nersessian 2002, 141). Nersessian clasifica los modelos mentales en dos tipos: icónicos modales e icónicos amodales. Por ejemplo, el enunciado “El círculo está a la izquierda del triángulo”, puede modelarse modal o amodalmente⁸: en el primer caso tenemos que: $M = (\bullet \blacktriangle)$; pero, amodalmente, se tiene este segundo modelo $M' = (C \ T)$. En ambos casos, siguiendo a Peirce, se trata de representaciones icónicas, esto es, sus formatos constituyen imágenes de lo que se quiere representar.

Lo anterior es lo que Johnson-Laird denomina principio estructural, como se afirmó antes: se supone que la realidad es estructurada; se

⁸ Debe aclararse que en este ámbito modal no significa lo que en lógica; modal, a diferencia de amodal, apunta al compromiso perceptivo del término. Por ejemplo, la palabra “triángulo” es representada modalmente por la figura de un triángulo y no por una letra u otro signo convencional.

supone, también, que un modelo es estructurado, esto es compuesto de partes que se relacionan; de allí el principio afirma: “Las estructuras de los modelos mentales son idénticas a las estructuras de los estados de cosas, sean percibidas o concebidas, que los modelos representan” (Johnson-Laird, 1995, 419). El modelo debe contener partes que se correspondan con las partes de la situación modelada. Tal correspondencia puede ser de varios tipos, como por ejemplo, espacial, o de tamaño, o de forma, o de situaciones, etc. De este modo, el autor concibe que, al menos, habría tres formas de lograr una representación de una situación del mundo, que se podrían esquematizar del siguiente modo:

- a) La representación lingüística, que consiste, por ejemplo, en el formato proposicional: “el triángulo es más grande que el círculo y está a su izquierda”, que representa la situación de un triángulo determinado que es más grande que un círculo y que se encuentra localizado a su izquierda. Mas, en este caso no se habla de modelo propiamente tal, pues no hay ningún tipo de analogía estructural evidente.
- b) Tal situación, del triángulo y del círculo, puede también representarse con algún tipo de gráfica, por ejemplo, ($\blacktriangle \rightarrow \bullet$), donde \rightarrow está por la relación diádica: “___ más grande que ___”. En este caso, no hay tampoco una analogía estructural completa entre el supuesto modelo y la situación real. Ello porque \rightarrow es una representación meramente convencional. En cambio, respecto del tamaño de ambas figuras, puede haber un análogo estructural, como se aprecia fácilmente si se lo dibuja adecuadamente.
- c) Finalmente, podemos tener el modelo $M = (\blacktriangle \bullet)$, en el que hay una correspondencia entre la estructura de los tamaños y la locación relativa de las figuras reales y las del modelo visual que las representa. En este tercer caso se habla de un modelo como tal. Hay que aclarar aquí que tal modelo puede ser mental, pero también puede ser exteriorizado físicamente. Como lo afirma el creador de la teoría de los modelos mentales, P. Johnson-Laird, los modelos mentales, algunos por lo menos, son exteriorizables, “dibujables”.

Una cuestión que debe tenerse en cuenta para la comprensión cabal de la idea de modelo representacional icónico tiene que ver con el término imagen. El término imagen resulta aquí equívoco. Un modelo mental, en realidad, no constituye una *imagen mental* de lo representado, aunque suelen ser confundidos. Si fuese así el carácter mismo de modelo como representación se vería anulado, puesto que en ese caso lo representado

debería coincidir con el modelo, ser su copia, lo que, además de ser muchas veces imposible, sería inútil. Justamente algo es un modelo de algo *porque* no es una imagen de, una copia de algo. Si se modela el paso de la electricidad entre dos puntos como el paso del agua entre dos puntos, solamente se tomarán en cuenta aquellos elementos de lo modelado que sean atingentes al problema que se quiere solucionar, o el fin para el cual se está haciendo el modelo. En el ejemplo mencionado, la propiedad del color o la frescura del agua o su capacidad para saciar la sed o servir de nutriente, o su incoloridad, seguramente no son relevantes para representar el transporte eléctrico. El modelo, para cumplir su rol representacional, no puede ser una copia de algo. Esto mismo da una pista acerca de cómo los modelos son construidos: son construidos sobre la base de los rasgos que se seleccionan como relevantes en el *representandum*. El realizar tal selección ya implica tener un modelo⁹.

Pero, en este punto se requiere preguntar por la necesidad de la formación de modelos para el razonar, en qué ayuda tal expediente, cuál es su justificación. La respuesta no es sino que, en determinadas situaciones de razonamiento (no en todas por cierto), los sujetos epistémicos forman representaciones de realidades como un modo de concentrarse en ciertos aspectos relevantes del problema en cuestión y poder, de allí, mediante esa simplificación, arribar a nuevos conocimientos de la realidad misma. Johnson-Laird apunta lo siguiente: “Si las personas construyeran solamente representaciones proposicionales y no hubiera modelos mentales, no habría forma de relacionar discurso con el mundo y no habría forma de dar cuenta de las inferencias sin recurso a la lógica mental” (Johnson-Laird, 1995, 409). El mismo Johnson-Laird (2006, 27) propone que una de las razones de tipo cognitivo psicológico que soportan la formación de modelos es la escasa memoria de trabajo que en general poseemos, de modo que manejar cierta cantidad y calidad de información sería algo difícil por medio de su traducción a proposiciones. La cuestión aquí es que si bien podemos razonar sobre bases proposicionales, sin duda hay situaciones en las que parece que ello no es suficiente ni adecuado. Nuestra memoria de corto plazo es débil como para explicar ciertos razonamientos. Por ejemplo, un arquitecto puede representar proposicionalmente, en un listado exhaustivo, el conjunto de determinaciones que describen un proyecto de un cuerpo arquitectónico simple; no obstante eso, es intuitivo que un arquitecto no podrá trabajar con un listado de enunciados que describan un proyecto muy complejo, digamos una casa ni menos un hospital; no resulta ni siquiera concebible

⁹ Johnson-Laird, 1995, 406, afirma que los modelos mentales tienen su origen en la habilidad perceptual de los organismos con sistema nervioso superior.

cómo ello podría hacerse, salvo acudiendo a un recurso computacional. Pero el punto es que el arquitecto posee un recurso cognitivo expedito, propio de los seres humanos y de su formación especializada. Para el caso, pues, el arquitecto puede manejar y resolver un problema funcional, o formal, etc, de un proyecto con sólo una simple mirada a un esquema espacial o en un plano adecuado. La formación de representaciones como análogos estructurales hace posible, al parecer, algo que de lo contrario no tendría explicación. Así, también, en muchas situaciones en las que se requiere una solución rápida, la representación proposicional y su manejo no parece asegurar un resultado que salve la vida. Esto significa que los modelos no reemplazan al formato proposicional de representación ni puede plantearse que los razonamientos basados en modelos reemplazan a los razonamientos proposicionales. Pero no parece que en situaciones reales o imaginadas el recurso proposicional sea la única base inferencial¹⁰.

3. Idea de razonamiento en RBM. Su cuádruple determinación

18

Pero, ¿qué concepto de razonamiento subyace a la idea de RBM? ¿Dónde radica su naturaleza inferencial? De ordinario en la literatura pertinente los autores parecen más bien usar el término sin más precisión que la necesaria para entenderlo tal y como lo usamos cotidianamente. Pero, a pesar de lo anterior, siempre está presente, aunque vaporosamente, la afirmación de que RBM constituiría una forma especial de razonar, tanto en las ciencias como en la vida de todos los días, forma que lo diferenciaría del razonar sobre proposiciones. Esta situación, pues, pide un trabajo, aunque sea mínimo, de aclaración. La comprensión cabal de RBM no puede basarse solamente en el concepto de modelo, puesto que el concepto de modelo no contiene el concepto de razonamiento.

Una pista a la formulación que buscamos y que servirá de guía a lo que sigue la encontramos, entre otros autores en N.Nersessian, cuando afirma que: “El razonamiento basado en modelos no es reductible a operaciones de aplicación de lógica mental a proposiciones. Las representaciones son icónicas en naturaleza. El proceso de razonamiento es a través de una manipulación de modelos y envuelve procesos usados en la actividad sensorio-motor” (Nersessian, 2002, 152).

¹⁰ Es notoria la semejanza de esta teoría de los modelos como análogos estructurales con la teoría del lenguaje del primer Wittgenstein. Porque, para Wittgenstein, la posibilidad semántica del lenguaje estriba justamente en la posibilidad de que entre cosa y lenguaje haya algo compartido, que es una forma, una estructura. En RBM, no obstante, el problema trata no de la semántica sino del razonamiento.

En términos proposicionales y sintácticos, en lógica un razonamiento es un argumento formado por un conjunto de enunciados en que el último de ellos es la conclusión y los que lo anteceden las premisas. La conclusión se infiere con validez o no según el tipo de razonamiento y su forma, y de acuerdo con algún tipo de reglas adecuadas. Lo decisivo es que: a) el formato sobre el que se razona son enunciados; b) intervienen en forma explícita algún tipo de reglas que permiten la inferencia¹¹. Por otra parte, cuando se trata de la versión semántica de inferencia, esto es, que contiene la idea de consecuencia lógica, lo esencial allí es que la inferencia sigue aplicándose sobre enunciados y supone algún tipo de reglas de inferencia.

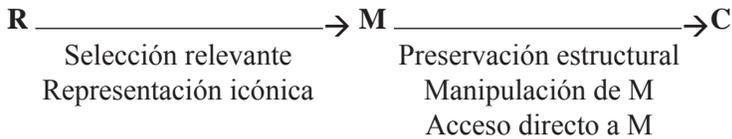
El razonamiento basado en modelos no parece seguir ninguna de las dos condiciones anteriores, sino que razona sobre otro formato: sobre modelos y, al hacerlo, la conclusión obtenida se aplica a lo modelado. Además, en RBM no intervienen reglas formales, sean deductivas o inductivas, que permitan la inferencia. RBM en realidad parece acomodarse más bien a una concepción más amplia del razonar, que agrega un carácter psicológico-cognitivo al formal-matemático. Si se acude, por ejemplo, a un lugar clásico de la lógica moderna, a Arnauld y Nicole (1992, 30), se lee: “Llamamos razonar a la acción de nuestro espíritu mediante la cual se forma un juicio a partir de otros”. Y si acudimos, en una versión actual, a B. Tversky (2005, 209), tenemos que: “El corazón del razonamiento parece ser, como lo expresó Bruner hace años, ir más allá de la información dada”. La idea de un paso de una información a otra tal que ésta se funda en las primeras, parece ser una formulación suficientemente general como para enmarcar la idea de RBM.

Es posible concentrar al menos en cuatro determinaciones aquello que permite hablar de un razonamiento en RBM:

- a) el formato icónico sobre el que se razona y la idea de elección relevante;
- b) la idea de acceso directo;
- c) el principio de conservación estructural;
- d) la idea de manipulación.

Dichas cuatro determinaciones se manifiestan y definen el esquema básico de RBM, el que presenta la siguiente figura compuesta de tres elementos, que reinterpreta la formulación general de Johnson-Laird (1995): el *representandum* R; la construcción de un modelo M del *representandum* y una conclusión C obtenida por manipulación directa sobre M:

¹¹ Ver C. Alchourrón 1995, Etchemendy 1999.



El paso de R a M contiene la formulación de un modelo icónico que represente la porción de mundo R; el paso $M \rightarrow C$ significa la inferencia como tal. En las formulaciones standard el paso $R \rightarrow M$, esto es, la formulación misma del modelo es parte integrante del razonamiento mismo, tanto como el paso $M \rightarrow C$. Siempre es posible preguntar si la construcción del modelo debe considerarse como el primer paso del razonar o sólo como un insumo desde el cual se razona; en este último caso RBM sólo contendría el paso $M \rightarrow C$, sobre la base de ciertos modelos dados, tal como el razonar proposicional parte de los enunciados como algo dado. Pero esta última alternativa sin duda que proporciona un cuadro incompleto en RBM, puesto que el carácter especial que debe cumplir M es parte del problema. Por otra parte, debe observarse, también, que estos dos pasos parecen cobijar dos tipos inferenciales diferentes; así, el paso $M \rightarrow C$ puede ser deductivo, esto es puede haber allí una deducción basada en modelos, como ocurre en el caso de los silogismos, según Johnson-Laird, o en ejemplos de deducciones matemáticas, como se verá enseguida. El paso inicial, $R \rightarrow M$, en cambio, no parece dejarse representar por la deducción, puesto que, si fuese así, tendríamos la obtención de modelos como teoremas, cosa que manifiestamente no es así. La obtención de modelos es algo ligado al descubrimiento o a la capacidad creativa; por ello, se propone aquí que ese paso puede responder a una inferencia abductiva.

El análisis que se desarrolla en lo que sigue, sin embargo, se centrará principalmente en el paso $M \rightarrow C$, por cuanto $R \rightarrow M$, o las condiciones inferenciales de construcción de M constituyen un asunto que excede los límites de este artículo. Solamente en el caso de la determinación de RBM es necesario analizar la caracterización del modelo, pero sin considerar la cuestión abductiva¹².

a) Modelo con carácter representacional, no instancial. La determinación básica de RBM es el formato del razonamiento: éste se lo hace sobre entidades no lingüísticas, de carácter icónico. N.Nersessian, (2002:150), por ejemplo, sintetiza así lo que a su juicio es central en este problema: “El razonamiento basado en modelos no es reductible a operaciones de aplicación de lógica mental a proposiciones. Las representaciones son icónicas por naturaleza.

¹² Acerca de la relación entre abducción y razonamiento basado en modelos puede verse L. Magnani (2001).

El proceso de razonamiento es a través de una manipulación de modelos y envuelve procesos de la actividad sensorio-motor¹³.

Pensemos, sobre la base de un ejemplo puesto por N.Nersessian, cómo una persona razona a menudo en una situación concreta que le es problemática, en la que necesita concluir algo. Si un sujeto necesita trasladar un cierto objeto de grandes dimensiones, digamos un gran mueble, a través de un rasgo de puerta de dimensiones más bien reducidas, podríamos pensar que esa persona debe establecer un listado suficientemente exhaustivo de enunciados que describan la situación problemática hasta llegar, merced a la aplicación de ciertas reglas, a una conclusión de cómo debería hacer para solucionar su problema y pasar el objeto a través del rasgo. Sin embargo, tal descripción, aunque en principio posible, no es en realidad plausible. Nersessian piensa que la modelación ocurre al menos de dos formas, analógica y simulativa. La segunda de ella ayuda a pensar que lo que ocurre en una situación como la descrita es que la persona construye, de manera que se la puede catalogar de automática, una situación mental de la situación real, un modelo de ésta. Pero no se trata de una *imagen mental* de esa situación, como ya se ha dicho: no se reproducen todos los elementos que contienen los elementos; el modelo selecciona solamente aquellas propiedades que son relevantes; en este caso no es relevante el color ni y el material del mueble ni en qué lugar del edificio se encuentra la puerta. Lo que sí es relevante, y que conforma el modelo como selección de rasgos, es la relación dimensional y de locación entre puerta, mueble y persona que manipula el mueble. Así, el sujeto al advertir que una dimensión del mueble es mayor que la otra por ejemplo, al compararla con las dimensiones de la puerta capta que una rotación adecuada hará pasar el mueble por el rasgo. El sujeto “concluye” en una acción que es girar y pasar el objeto por el obstáculo.

Ronald Giere (2006, cap.2) ha desarrollado el caso del descubrimiento del ADN como un caso de RBM. Ante la pregunta por la estructura de la molécula de ADN, Watson y Krick propusieron dos modelos: M = (estructura de doble hélice); M' = (estructura de triple hélice). Mediante un razonamiento analógico, teniendo por *source* a la molécula alfa-kordina propuesta por Linus Pauling, produjeron como hipótesis que la molécula de ADN debía ser modelada como M , esto es, como una hélice de triple

¹³ RBM es una respuesta a las teorías cognitivas que afirman que razonamos debido a que estamos equipados mentalmente con el aparato y las reglas de la lógica formal. Tal tesis fue inaugurada por Piaget (ver 1967), y hoy es afirmada por muchos autores. Ver sobre ello, por ejemplo, A. Goldman (1986), Garnham y Oakhill (2004). A partir del trabajo de Johnson-Laird se puso en duda la plausibilidad explicativa del razonamiento mediante tal teoría de la lógica mental. Ello ha sido uno de los motores de la teoría de RBM.

vuelta. Si M es adecuado entonces debía permitir hacer muchas inferencias tales que puedan contrastarse con los data. Pues, bien, afirma Giere, de M se infieren ciertas propiedades de moléculas de agua en ADN que no coinciden con los data, por lo que la hipótesis ADN-M no es adecuada. Por el contrario, M' resultó ser un modelos que permitió inferencias ajustadas con los data. El razonamiento está basado, aquí, pues, en la modelización icónica, de una disposición espacial de las moléculas, modelización que permite realizar razonamientos. Lo interesante de este caso es que los modelos propuestos son imágenes que capturan ciertas propiedades de otra molécula conocida: su aspecto estructural espacial. Cabe observar que la función del modelo es representar bien; si lo hace entonces permite otras funciones epistémicas, como explicar.

b) La segunda determinación del razonar sobre modelos está dada por el principio de acceso directo. El acceso directo es un expediente que reemplaza a las reglas lógicas. Afirman Held et al (2006a, 13) sobre RBM: “La diferencia crucial con las teorías de la lógica mental es que ninguna regla lógica es presupuesta. El razonador construye y manipula modelos mentales no de acuerdo con reglas de lógica abstracta sino de acuerdo con el mundo que ellos representan. Después de haber integrado toda la información de las premisas en uno o más modelos consistentes, la conclusión puede ser directamente “vista” en el modelo”. Supongamos que se tiene la siguiente información: (1) que el cuadrado está a la derecha del triángulo y que (2) el círculo está a la derecha del cuadrado; ¿cómo inferimos una nueva información según la cual (3) el círculo está a la derecha del triángulo? Lo que ha sucedido aquí (G. Vosgerau, 2006, 257; B. Hemforth, 2006, 191; Johnson-Laird, 1988, 1991, 1995, 2006) es que a partir de la información inicial formamos modelos para cada información, de tipo icónico y modal, por ejemplo:

$$M(1) = \blacktriangle \blacksquare$$

$$M(2) = \blacksquare \bullet$$

Una vez formados tales modelos, el sujeto advierte “naturalmente”, “directamente”, sobre los modelos M(1) y M(2) que el círculo está a la derecha del triángulo. Alguien, también, sobre ese modelo, estaría en condiciones de responder negativamente a la pregunta: ¿está el triángulo entre el cuadrado y el círculo? Pues bien, lo que hace posible hacer la inferencia, es leer las propiedades del modelo, lo que requiere, por supuesto, que tal modelo sea un buen modelo. Un buen modelo es aquel capaz de representar los elementos estructurales relevantes de la situación descrita originalmente. No es relevante aquí el tamaño de las figuras o su color, sólo la relación espacial

de unas respecto de las otras. Para hacer tal inferencia, pues, no se necesitó acudir a una regla especial de la lógica, como lo es la regla de transitividad. Es manifiesto que en el ejemplo anterior puede, por supuesto, razonarse con la regla de transitividad. Pero el punto es que ello se debe a que el ejemplo es simple: sobre un caso complejo compuesto por muchas figuras y muchas relaciones espaciales, seguramente, si no se acude a un modelo, no se podrá llegar fácilmente a la conclusión. Es una cuestión de economía también¹⁴.

c) Pero, el principio de acceso directo requiere entender qué es lo que permite tal acceso, de modo que pueda reemplazar a una regla determinada. El acceso directo a la conclusión en un modelo, y este es el tercer elemento determinante de RBM, es posible por el principio de conservación estructural. RBM consiste en conservar en la conclusión la estructura seleccionada común al modelo y al *representandum*. Si el modelo fuese de tipo instancial tal conservación y el acceso directo no se llevaría a cabo. Tal conservación permite considerar que las propiedades a las que se accede directamente en el modelo deben ser propiedades también del *representandum*. Un mapa, si es un buen modelo físico, que selecciona propiedades relevantes a los fines planteados por el sujeto, preserva las propiedades del territorio en el modelo. Y la conclusión hecha a partir del modelo preservará la estructura de éste en lo modelado. En el ejemplo sobre las tres figuras geométricas ya mencionado, el modelo M preserva en la conclusión la estructura contenida en la situación descrita en las dos premisas. Así, de nuevo, la apelación a reglas formales de algún tipo puede estar ausente, por lo que la conclusión es obtenida mediante la concurrencia de otros elementos.

La preservación estructural junto con el acceso directo al modelo son principios que rigen variados tipos de inferencia. Razonar sobre modelos, no es, como se podría pensar, contrapuesto a las formas inferenciales básicas de la deducción, inducción o abducción, como ya se advirtió en el ejemplo anterior, sobre la transitividad. RBM no está comprometido con alguna de ellas en especial. B.Chandrasekaran (2006), por ejemplo, expone lo que denomina razonamiento por diagramas en el que una deducción de tipo aritmético puede realizarse por RBM. En vez de haber relaciones entre enunciados hay relaciones entre enunciados y representaciones que los modelan, que en su caso son diagramas. Dichos diagramas los concibe como “fragmentos de la realidad física”. Permite el razonar debido a su carácter representacional, la conservación estructural, la selección relevante

¹⁴ La cuestión sobre qué es un buen modelo y cuáles son sus condiciones mínimas de construcción se relaciona directamente con la dirección de RBM que parte de una situación y va hacia la conclusión de un determinado modelo. Esa dirección constituye el problema de la abducción y RBM, lo que no se aborda aquí. Ver Chandrasekaran 2006.

y el acceso directo, esto es, el modelo soporta directamente inferencias sin mediación de reglas.

Supongamos, ejemplifica Chandrasekaran, que se quiere demostrar que $1+3 = 2+2$. Si se logra construir un modelo adecuado podemos hacerlo. Si construimos, por ejemplo: $M = \blacktriangle \blacktriangle \blacktriangle$, podemos constatar que en él no leemos claramente lo que enuncia la proposición. Por tanto no es un modelo de lo que informa el enunciado. Pero si ensayamos, por ejemplo:

$$M' = \begin{array}{ccc} \blacktriangle & \blacktriangle & \blacktriangle \\ & \blacktriangle & \end{array}$$

podemos leer allí una mejor representación. Podemos leer que M' representa $1+3$, pero también podemos leer que M' representa a $2+2$. De allí, entonces, que podamos concluir que $1+3 = 2+2$. Pero, también podemos leer que M' representa $4+0$, por lo que también concluimos que $1+3 = 4+0$, lo cual no estaba explícito en la primera información. M no parece representar bien $1+3$, pues no hay un análogo estructural entre el modelo y lo que indica el enunciado; ello lleva a que no tengamos acceso directo, no “leamos” en M lo que informa el enunciado. Pero M no es un buen modelo no porque los triángulos no sean adecuados; aquí la figura es irrelevante; lo que hace a M un mal modelo es que hay sólo tres figuras, por lo que la idea de que hay tres figuras a la que se adiciona otra figura no aparece en M . Lo que revela esto es que la construcción de un modelo es algo incierto y que requiere la búsqueda de criterios para considerar cuándo un modelo es adecuado. Modelar no es automático; no hay algoritmos para ello. Ello dependerá de si se logra o no que el modelo tenga una suficiente capacidad representadora análoga. Añade también Chandrasekaran que tampoco resultaría un buen modelo por ejemplo $M'' = \blacktriangle \blacktriangle \blacktriangle \blacktriangle \blacktriangle$. La razón de ello es la redundancia. Porque, si bien los 5 triángulos contienen la suma de cuatro triángulos, la presencia de 5 de ellos impide ver “directamente” y en forma nítida la idea de 4.

d) Finalmente, RBM depende del concepto de manipulación de modelos. Johnson-Laird, Nersessian y otros autores hacen hincapié en que RBM consiste, como primer paso, en la construcción de un modelo, y, en segundo lugar, en su manipulación para arribar a la conclusión. Inferir, en RBM, de acuerdo con B.Tversky (2005), es transformar información inicial pero no necesariamente mediante reglas, lo que puede conducir a aclarar qué se entiende por manipular en este contexto. La transformación de información puede en principio realizarse de muchas maneras. Por ejemplo, en el caso de las inferencias visuales, según el término usado por Tversky (2005),

un tipo de transformación es la rotación mental del modelo. Si, por ejemplo, un sujeto está ante dos figuras espaciales que representan modélicamente ciertos cuerpos reales y se le pregunta si el segundo modelo es el mismo que el primero pero sólo visto desde otro lugar, el sujeto requiere razonar. La forma en que el sujeto respondería a esto es “manipulando” mentalmente el primer modelo, rotándolo de varias maneras, para poder ver directamente si ambos coinciden. Una conclusión se la hace mediante esa intervención, tal que mediante el acceso directo se afirme algo que conserve la analogía estructural. En otros casos tal manipulación puede consistir simplemente en la consideración de propiedades del modelo para concluir de allí, merced al análogo estructural, en las propiedades del *representandum*.

La inferencia, según Tversky, es un proceso mental que se lleva a cabo mediante transformaciones de información inicial. Así, por ejemplo, inferir dónde estará ubicado un objeto en relación con la posición de un sujeto luego de que éste cambie de lugar es un proceso mediado por transformaciones espaciales que pueden ser, por ejemplo, rotaciones, cambios de posición, de tamaño, etc.

Si la cuádruple caracterización anterior es plausible, entonces debe poder responderse una pregunta que emerge en este punto. RBM, se ha sostenido, constituye un modo inferencial regido por un formato y por determinaciones diferentes a las lingüísticas. Entonces, ¿qué diferencia existe, si es que la hay, entre el razonamiento basado en modelo y los procedimientos conocidos como los diagramas de Venn-Euler o las denominadas inferencias heterogéneas (Faas y Urtubey, 2005)? Si estos últimos modos son estructuras inferenciales que operan sobre diagramas o esquemas de tipo visual, la distinción parece nula. Y en cierto sentido lo es.

Johnson-Laird afirma al respecto que “Ni los círculos de Euler ni los diagramas de Venn son modelos mentales *naturales*. Son sofisticadas notaciones matemáticas que dependen de mapeos de individuos de individuos dentro de un conjunto de puntos en un plano euclidiano” (Johnson-Laird, 1995:93). La cuestión parece radicar en cómo entender el término “natural”. La respuesta que se puede ofrecer es que la distinción entre RBM y un procedimiento diagramático tipo heterogéneo y de Venn radica en la idea de representación que está implicada en RBM. Así, si se considerara solamente el aspecto visual, esto es el hecho de que hay diagramas o esquemas de por medio que permiten sin duda la inferencia, la distinción se hace al menos borrosa, puesto que, en principio se podría aplicar al menos dos de la cuádruple naturaleza de RBM: la idea de manipulación y la idea de acceso directo y restando las otras dos determinaciones de

manera incierta. Es claro que en Venn se razona manipulando los diagramas y se razona accediendo directamente a lo que se ve.

Sin embargo, como se insinúa en el párrafo anterior, en la inferencia heterogénea y círculos de Venn parece estar ausente la idea de modelo precisamente. Esto es, un círculo de Venn, que está por una premisa, o un gráfico determinado sobre el que se razona, puede no ser representativo de nada en términos analógicos, donde esté presente la semejanza. Por ello, Johnson-Laird apuntaría a que no son gráficos “naturales” sino que más bien de tipo vicario-convencionales sin compromiso por reproducir selectivamente, de acuerdo con un fin, ciertos rasgos que se consideran relevantes por sobre otros. El razonamiento heterogéneo puede hacerse perfectamente sobre un gráfico conveniente sin que éste represente ningún rasgo del mundo, salvo que lo haga por convención, arbitrariamente.

Lo anterior deja el asunto de la siguiente manera: hay sin duda un “aire de familia” entre RBM y los razonamientos heterogéneos, mas no puede establecerse identidad entre ellos. Puede afirmarse que la relación es de inclusión: que RBM es un tipo específico de una clase mayor de razonamientos, los heterogéneos, aquel tipo en que hay un modelo; y un modelo en RBM exige un *representandum*. Y un gráfico puede ser adecuado pero arbitrario, sin compromiso representacional de una parte del mundo. Por otra parte, habría que agregar que en los razonamientos heterogéneos hay un carácter explícitamente físico, que son los diagramas; más en RBM también el modelo puede ser mental.

Otra pregunta que este enfoque debe poder responder es si RBM no se reduce, sin más, a un razonamiento analógico. La respuesta es, en términos generales, que la identificación entre analogía y RBM es un problema por analizar, pero que tiene al menos las siguientes reservas: a) RBM parece ser más analógico pero con la restricción de que exista carácter representacional, pero no convencional, del modelo; b) en cierto sentido RBM es más amplio que la analogía, por cuanto, como se ha dicho, puede haber deducciones, abducciones, analogías, sobre la base de modelos.

4. Conclusión

El razonamiento basado en modelos no sólo contiene un formato propio, distinto al proposicional, sino que significa una concepción diferente de lo que es el razonar mismo. En RBM no se opera sobre enunciados mediante reglas sino sobre elementos icónicos que seleccionan propiedades relevantes del objeto real, se basa en un acceso directo al modelo, en la idea de conservación estructural en la conclusión, y en la idea de manipulación.

A ello se refiere Johnson-Laird cuando afirma: “Es posible razonar válidamente sin lógica” (1995, 145). En el razonamiento proposicional hay relaciones entre enunciados; en RBM, en cambio, hay relaciones entre modelos, y entre enunciados y modelos. Tal vez sea el momento de recoger y reformular aquella intuición de los lógicos modernos: razonar es el “arte de pensar” y que trata con procesos mentales de los que los símbolos serían una exteriorización. La simbolización y matematización del razonar, mal que mal, es algo fundamentalmente del siglo XX.

Referencias Bibliográficas

- Alchourrón, C. (1995): “Concepciones de la lógica”, en Alchourrón et al editores, *Lógica*, Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía, N°7, Madrid, Trotta, pp. 11-47.
- Arnauld et Nicole (1992): *La Logique ou l'art de penser*, Paris, Gallimard.
- Bailer-Jones, D. (1999): “Tracing the Development of Models in the Philosophy of Science”, en Magnani, Nersessian y Thagard edits, *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*, N.York/Dordrecht, Kluwer, pp. 23-40.
- Craik, K. (1967): *The Nature of Explanation*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Chandrasekaran, B. (2006): “Diagrams as Physical Models to Assist in Reasoning”, en L.Magnani edit, *Model Based reasoning in Science and Engineering*, London, College Publications, pp 285-300.
- Etchemendy, J. (1999): *The Concept of Logical Consequence*, Cambridge, Leland Stanford University, CSLI Publications.
- Faas, H. y Urtubey, L. (editores) (2005): *Temas de razonamiento aproximado e inferencia heterogénea*, Centro de Investigaciones de la Facultad de Filosofía y Humanidades, Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba.
- Fisher, J. (2008): *On the Philosophy of Logic*, Thomson, Belmont.
- Garnham, A. y Oakhill, J. (2004): *Thinking and Reasoning*, Oxford, Blackwell.
- Giere, R. (1988): *Explaining Science; The Cognitive Approach*, Chicago, The University Of Chicago Press.
- _____ (1999): “Using Models to Represent Reality”, en L.Magnani et al. Edits, *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*, N.York/Dordrecht, Kluwer, pp 41-57.
- _____ (2004): “How Models are Used to represent Reality”, en *Philosophy of Science*, 71, p. 742-752.
- Giere, R. et al. (2006): *Undersanding Scientific Reasoning*, Belmont, Thomson, sexta edición.
- Goldman, A. (1986): *Epistemology and Cognition*, Cambridge, Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P. (1988): *The Computer and the Mind*, Cambridge, Harvard University Press.

- _____ (1991): “Mental Models”, en M.Posner edit, *Foundations of Cognitive Science*, Cambridge, MIT Press, pp 469-499.
- _____ (1995): *Mental Models*, Cambridge, Harvard University Press, sexta impresión.
- _____ (2006): “Mental Models, Sentential Reasoning and Illusory Inferences”, en C.Held et al, *Mental Models and the Mind*, Amsterdam/Boston, Elsevier, pp 27-51.
- Hemforth, B. y Konieczny, L. (2006): “Language Processing: Construction of Mental Models or More”, en C. Held et al. edits., pp. 189-204.
- Held, C. (2006): “Mental Models as Objectual Representations”, en Held et al. Edits, 2006.
- Held, C. et al edit., (2006a): *Mental Models and the Mind*, General Introduction, Amsterdam/Boston, Elsevier, pp. 5-19.
- Ibarra, A. y Mormann, Th. (2000): *Variedades de la representación en la ciencia y en la filosofía*, Barcelona, Ariel.
- Knuuttila, T. y Honkela, T. (2005): “Questioning External and Internal representation”, en Magnani y Dossena edits, *Computing, Philosophy and Cognition*, London, College Publications, pp. 209-226.
- Knauff, M. (2006): “A Neuro-Cognitive Theory of Relational Reasoning with Mental Models and Visual Images”, en C.Held et al. edits, *Mental Models and the Mind*, Amsternam/Boston, Elsevier., pp. 127- 152.
- Moulines, C.U. (1982): *Exploraciones metacientíficas*, Madrid, Alianza.
- Li Ping y Li Dachao (2006): “Scientific Cognition as Model-Based Reasoning”, en L.Magnani editor 2006. *Model Based Reasoning in Science and Engineering, Cognitive Science, Epistemology, Logic*, London, College Publications, pp. 51-65.
- Magnani, L. (2001): *Abduction, Reason and Science*, Dordrecht, Kluwer.
- Morrison, M. y Morgan, M. (1999): “Introduction” a Morrison y Morgan edits, *Models as Mediators*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 1-37.
- Nersessian, N. (2002): “The Cognitive Basis of Model-Based Reasoning in Science”, en P.Carruthers et al, edits, *The Cognitive Basis of Science*, Cambridge, Cambridge University Press, pp.133-153.
- _____ (2008): *Creating Scientific Concepts*, Cambridge, MIT Press.
- Piaget, J. (1967): *Psicología, Lógica y Comunicación*, Buenos Aires, Nueva Visión.
- Suárez, M. (1999) : “Theories, Models and Representations”, en Magnani et al. Edits. 1999, pp. 75-83.
- Suppes, P. (1988): *Estudios de Filosofía y metodología de la ciencia*, Madrid, Alianza.
- Tversky, B. (2005): “Visuospatial Reasoning”, en Holyoak y Morrison edits, *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 209-240.
- Vosgerau, G. (2006): “The Perceptual Nature of mental Models”, en C.Held 2006 et al. Edits. pp. 255-275.