

RAZONAMIENTO ANALÓGICO Y MODELADO EN LAS CIENCIAS¹

(In: Duarte, A.; Rabossi, E. (orgs.) *Psicología cognitiva y filosofía de la mente: pensamiento, representación y conciencia*. Buenos Aires: Alianza, 2003, pp. 55-98)

Paulo Cesar Coelho Abrantes

RESUMEN. Este artículo busca integrar el trabajo sobre razonamiento analógico en Ciencia Cognitiva con el gran interés filosófico que ha habido, en este siglo, por el razonamiento analógico como base para el modelado científico. En la primera parte del artículo, se presentan tres simulaciones del razonamiento analógico propuestas en ciencia cognitiva: el programa de proyección de la estructura de Gentner, el programa COPYCAT de Mitchel y Hofstadter y el programa de establecimiento de correspondencias por restricciones analógicas de Holyoak y Thagard. Se destacan las diferencias y los puntos de controversia de estas simulaciones, de tal forma de hacer explícitos sus supuestos en relación a la naturaleza del razonamiento analógico. En la última parte, se aplica este debate en ciencia cognitiva a algunas teorías filosóficas tradicionales sobre las analogías formales y materiales como bases para el modelado científico, como la de Mary Hesse, y a algunas otras más recientes, que ya han tomado elementos del trabajo en inteligencia artificial, como la propuesta por Aronson, Harré y Way.

PALABRAS CLAVE: razonamiento analógico, modelado científico, descubrimiento científico, heurísticos

1. INTRODUCCIÓN

En este siglo ha habido un gran interés en el razonamiento analógico como base del modelado científico. La idea de que las "analogías" proveen guías para la construcción y el desarrollo de teorías se remonta a Campbell (1920). La tesis de que las analogías son constitutivas de las teorías científicas tuvo su resurgimiento en los cincuenta como parte de las críticas que surgieron contra la "explicación semántica" de los modelos científicos que daba el empirismo lógico. Críticos como Toulmin y Hesse señalaron que esta explicación no captaba uno de los roles que los modelos desempeñan en la ciencia: el de proveer guías para el desarrollo de teorías. En los sesenta, nos encontramos que muchos otros filósofos argumentan a favor del mismo punto: Achinstein, Harré, McMullin y Swanson, entre otros.

Las críticas a la "explicación semántica" de los "modelos" eran a menudo enunciadas en términos de un "significado agregado" o un "contenido agregado" asociado con los modelos, el que introduciría una asimetría en la relación entre el modelo y la teoría,

¹ La presentación en el "Coloquio Internacional sobre temas Actuales de Psicología Cognitiva y Filosofía de la Mente" se basó en mi artículo "Analogical reasoning and modelling in the sciences" publicado en

contrariamente a la simetría presupuesta por la explicación "formal" de esta relación (como en las explicaciones dadas por Braithwaite o Hempel). Se argumentaba que para que un modelo pueda jugar el papel de "guía" para el desarrollo de una teoría, tiene que compartir con la teoría más que una estructura sintáctica común. Este es el motivo fundamental de la distinción que hace Hesse entre analogías "formales" y "materiales" (la que se encuentra también en otros filósofos).

Ha habido recientemente un gran interés por el razonamiento analógico en los campos de la Ciencia Cognitiva (CC) y la Inteligencia Artificial (I.A.). Se han propuesto varias simulaciones del razonamiento analógico como proceso cognitivo humano, y se han hecho también aplicaciones del razonamiento analógico en la I.A. como heurísticos de solución de problemas. Más allá de esta prolífica actividad, existe aún mucha controversia en relación a la naturaleza del razonamiento analógico, al papel que juega el mismo en la cognición, y a cuáles son los procesos fundamentales implicados en la realización de analogías y su implementación computacional.

Este debate plantea por sí solo muchas cuestiones filosóficas interesantes. En este artículo haré explícitos algunos de estos problemas y haré uso del debate para retomar algunas discusiones, existentes entre algunos filósofos de la ciencia, acerca del rol heurístico de las analogías en el modelado científico. Existen seguramente dificultades para conectar enfoques interesados, por un lado, por el rol que el razonamiento analógico desempeña en la metodología científica y, por el otro, por su papel en la cognición y los sistemas computacionales. Sin embargo, existe un interés común en el proceso analógico como sostén de heurísticos confiables de solución de problemas, así como proceso subyacente a la creatividad, la dinámica conceptual y el aprendizaje.²

Este artículo consta de dos partes. En la primera, presentaré tres simulaciones del razonamiento analógico que se han propuesto en la Ciencia Cognitiva: el programa de proyección de la estructura de Gentner (en adelante SME, por *Structure Mapping Engine*), el programa COPYCAT de Mitchel y Hofstadter, y el programa de establecimiento de correspondencias por restricciones analógicas (en adelante ACME, por *Analogical Constraint Mapping Engine*), una simulación propuesta por Holyoak y Thagard. Las

Foundations of Science, v. 4, n.3, pp. 237-270, 1999, que aquí se reproduce con autorización de los editores.

² Un ejemplo reciente de esta convergencia de intereses es Dartnall (1994).

diferencias entre estas simulaciones revelan de forma explícita muchos de los puntos de controversia que son discutidos en este área. En la segunda parte, sugeriré que estos problemas también surgen en el contexto de las teorías filosóficas sobre las analogías formales y materiales como bases para el modelado científico.

En la literatura proveniente de la I.A. y la Ciencia Cognitiva, existe un consenso respecto a que el razonamiento analógico puede ser subdividido en (al menos) los siguientes subprocesos: a) *recuperación* (o selección) de un análogo fuente (entre un número de posibilidades disponibles en una base de conocimientos), dada una representación (parcial) del análogo objetivo; b) *establecimiento de correspondencias* entre las representaciones del análogo fuente recuperado y el análogo objetivo; c) *transferencia* desde el análogo fuente al análogo objetivo de la estructura y el contenido semántico excedente en el primero.³

En un contexto de solución de problemas el establecimiento de correspondencias inicial constituye la base para la transferencia al dominio objetivo de una solución hipotética al problema que se enfrenta. En ciencia, típicamente enfrentamos "problemas empíricos": tenemos fenómenos, de ciertos dominios, que queremos comprender o explicar. Esto presupone normalmente un lenguaje teórico que es establecido a través de la exploración, la extensión, y la modificación de recursos simbólicos y conceptuales, por lo general desarrollados para o asociados con otros dominios de fenómenos.

El esquema: recuperación, establecimiento de correspondencias, etc., no tiene nada asociado específicamente con las analogías. Puede ser visto simplemente como un esquema general de los procesos involucrados en la exploración de conocimientos previos: dado un cierto problema, *recuperar* conocimiento disponible adecuado para resolverlo; *manipular* el análogo fuente para adaptarlo al problema (objetivo); *aplicar* la representación resultante para resolver el problema objetivo. Una teoría sobre las analogías tiene que caracterizar aquello que es específicamente "analógico" en estos sub-procesos, haciendo explícitas las restricciones particulares que se aplican a cada uno de éstos.

³ En realidad, otros dos sub-procesos son también discutidos en la literatura: d) *evaluación* del establecimiento de correspondencias y las inferencias basadas en éste; e) *consolidación* del proceso analógico a través de la abstracción de un esquema de razonamiento o estructura abstracta para un uso futuro. Para una

Las implementaciones computacionales que discutiremos se pretenden psicológicamente realistas, esto es, han sido propuestas como simulaciones del razonamiento analógico como proceso cognitivo (humano). Sus defensores están por lo tanto comprometidos a basarlas en evidencia empírica relativa a cómo la gente hace analogías. No estoy aquí interesado en cuán buenas son estas simulaciones con respecto a la evidencia empírica existente, sino más bien en destacar las presuposiciones acerca de la naturaleza de las analogías, y sus implicaciones para el análisis y la implementación de los procesos implicados en la realización de analogías.

2. GENTNER: LAS ANALOGÍAS COMO PROYECCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Varias implementaciones computacionales presuponen que el razonamiento analógico es esencialmente una clase de establecimiento de correspondencias basado en la *estructura* compartida por las representaciones de los dominios fuente y objetivo.

El programa SME de Gentner es, si algún programa puede serlo, una implementación "pura" de esta intuición. Esta autora afirma que una *analogía* es un tipo de establecimiento de correspondencias que desatiende las similitudes "superficiales" entre las representaciones fuente y objetivo, esto es, cualquier comunidad al nivel de atributos de objeto. Las correspondencias analógicas se basan únicamente en la información relacional codificada en las representaciones.

En primer lugar, es importante proveer una idea acerca del formato representacional utilizado por Gentner. Un supuesto básico de su teoría se refiere a que un "dominio" puede ser representado en términos de objetos, propiedades de objeto, relaciones existentes entre objetos, y funciones, las que emparejan un objeto con otro objeto o una constante.

En SME, el conocimiento es representado por "redes proposicionales" de nodos y predicados. Los nodos representan objetos (o, si se prefiere, sus conceptos), y los predicados, al ser aplicados a estos nodos, generan proposiciones (Gentner, 1982, p. 108; Gentner y Gentner, 1983, p. 102). Las *propiedades* de los objetos son representadas por predicados de un argumento, y las *relaciones* son representadas por predicados de dos o más argumentos.

revisión detallada de la investigación en IA en relación a cada sub-proceso, véase Hall (1989). Véase también Kedar-Cabelli (1988); Holyoak et al. (1989).

El *orden* de una relación juega un importante papel en la teoría de Gentner. Las relaciones de *primer orden* son representadas por predicados que toman dos o más objetos como argumentos. Las relaciones de *segundo orden* son representadas por predicados que toman como argumentos proposiciones, otros predicados o funciones. Un ejemplo de relación de orden superior son las relaciones causales.

El mayor aporte de Gentner ha consistido en distinguir el establecimiento analógico de correspondencias de otros tipos de correspondencias que pueden ser llevadas a cabo entre un dominio fuente y un dominio objetivo. Cada tipo de establecimiento de correspondencias está basado en clases específicas de similitudes que están implicadas en este sub-proceso del procesamiento analógico. Gentner sitúa estos diferentes tipos de similitudes en un "espacio de similitud" que tiene como coordenadas los atributos (predicados de un sólo lugar) y las relaciones (predicados de dos o más lugares), compartidos por los análogos fuente y objetivo.

- a) Una *analogía* es definida como un tipo de establecimiento de correspondencias en el que la información relacional es transferida desde el dominio fuente hacia el dominio objetivo, independientemente de cualquier parecido superficial que haya entre los objetos fuente y objetivo a nivel de sus atributos. Las similitudes entre las propiedades de objeto (cualidades superficiales/"perceptuales") son desconsideradas y el establecimiento de correspondencias se basa en la similitud (o identidad) de relaciones: "Las entidades y las funciones son puestas en correspondencia con otras entidades y funciones sobre la base de las estructuras relacionales a las que pertenecen" (Gentner, 1989, p. 209). El ejemplo que desarrolla Gentner en varios artículos se refiere a la analogía entre el átomo de hidrógeno y el sistema solar.⁴
- b) El segundo tipo es un establecimiento de correspondencias de *similitud literal*, en el que tanto los atributos (similares o idénticos) como las relaciones son puestos en correspondencia. No es sorprendente que los ejemplos dados se refieran a

⁴ Holyoak y Thagard argumentan que esta analogía no tuvo importancia histórica para el descubrimiento del "modelo" del átomo de Rutherford-Bohr. Y aparentemente esto también ocurre con otro ejemplo que encontramos en la literatura, la analogía entre la estructura molecular de los gases y las bolas de billar (1995, p. 189; cf. Campbell, 1920).

- correspondencias en las que el análogo fuente y el análogo objetivo son del mismo dominio, e.g., "el átomo de helio es como el átomo de neón" (Gentner, 1982, p. 110).
- c) El establecimiento de correspondencias que Gentner llama un "*emparejamiento de mera apariencia*" está basado en atributos de objeto (perceptos). Un ejemplo que da es "la mesa de cristal brillaba como el agua" (1989, p. 206).
 - d) La *abstracción* es una clase de establecimiento de correspondencias en la que el análogo fuente es una estructura abstracta (una teoría matemática, por ejemplo) que se aplica a un dominio particular. En este caso, en la medida en que el análogo fuente es abstracto "ninguna propiedad de objeto concreta es dejada atrás en el establecimiento de correspondencias" (Gentner, 1989, p. 208). El ejemplo dado es "el flujo de calor es una variable de atravesamiento" (Gentner, 1989, p. 206).
 - e) La *metáfora* se solapa en un extremo con la "analogía" y en el otro extremo con los "emparejamientos de mera apariencia".

Las restricciones del establecimiento de correspondencias *analógico* son, en la teoría de Gentner, la consistencia, la validez en el dominio objetivo, y la sistematicidad. La *consistencia estructural* especifica que cada objeto en el análogo fuente sea asignado a un y sólo un objeto en el análogo objetivo.⁵ La validez en el dominio objetivo se refiere a la propiedad de una analogía para minimizar contradicciones entre las relaciones del dominio fuente y las correspondientes relaciones en el dominio objetivo.⁶ La *sistematicidad* especifica que el establecimiento de correspondencias debe ser de jerarquías relacionales completas, "gobernadas por relaciones de orden superior con importancia inferencial, antes que de predicados aislados" (Gentner, 1989, p. 201).⁷

⁵ Existe un importante desacuerdo en la literatura en relación a la restricción *estructural*. Varios teóricos de las analogías consideran que, como hemos dicho, es muy restrictivo y eliminaría, si fuese aplicado, la posibilidad de muchas analogías que podrían demostrar tener un importante valor heurístico. Owen (1990) y Bartha (1995) apoyan esta afirmación con ejemplos del ámbito matemático. La posición de Holyoak y Thagard en relación a este problema no es del todo clara (1995, p. 258; cf. pp. 5-6).

⁶ Cf. Palmer (1989, pp. 336-7).

⁷ Estas restricciones funcionan como mecanismos de selección, mientras que el conocimiento disponible acerca del dominio objetivo desempeña un papel fundamental en averiguar cuáles son las correspondencias

Ahora bien, Gentner define a las analogías como un establecimiento de correspondencias de relaciones *idénticas* pertenecientes a los dominios fuente y objetivo. Los objetos del análogo fuente y el análogo objetivo son puestos en correspondencia en base a las relaciones (comunes) que mantienen, y no en base a sus atributos compartidos. Los objetos desemejantes en los dominios fuente y objetivo (esto es, los objetos que no comparten ninguna propiedad) son puestos en correspondencia unos con otros si son argumentos de relaciones idénticas. Si se quiere, son puestos en correspondencia cuando desempeñan los mismos "roles" en sus sistemas respectivos. Las correspondencias analógicas tienen, entonces, la siguiente forma:

$$M: [R (b_i, b_j)] \rightarrow [R (t_i, t_j)]$$

en la que b_i y b_j representan los objetos fuente, t_i y t_j los objetos objetivo, y R la relación idéntica (Gentner y Gentner, 1983, p. 104).

En la teoría de Gentner, un establecimiento analógico de correspondencias debe dar preferencia por otra parte a sistemas de relaciones conectadas, esto es, a relaciones de orden superior. La restricción principal sobre el establecimiento *analógico de correspondencias* es la de "sistematicidad" (Gentner, 1989). Formalmente tenemos que:

$$M: [R'(R_1 (b_i, b_j), R_2 (b_k, b_l))] \rightarrow [R'(R_1 (t_i, t_j), R_2 (t_k, t_l))]$$

(Gentner y Gentner, 1983, p. 104).

La restricción de sistematicidad "filtra" sólo la información *estructural* sobre los dominios fuente y objetivo. En una situación típica, tenemos más estructura representada en el dominio base que en el dominio objetivo. Se supone que la puesta en correspondencia de una estructura común (parcial) entre ambos dominios otorga plausibilidad a la "exportación", esto es, a la *transferencia* de esta estructura excedente (predicados

adecuadas. (Estamos excluyendo el caso extremo de "pura exportación", en el que ningún conocimiento acerca del dominio objetivo está inicialmente disponible.) Véase Gentner (1989, p. 202).

relacionales de nivel superior) desde el análogo fuente al análogo objetivo (Gentner, 1989, p. 202).

La intuición básica que está detrás de la teoría de Gentner sobre el establecimiento de correspondencias analógico consiste en que los "atributos" tienden a ser específicos de dominio, mientras que la "estructura" no. Así, si se quiere transferir conocimiento entre dominios, debe apostarse por la existencia de una estructura común, representada por una red interconectada de relaciones.

La teoría de Gentner y su implementación presenta varios problemas. El primer problema tiene que ver con la *sensibilidad a una representación particular*. SME es un programa *sintáctico*: el establecimiento de correspondencias entre el análogo fuente y el análogo objetivo se realiza independientemente de consideraciones semánticas o pragmáticas. Los símbolos (que representan predicados, relaciones, funciones) no "significan" nada. Éstos parecen significativos para nosotros, en los ejemplos dados, debido a que las palabras utilizadas son tomadas de un lenguaje natural! Sólo su forma (y no su contenido) es relevante para el establecimiento de correspondencias.

El carácter sintáctico de SME puede ser visto como una ventaja, en la medida en que las restricciones que se utilizan en el establecimiento de correspondencias no presuponen ningún conocimiento general o específico de dominio. Estas restricciones pueden ser implementadas como procedimientos generales que pueden ser aplicados a cualquier dominio, una vez que nos hemos hecho con las representaciones necesarias. Empero, por la misma razón, la teoría tiene un serio defecto: su sensibilidad inherente al modo particular en el que los dominios fuente y objetivo son representados (por el programador).⁸

Esta crítica es realizada a veces de forma incluso más enfática: en la simulación de Gentner, las representaciones del análogo fuente y el objetivo son especialmente "confeccionadas" para adelantar al programa las correspondencias "correctas". Las correspondencias son, para decirlo de algún modo, construidas por el programador en las representaciones mismas.⁹ Si no supiéramos por adelantado cuáles son los predicados relevantes o las correspondencias más adecuadas, las formas particulares en las que los dominios fuente y objetivo son representados parecerían completamente arbitrarias. Si

⁸ Palmer (1989, pp. 337-9) también señala este hecho.

⁹ Véase Dierbach et al. (1991); Bartha (1994, pp. 58, 78); Palmer (1989); Hofstadter (1995, p. 182).

cambiásemos las representaciones, serían posibles diferentes correspondencias (o ningunas en absoluto), dadas sólo las restricciones sintácticas propuestas por Gentner.

Otro problema con la implementación de Gentner se relaciona con la *identidad sintáctica de predicados*: el programa no pondrá en correspondencia predicados que no sean sintácticamente idénticos, lo cual es muy restrictivo. Si estamos interesados en hacer analogías entre objetos y procesos de dos dominios diferentes, debería ser posible poner en correspondencia descripciones diferentes, utilizando predicados diferentes.¹⁰

Este defecto de SME puede ser visto, nuevamente, como un caso especial del problema general relativo a que los criterios simplemente sintácticos son sensibles, obviamente, al modo particular en que los dominios son representados. Una solución a este problema consistiría en asentar el establecimiento de correspondencias no en la sintaxis, sino en la semántica: diferentes predicados podrían ser emparejados si representasen *conceptos* iguales o similares. Veremos más abajo cómo es implementada esta idea por otras simulaciones del proceso de realización de analogías.

Los dos problemas descritos más arriba pueden ser vistos como consecuencias del hecho de que la teoría de Gentner sobre las analogías pasa por alto completamente el problema de la *construcción de representaciones*. Las representaciones del análogo fuente y el análogo objetivo son dadas como *inputs* al programa de emparejamiento, y no cambian durante el proceso de establecimiento de correspondencias. Gentner no ve esto como un problema ya que considera que el asunto de cómo las representaciones son construidas, aunque es una cuestión importante, no está intrínsecamente relacionada con el problema de definir la naturaleza del razonamiento analógico. Un arquitectura completa para el razonamiento analógico debería mantener separados los módulos que tratan estos dos procesos (construcción de representaciones y establecimiento de correspondencias).

Se ha argumentado, no obstante, que la construcción de representaciones no puede ser separada del establecimiento de correspondencias en el razonamiento *analógico*. El problema real para una teoría sobre analogías sería el de dar una explicación de la construcción de representaciones y el establecimiento de correspondencias como procesos

¹⁰ Predicados diferentes pueden, en realidad, tener el mismo significado (ser dos representaciones del mismo concepto) o el mismo predicado puede ser utilizado, en diferentes dominios, para representar diferentes conceptos.

entrelazados. Desde este punto de vista, una teoría de las analogías no puede estar basada puramente en restricciones sintácticas.¹¹ Este es el supuesto principal que subyace al programa de Mitchell sobre "realización de analogías", COPYCAT. Antes de presentarlo, quisiera referirme brevemente a otra simulación del razonamiento analógico, la que utiliza conocimiento semántico para resolver algunos de los problemas que surgen en las teorías sobre analogías basadas en restricciones sintácticas puramente.

3. LA SIMULACIÓN DE HOLYOAK Y THAGARD

La intuición de que las analogías consisten en un establecimiento de correspondencias basado en la estructura compartida entre dos representaciones es también central para otra simulación computacional del razonamiento analógico, ACME, propuesta por Holyoak y Thagard. Estos autores distinguen tres tipos de correspondencias entre objetos: a) correspondencias de atributos; b) correspondencias de relaciones; y c) correspondencias de sistemas.

Una correspondencia de *atributos*, un tipo muy simple de emparejamiento, es aquella en la que dos objetos son apareados debido a que comparten las mismas propiedades (esto es, debido a que son representados como argumentos en las mismos predicados de un solo lugar). Este tipo de correspondencia no es considerado en general tan revelador como las correspondencias *relacionales*. En estas últimas, los objetos de diferentes dominios son

¹¹ Puede argumentarse, no obstante, que Gentner no estaba en realidad interesada en dar una explicación de cómo construimos representaciones cuando "percibimos una analogía, dadas diferentes 'presiones', sino más bien en cómo entendemos una analogía que ya ha sido realizada entre dos dominios. Morrison (1994) argumenta que el enfrentamiento entre las teorías de Gentner y Mitchell surge a partir de un malentendido fundamental relativo a los propósitos de cada teoría. En realidad, las teorías abordan diferentes problemas. La teoría de Genter es una teoría (normativa) acerca de lo debería considerarse en la realización de correspondencias analógicas (y la implementación que propone refleja esta teoría sobre la naturaleza de una analogía; véase Gentner, 1989, p. 223). Esto explica por qué, en su implementación del establecimiento de correspondencias analógico, las representaciones de los análogos fuente y objetivo son dados y se mantienen inalterados durante el procesamiento. Mitchell, en cambio, se halla interesada en cómo las representaciones (de los análogos fuente y objetivo) son generadas en primer lugar, y cómo son transformadas subsecuentemente. Si la interpretación de Morrison es correcta, la teoría de Gentner no tiene nada que aportar a los efectos de dar cuenta de la analogía como estrategia constructiva para extender nuestro conocimiento y conceptos para explicar nuevos dominios de experiencia.

emparejados debido a que están relacionados "de la misma forma" (debido a que juegan los mismos roles en sus respectivas estructuras). Con el mismo espíritu que la restricción de "sistematicidad" de Gentner, las correspondencias de *sistemas* son consideradas el tipo más revelador de establecimiento de correspondencias, debido a que están basadas en relaciones de alto nivel. En las correspondencias de sistemas, el emparejamiento de estructuras completas tiene prioridad sobre el de relaciones aisladas.¹²

En realidad, Holyoak¹³ afirma que el razonamiento analógico involucra múltiples restricciones. La "estructura" es considerada una restricción "interna" en el razonamiento analógico. Lo que distingue a la implementación de Holyoak de la de Gentner es el papel desempeñado por otras dos restricciones "externas": "similitud" y "propósito".

El programa de establecimiento de correspondencias en la implementación de Holyoak, ACME, es capaz de emparejar diferentes tipos de predicados sobre la base de la *similitud semántica* de los conceptos que representan. Esto presupone que el programa/agente cognitivo tiene acceso a (o es provisto de) una red de conceptos (guardados en la memoria de largo plazo).¹⁴

La similitud entre dos conceptos es determinada por su cercanía en la red semántica en la que están incluidos. Las teorías puramente sintácticas sobre las analogías, como la de

¹² Holyoak y Thagard afirman que la habilidad para representar conocimiento explícitamente en varios niveles de abstracción es una condición necesaria para el pensamiento analógico: "La capacidad de pensamiento proposicional explícito es un requisito esencial para el tipo de abstracción que se necesita para el pensamiento analógico" (Holyoak et al., 1995, p. 25). Los autores argumentan que, sin un lenguaje, un sistema cognitivo es incapaz de representar un dominio de forma adecuada para realizar el tipo de emparejamientos requeridos en el razonamiento analógico (Holyoak et al., 1995, cap. 3). No me interesaré en este artículo por esta fuerte postura simbólica en la explicación del razonamiento analógico.

¹³ En adelante mencionaré sólo al primero de los dos autores del libro *Mental Leaps*.

¹⁴ Podría argumentarse que la categorización está basada en emparejamientos de atributos. No obstante, existe una interacción entre conceptos y similitud (la que se puede presentar para cierta gente como un problema de "qué es primero, el huevo o la gallina"). Una afirmación fundamental de una teoría sobre los conceptos consiste en que éstos se forman en base a juicios de similitud. Pero los conceptos y el modo en que están representados y almacenados en la memoria constituyen una base fundamental para percibir similitudes entre objetos. Holyoak et al. (p. 22) formulan el problema de la siguiente manera: "El gran problema para la ciencia cognitiva consiste en cómo explicar por qué ciertas similitudes son utilizadas para formar conceptos, y cómo los conceptos a su vez alteran los juicios de similitud". Véase también Rips (1989, p. 22 y p. 55, nota 1).

Gentner, no pueden tratar con casos como éste (ya que los juicios de similitud presuponen conocimiento del mundo, representado, por ejemplo, por una red semántica o alguna jerarquía de tipos).

Otra diferencia entre la implementación de Holyoak y la de Gentner consiste en el papel que juegan los objetivos del agente en el proceso de razonamiento analógico. Si el agente analógico tiene como meta generar una *explicación* para un fenómeno dado, podemos entonces esperar que las relaciones causales jueguen un rol privilegiado en el establecimiento de correspondencias. Si el agente tiene metas "prácticas", como la *resolución de un problema*, la *planificación*, o la *toma de decisiones*, otros tipos de relaciones serán favorecidas, y el agente cognitivo generará otras correspondencias. El razonamiento analógico en el campo de las matemáticas, por ejemplo, daría mayor importancia a relaciones como "implica" que a relaciones causales.¹⁵

El programa ACME de Holyoak es sólo un programa de establecimiento de correspondencias (como el programa SME de Gentner). No obstante, Holyoak aborda también el sub-proceso de "recuperación" del razonamiento analógico, con un programa de recuperación, ARCS (por *Analog Retrieval by Constraint Satisfaction*). Sus autores proveen a la computadora de un enorme tesoro electrónico de palabras inglesas, Wordnet, el que tiene organizadas las palabras (supuestamente) de la forma en que sus conceptos asociados están organizados en la memoria humana. La memoria de largo plazo de la computadora es, entonces, provista con una red semántica de conceptos. La recuperación (o selección) de un análogo fuente es realizada a través de la similitud de conceptos y también a través del emparejamiento de estructuras.

Las implementaciones de Gentner y Holyoak del razonamiento analógico tienen, no obstante, un punto común importante: el hecho de que las representaciones de los análogos fuente y objetivo son codificados a mano por el programador y no emergen como una parte constitutiva de la realización de analogías en sí. La siguiente simulación aboga por un alejamiento radical de cualquier concepción de las analogías que separe el establecimiento de correspondencias de la construcción de representaciones.¹⁶

¹⁵ Véase Holyoak et al. (1995, p. 271).

¹⁶ Lo que yo llamo "construcción de representaciones" no debería ser confundido con el sub-proceso de recuperación analógica. No tendré mucho que decir acerca de la recuperación de un análogo en este artículo.

4. COPYCAT DE MITCHELL

Mitchell y Hofstadter desarrollaron un programa, llamado COPYCAT, en relación al cual afirman que “es capaz de descubrir analogías reveladoras” en un mundo idealizado, compuesto por series de letras. Si se compara este programa con las simulaciones presentadas previamente, se halla en este punto una gran diferencia, ya que éstas no están limitadas a un microdominio y pretenden simular el razonamiento analógico tal como tiene lugar en situaciones “del mundo real”.

COPYCAT hace uso del conocimiento acerca de un mundo particular para realizar analogías entre un análogo fuente y un análogo objetivo. Este conocimiento es incorporado en una red conceptual con ciertos sesgos que restringen la aplicación de conceptos durante la realización de analogías en el referido mundo de letras.

A primera vista esto podría parecer un compromiso muy limitante, pero los autores están intentando simular algo que suponen que es común a varios procesos cognitivos de alto nivel: la “fluidez de conceptos”. Afirman que la “percepción de alto nivel” está implicada en uno de los procesos en los que la “fluidez de conceptos” es especialmente importante: la construcción de representaciones. La codificación de datos en bruto a través de la percepción es “flexible” debido a que es sensible al contexto y a las influencias “de arriba-abajo” desde los esquemas conceptuales del agente cognitivo (Hofstadter et al., 1995, p. 172).

Mitchell afirma que, en lo que a esto se refiere, existe un parecido entre la percepción e “incluso los actos mentales más abstractos y sofisticados” (Hofstadter et al., 1995, p. 210), como el razonamiento por analogía (Hofstadter et al., 1995, p. 179). Esta autora tiene en mente las limitaciones de la simulación de Gentner del razonamiento analógico, en el sentido de que ésta no aborda la asociación intrínseca entre el establecimiento de correspondencias analógico y la construcción de las representaciones de los dominios fuente y objetivo.

Sólo debería mencionar aquí que Gentner (como Holyoak) proponen también mecanismos computacionales para dar cuenta de la recuperación. Hemos visto que en la propuesta de Holyoak (ARCS), pero no en la de Gentner, la “similitud semántica” juega un papel en la recuperación de un análogo fuente adecuado, dado un

Hofstadter hace esta señalización en el contexto de una crítica general a las implementaciones computacionales de los procesos cognitivos que hace la I.A. Este autor argumenta en contra de “el punto de vista objetivista de la percepción y de las representaciones de objetos, situaciones y categorías”, prevaleciente en la comunidad de la IA. En general, estas implementaciones dan por supuesto “...que es posible modelar procesos cognitivos de alto nivel independientemente de los procesos perceptivos” (Hofstadter et al., 1995, pp. 176, 181-5, 282).¹⁷

Sólo puedo ofrecer aquí un somera descripción de cómo funciona COPYCAT. No es mi intención entrar en los detalles de su implementación (incluso la descripción de la arquitectura, admito, será esquemática). Mi propósito consiste en hacer explícita la teoría de las analogías que es implementada en la arquitectura.

Analicemos un ejemplo típico de realización de analogías de COPYCAT en el dominio de las series de letras. COPYCAT resuelve típicamente el siguiente tipo de problemas: “Suponga que la serie de letras **aabc** se transforma en **aabd**; cómo cambiaría usted la serie de letras **ijkk** ‘de la misma forma’ “ (Hofstadter et al., 1995, p. 206).

El señalamiento fundamental que Mitchell quiere hacer (en adelante la contribución central de Hofstadter al desarrollo de COPYCAT no será mencionada explícitamente) es que este problema admite una variedad de respuestas. Dependerá del modo en que las series sean “percibidas” (conceptualmente codificadas o representadas), dadas diferentes “presiones”.

Una respuesta al problema podría ser la serie: **ijkl**. Aquí, la regla “reemplazar la letra de más a la derecha por su sucesor alfabético”, la que describe la transformación de la primera serie en la segunda en el análogo fuente, es aplicada “literalmente” (esto es, sin modificaciones o “deslizamientos”) al dominio objetivo para obtener la serie que hace falta. Esta respuesta no es completamente satisfactoria, debido a que no tiene en cuenta un aspecto del contexto, a saber, la duplicación de la letra K en la serie objetivo. Una vez que esta “presión” es percibida, una respuesta mejor sería **ijll**. Ahora el grupo KK es percibido

análogo objetivo (Thagard, 1992, p. 24). En cualquier caso, la siguiente simulación del razonamiento analógico tampoco aborda el sub-proceso de recuperación.

¹⁷ Cf. Bartha (1994, p. 58, 78); Dierbach et al. (1991). En relación a la flexibilidad del pensamiento conceptual, véase Clark (1993, cap. 4).

como un objeto simple (un “grupo de mismidad”) y puesto en correspondencia con la letra C en la serie fuente. Con base en esta correspondencia, la regla previa puede ser modificada dejando que el concepto de “letra de más a la derecha” se *deslice* en el concepto de “grupo de más a la derecha”.

No obstante, otra clase de respuestas pueden ser logradas si la duplicación de la letra A en la serie fuente es percibida como destacada por la duplicación de la letra K en la serie objetivo. Esta presión “contextual” puede dirigir nuestra atención al hecho de que el grupo **aa** juega un rol similar en la serie base al rol que juega el grupo **kk** en la serie objetivo. Estos dos “grupos de mismidad” pueden ser puestos en correspondencia sobre las bases de su *similitud de roles*: más a la izquierda ↔ más a la derecha. Dada esta percepción, otra respuesta podría ser entonces **jjkk**, a la que se llega a través de la traducción de la regla original como la regla “reemplace la letra de más a la izquierda por su sucesor alfabético”. Aquí el concepto “letra de más a la derecha” se desliza en el concepto “letra de más a la izquierda”. Otra respuesta podría también ser dada si se deja que tenga lugar un deslizamiento del concepto “sucesor” en el concepto “predecesor” (dada una percepción diferente de las simetrías involucradas en el análogo fuente): **hjkk**.

De esta forma, diferentes soluciones son posibles en diferentes contextos y también a través de la percepción de similitudes entre el análogo fuente y el análogo objetivo *a diferentes niveles de abstracción*. Se trata de diferentes presiones que restringen las soluciones. Las presiones “de abajo-arriba” surgen del “contexto”, esto es, objetos o estructuras¹⁸ particulares en una serie son destacados por los objetos o estructuras percibidas en otras series. Si cambiásemos una de estas series, esto cambiaría las probabilidades de construir objetos particulares y realizar correspondencias específicas.

Por ejemplo, si en el ejemplo dado la serie objetivo fuera simplemente **ijk**, entonces en este contexto **ijl** podría constituir perfectamente una buena respuesta al problema. La correspondencia de la letra K y la letra A en la serie fuente (basada en el deslizamiento “letra de más a la derecha” → “letra de más a la izquierda”) no se impondría a nuestra percepción.

¹⁸ Una “estructura” es aquí un objeto construido por codificadores (veáse más abajo) a través de la unión de letras elementales.

Más allá de las presiones “abajo-arriba”, existen presiones de “arriba-abajo” que presuponen conocimiento almacenado acerca del micro-mundo de las series de letras. Estos sesgos de “arriba-abajo” incluyen no sólo la mayor o menor disponibilidad de ciertos conceptos particulares y su grado de activación, sino también la topología de la red semántica en la que están incluidos. Veremos que estos enlaces permiten o favorecen ciertos deslizamientos a los efectos de adaptar la situación descrita en el dominio fuente a una situación/contexto diferente en el dominio objetivo. Un sesgo de “arriba-abajo” importante consiste en un privilegio reconocido a la instanciación de conceptos “más profundos”, esto es, más abstractos. Este sesgo favorecerá la percepción de similitudes en niveles superiores de abstracción.

Por ejemplo, en este ejemplo, sería considerada como una “mala” respuesta la aplicación de la regla “reemplazar la letra de más a la derecha por la letra D” en la serie objetivo, para generar la serie **ijkd**. Esta respuesta sería considerada demasiado “literal” en la medida en que instancia el concepto de un objeto, D, en vez de un concepto relacional, ‘sucesor alfabético’, que es un concepto más abstracto.

4.1. La arquitectura de COPYCAT

La arquitectura de COPYCAT incluye tres componentes: la *Slipnet* (la “red de deslizamientos”), el *Workspace* (el “espacio de trabajo”) y la *Coderack* (la “plataforma de codificadores”).¹⁹ La *Slipnet* es una red “platónica” de conceptos. Sus nodos están asociados con “tipos” de objetos y relaciones. Contiene el conocimiento que el realizador de analogías tiene acerca del mundo de letras. El *Workspace* es el “lugar de la *actividad perceptiva*”, en el que tienen lugar las exploraciones de las series, en el que se construyen objetos, y en el que se realizan correspondencias [*bridges* (puentes)] entre series como consecuencia de presiones contextuales (abajo-arriba) y conceptuales (arriba-abajo). El *Coderack* contiene una población de agentes [los *codelets* (codificadores)] que llevan a cabo una serie de tareas, incluyendo la identificación y construcción de objetos en el *Workspace*, así como la construcción de puentes. Los codificadores generan también las reglas que se aplican al análogo fuente y a las transformaciones objetivo, respectivamente.

¹⁹ Los aspectos centrales de esta arquitectura fueron ya implementados en un programa anterior desarrollado por el grupo de Hofstadter: JUMBO, un programa que realiza anagramas (véase Hofstadter et al., 1995).

4.1.1. *La Slipnet*

La *Slipnet* incorpora el “conocimiento” (sobre el mundo de letras) disponible en el sistema. Esto incluye básicamente conceptos de objetos y conceptos de relaciones (así como funciones). La *Slipnet* contiene, por ejemplo, nodos correspondientes a los conceptos de las 26 letras del alfabeto y a los conceptos de relaciones básicas, como “sucesor” y “predecesor”. Los conceptos de relaciones de alto nivel, como “opuesto”, vinculan otros varios nodos, algunos de ellos correspondientes a relaciones básicas, como los dos que acabo de mencionar.

La *Slipnet* es “platónica” en dos sentidos: a) existe un conjunto permanente y fijo de conceptos (ningún concepto nuevo es creado; no existe ningún “aprendizaje” en este sentido); b) los conceptos están jerárquicamente organizados y vinculados, formando una red cuya topología básica es la misma en el comienzo de cada ejecución del programa.

No obstante, la red es dinámica: las “distancias” entre los conceptos cambian dinámicamente con los cambios en la “percepción” de objetos en las series. El mecanismo es el siguiente. Existen diferentes tipos de enlaces, y algunos de ellos están etiquetados. Estas etiquetas son también *conceptos*. Cuando un concepto etiqueta es activado, dada la percepción de algún objeto o puente en el *Workspace*, todos los enlaces etiquetados por este concepto se “encojen”, creciendo la probabilidad de deslizamiento de los nodos conceptos vinculados.

Un ejemplo sería el concepto etiqueta “opuesto” (un concepto de segundo orden), que vincula varios pares de nodos, tales como (izquierdo, derecho) o (sucesor, antecesor). Cuando el concepto “opuesto” es activado, la probabilidad de deslizamientos para todos estos pares de nodos se incrementa.

En COPYCAT, un concepto, aunque está centrado en un nodo, se “propaga” como una nube alrededor del nodo. Cada concepto es, entonces, una unidad “borrosa”. Cuando un enlace entre dos conceptos se encoje, sus “nubes” se solapan, aumentando la probabilidad de deslizamientos conceptuales. La “cercanía” de dos conceptos en la *Slipnet* es una medida de su similitud.

La forma de esta red semántica cambia todo el tiempo, en la medida en que los conceptos asociados con enlaces aumentan o disminuyen sus activaciones en respuesta a

presiones contextuales (la percepción y construcción de objetos en el *Workspace*). Estos cambios tiene efectos sólo durante una misma ejecución del programa.

Los conceptos tienen a su vez diferentes “profundidades”. La *profundidad* de un concepto es un rasgo estático predeterminado que representa su generalidad y grado de abstracción: cuanto mayor es la dificultad para percibir de forma directa estructuras que instancian un concepto, mayor es su profundidad. El concepto de un objeto particular tiene, en general, menos profundidad que los conceptos relacionales (aunque existen excepciones, como los conceptos “último” y “primero”, para las posiciones en el alfabeto). El concepto “opuesto” tiene una gran profundidad ya que vincula muchos otros conceptos relacionales favoreciendo deslizamientos entre ellos (por ejemplo, la correspondencia entre “letra de más a la izquierda” y “letra de más a la derecha” en una de las respuestas al problema ejemplificado anteriormente).

COPYCAT tiene, en consecuencia, un *sesgo para favorecer analogías basadas en conceptos más profundos*. Esto corresponde a una tendencia *a priori* para permitir más fácilmente deslizamientos de conceptos más superficiales que deslizamientos de conceptos más profundos. Esta es una implementación de la intuición de que si existe una “esencia” entre dos objetos o situaciones diferentes, ésta puede ser con frecuencia percibida sólo en un nivel abstracto. El deslizamiento conceptual es, en consecuencia, una forma de “adaptar” la codificación de un objeto o situación para que encaje con una diferente que es “percibida” como “el mismo” (del mismo tipo) objeto o situación en un nivel superior de abstracción. Para resumir, dos factores facilitan un deslizamiento: la superficialidad de los conceptos implicados y su proximidad (solapamiento de “halos”) en la *Slipnet* (Hofstadter, 1995, p. 219).

4.1.2. *El Workspace*

Al comienzo de una ejecución, las series de letras en el *Workspace* son sólo “datos brutos no conectados”. En este estadio existe solamente una asociación entre cada instancia de letra y su tipo conceptual en la *Slipnet*; también están identificadas las letras en los extremos de las series, como letra “de más a la izquierda” y letra “de más a la derecha”.

Las series comienzan entonces a ser exploradas por los codificadores y, como resultado, varias estructuras son identificadas y varios objetos construidos en varios niveles. Los

grupos de nivel más bajo están basados simplemente en la instanciación de “tipos de uniones” entre letras adyacentes. Estos tipos de uniones son conceptos en la *Slipnet*, tales como “mismidad”, “sucesor”, “más a la izquierda”, etc.

En nuestro ejemplo, los objetos como **aa** o **kk** pueden ser rápidamente armados por una unión de “mismidad”. Los grupos que son formados por estas uniones pueden ser considerados como objetos de nivel superior y pueden establecerse entre ellos nuevas uniones, y así sucesivamente. Por ejemplo, **ijkk** puede ser visto como un “grupo de sucesión” formado por los objetos componentes, **i**, **j**, y el grupo de mismidad **kk**.

Los “puentes” (o correspondencias) pueden ser realizados entre objetos identificados/construidos en diferentes series, con base en relaciones de identidad o similitud (estos objetos pueden ser partes de series o eventualmente la serie entera).

Diferentes respuestas corresponden a diferentes emparejamientos basados en dos *tipos de similitud*: similitud de *objetos* (similitud intrínseca o “literal”) y similitud de *roles* desempeñados por los objetos en las series. Las respuestas reveladoras son aquellas que están basadas en la similitud de los roles que juegan los objetos en sus series respectivas. De esta forma, refiriéndonos una vez más a nuestro ejemplo, el grupo **aa**, en el análogo fuente, puede ser puesto en correspondencia con el grupo **kk** en el objetivo sobre las bases de los roles que desempeñan en sus series respectivas: son percibidas como instanciadores de los conceptos “más a la izquierda” y “más a la derecha”. Estos conceptos están vinculados en la *Slipnet* por un enlace “opuesto”. Una vez que el concepto “opuesto” se ha activado, favorece la puesta en correspondencia de las letras **c** e **i** sobre las bases del deslizamiento “más a la derecha” → “más a la izquierda”. La probabilidad del deslizamiento “sucesor” → “predecesor” también crece, ya que estos conceptos están vinculados por la misma relación “opuesto”.

Para resumir: los objetos construidos y las correspondencias establecidas son el resultado de presiones del *Workspace* y presiones conceptuales. Mitchell describe esto como un “bucle de retroalimentación entre la actividad perceptual y la actividad conceptual” (Hofstadter et al., 1995, p. 223), entre las presiones de arriba-abajo y las presiones de abajo-arriba.

Un señalamiento final: los objetos y los puentes pueden ser construidos y destruidos en el *Workspace*. Dos factores determinan la “fuerza” de un objeto o un puente: una

independiente del contexto (la profundidad del concepto que es instanciado por el objeto o la estructura) y uno que es dependiente del contexto (la medida en que este objeto o puente es consistente con otros objetos o puentes construidos en el *Workspace*). Esta restricción de consistencia corresponde a una orientación del sistema hacia lo que Mitchell llama un “punto de vista”, esto es, un ajuste global entre los objetos construidos en el *Workspace*.

4.1.3. *El Coderack (una población de codificadores)*

La exploración del *Workspace* es realizada por una población de agentes llamados “codelets” (codificadores). No es necesario, para nuestros propósitos, analizar en detalle este aspecto del programa.²⁰ Las funciones de los codificadores consisten en “identificar” una estructura promisoría en el *Workspace* y, eventualmente, en construir o destruir un objeto o un puente entre objetos en diferentes series. Cada codificador actúa de una forma semiautónoma, pero la acción colectiva de todos los codificadores está sujeta a los sesgos y las urgencias globales.

La urgencia de una tarea particular, y la consecuente liberalización y “reproducción” de un codificador particular, es definida por el patrón de activación de los conceptos en la *Slipnet*, y los objetos que ya han sido construidos en el *Workspace* (hemos visto que en realidad estas dos cosas se hallan relacionadas). Si, por ejemplo, un objeto particular es construido (y el concepto correspondiente es activado), la búsqueda de estructuras similares/idénticas se hace más urgente.

El proceso de exploración, unión, establecimiento de puentes, etc., se desarrolla en paralelo en el *Workspace*. Existen codificadores de abajo-arriba [“identificadores” (*noticers*)], y codificadores de arriba-abajo [“buscadores” (*seekers*)], entre otros tipos de codificadores. La tarea de los identificadores es de tipo “no focalizada”, pero los codificadores arriba-abajo buscan en el *Workspace* estructuras de un tipo particular (“definidas” en la *Slipnet*).

En un comienzo, los codificadores son enviados para que realicen sus tareas de forma aleatoria. Esto se corresponde con una “apertura mental” inicial del programa, el que se

²⁰ Este elemento de la arquitectura de COPYCAT es probablemente el más original, no sólo desde un punto de vista computacional (especialmente el paralelismo y no determinismo de la actividad que tiene lugar en el *Workspace*) sino también como un modelo de la percepción.

encuentra todavía explorando y tratando de construir objetos promisorios. Esta apertura mental inicial evoluciona hacia un cierre mental, el que se corresponde con una focalización en algunos caminos promisorios, esto es, en aquellos que conducen hipotéticamente hacia un “punto de vista” coherente. Existe una medida del desorden relativo presente en el *Workspace*: la temperatura. Se trata de una medida (inversa) del grado de orden percibido en el *Workspace*.

4.2. Comentarios generales

Entiendo que COPYCAT de Mitchell es una implementación de la intuición básica relativa a que dos sistemas son análogos si pueden ser percibidos (codificados o representados) como similares en algún nivel de abstracción, en el cual su “esencia” común es definida. La realización de analogías consiste en la construcción de representaciones de las series de letras fuente y objetivo y en hacerlas corresponder de tal forma de que sus estructuras puedan ser percibidas como instancias de conceptos “similares”. Hemos visto de qué forma esta “construcción” de similitud se ve afectada por el contexto y por la configuración de la red conceptual. En COPYCAT, la realización de analogías implica abstracción: los conceptos profundos son activados y los conceptos superficiales se “deslizan” para permitir correspondencias entre las series fuente y objetivo. Los “deslizamientos” pueden ser entendidos como casos de cambios “conceptuales” o de “significados” en un nivel bajo, orientados hacia la construcción de descripciones de los dominios fuente y objetivo que puedan ser interpretadas como instanciaciones de un mismo “esquema” de nivel superior.

La abstracción y la instanciación son los procesos básicos involucrados en la manera en que COPYCAT hace analogías. Otra programa de realización de analogías, TABLETOP, basado en la misma arquitectura y principios que COPYCAT, es presentado, explícitamente, como una implementación de estos dos procedimientos fundamentales (French, 1995, p. 4).

A modo de resumen, en la siguiente sección comparamos los avances en la comprensión de la naturaleza del razonamiento analógico que ha permitido COPYCAT, comparados con los que han permitido SME y ACME.

4.3. COPYCAT versus SME

4.3.1. *Diferencias*

El programa SME de Gentner y COPYCAT implementan diferentes concepciones acerca de la naturaleza del razonamiento analógico. Para Gentner, una “analogía” es un tipo particular de establecimiento de correspondencias entre dos representaciones. Para Mitchell, una analogía incluye también la construcción de representaciones, la que no puede ser separada del establecimiento de correspondencias.

En COPYCAT las correspondencias están basadas en la instanciación de conceptos y no en criterios sintácticos. Debido a que los conceptos están vinculados en una red, y en la medida en que tienen diferentes grados de solapamiento que cambian dinámicamente, las correspondencias de diferentes objetos pueden ser realizadas sobre las bases de su “similitud” (esto es, en base a la cercanía, en la *Slipnet*, de los conceptos de los que son instancias). En SME, sólo los predicados idénticos pueden ser puestos en correspondencia: no existe espacio para la participación de similitudes.

COPYCAT es un programa que ha sido hecho para ser aplicado sólo a un microdominio particular (el de las series de letras) y no a cualquier dominio, como SME de Gentner. Esto es una consecuencia del hecho de que en COPYCAT las correspondencias analógicas están basadas en el significado, esto es, están basadas en la instanciación de conceptos que codifican el conocimiento del sistema acerca del dominio en juego.

4.3.2. *Acuerdos*

COPYCAT y SME coinciden, sin embargo, al implementar los mismos juicios básicos en relación a lo que distingue una “buena” analogía de una “mala” analogía: las buenas analogías corresponden a la percepción de comunidades en un nivel abstracto; las malas analogías están basadas en la percepción de aspectos “inmediatos” comunes.

No obstante, Gentner y Mitchell implementan diferentes criterios para evaluar qué es “abstracto”. En SME, el orden de una relación –esto es, un mero aspecto sintáctico- es una “medida” de abstracción. En Mitchell, la abstracción está relacionada con el grado de “profundidad conceptual”, un parámetro que está basado en el conocimiento disponible

acerca de la variedad de objetos, relaciones y simetrías que existen dentro de un mundo particular.²¹

Ni SME ni COPYCAT abordan el sub-proceso de selección. En COPYCAT las series para la realización de analogías están dadas al comienzo de la tarea.

4.4. COPYCAT versus ACME

4.4.1. *Diferencias*

He señalado anteriormente que en ACME, al igual que en SME, las representaciones de los análogos fuente y objetivo son codificadas a mano por el programador y que no emergen como una parte constitutiva de la realización misma de las analogías. En otros términos, las representaciones no son construidas (o re-construidas) como resultado de diferentes tipos de “presiones”, como ocurre en COPYCAT.

4.4.2. *Acuerdos*

Las implementaciones de Mitchell y Holyoak acuerdan en basar el razonamiento analógico sobre la semántica y no sólo sobre la sintaxis, tal como lo hace Gentner. La similitud semántica juega un rol central tanto en COPYCAT como en ACME. No obstante, la última implementa una red semántica estática. Lo que distingue a COPYCAT es la flexibilidad de la *Slipnet*: su topología cambia en respuesta al contexto (a las presiones “abajo-arriba”).

Existen, en consecuencia, profundas diferencias entre la implementación de ACME (y la de ARCS) de una red semántica y la que hace COPYCAT. En la *Slipnet*, los conceptos tienen un núcleo (que corresponde a un nodo), pero tienen también una nube “difusa” que permite la interpenetración en la medida en que los enlaces se encojen.

No obstante, la flexibilidad o adaptabilidad de la *Slipnet* es limitada en la medida en que no existe en COPYCAT ningún mecanismo para la creación de nuevos conceptos o de

²¹ No obstante, hemos visto que el criterio puramente sintáctico de “abstracción” no siempre coincide con la profundidad conceptual. En COPYCAT, un atributo puede eventualmente tener más profundidad que una relación (véase Hofstadter et al., 1995, p. 213). Puede argumentarse, no obstante, que estas diferencias son sólo superficiales, ya que la semántica de COPYCAT es muy pobre y limitada. Un programa con una semántica más compleja, y basado en la misma arquitectura, es TABLETOP (véase French, 1995). Cf. Indurkha (1992, p. 387).

nuevos enlaces entre conceptos. Esto puede ser visto como uno de los límites más importantes del programa, en la medida en que nuestra intuición es que la realización de analogías por parte de los seres humanos conlleva con frecuencia estos procesos.²²

5. EL MODELADO ANALÓGICO EN LAS CIENCIAS

Ahora bien, ¿tiene el debate relativo a los procesos y restricciones involucrados en la implementación computacional de la realización de analogías algo que ver con el problema del modelado científico, y vice-versa?

Antes que nada debemos distinguir diferentes significados del término “modelo” tal como lo usan los científicos y filósofos, significados asociados con los diferentes roles que los “modelos” desempeñan en la ciencia. Lo que sigue se aplica sólo a un tipo particular de metodología de modelado, basada en una *analogía entre representaciones* de dos dominios de fenómenos o dos sistemas.

Incluso después de hacer este acotamiento, debemos distinguir aún dos tipos de “modelos analógicos”, dependiendo de si están basados en analogías “formales” o “materiales”.

Incluyo en la clase de modelos basados en las analogías *formales* los siguientes: a) los “modelos” tal como son entendidos por las reconstrucciones “sintácticas” y “semánticas” de las teorías científicas;²³ y b) las explicaciones del “modelado” en términos de

²² Otra crítica que se hecho al mundo de COPYCAT se refiere a que es demasiado idealizado e idiosincrático (la *Slipnet* versa sobre un mundo muy estrecho e idealizado). Los autores contrargumentan que, en realidad, esta idealización favorece una mejor comprensión de los procesos fundamentales implicados en el razonamiento analógico. La idealización evita también malentendidos en relación a lo que la computadora realmente sabe acerca de los dominios que están siendo comparados. Por ejemplo, en la medida en que las representaciones de Gentner utilizan predicados formulados en lenguaje natural, el lector puede ser engañado si presupone que la computadora es capaz de conocer qué *significan* estos predicados. En un micro-mundo, el conocimiento que participa de hecho en la realización de analogías puede ser formulado explícitamente (como en la *Slipnet* de COPYCAT).

²³ Para los modelos en la concepción sintáctica de la estructura de las teorías científicas, véase Braithwaite (1955). Para modelos en la concepción semántica, véase Giere (1988) y Van Fraassen (1987). Más allá de las diferencias existentes entre los llamados enfoques sintáctico y semántico, ninguno de ellos está interesado en los heurísticos. Los enfoques sintáctico y semántico abordan las cuestiones “¿qué es una teoría?” y “¿cómo se

“isomorfismo nómico” o, de forma más general, “isomorfismo estructural” (las que se presuponen en las técnicas de “simulación”).²⁴

Las analogías *materiales* son aquellas que subyacen a otro tipo de heurísticos de modelado, las que proveen *explicaciones* y no simplemente *simulaciones*. El modelado basado en analogías *materiales* intenta jugar un rol en la construcción de teorías a través de la sugerencia de un lenguaje teórico y de hipótesis explicativas para nuevos fenómenos de conocimiento.

Por ejemplo, la “mecánica” fue un dominio fuente para varios modelos en diferentes áreas de la física en los siglos dieciocho y diecinueve. Un ejemplo fue el uso del modelo de las bolas que rebotan para explicar el comportamiento de los gases en términos de moléculas que aumentan su velocidad dentro de un contenedor. Los modelos de Maxwell para el éter electromagnético pueden ser considerados también como analogías materiales.

En lo que sigue quisiera re-abordar esta distinción entre analogías formales y materiales en el contexto del modelado científico desde la perspectiva de las discusiones presentadas en las secciones previas. Existen obviamente diferencias entre los papeles desempeñados por el razonamiento analógico en la metodología científica, por una parte, y en la cognición o en la IA, por otra. A pesar de estas diferencias, considero que algún entendimiento puede ser obtenido cuando se adopta un punto de vista computacional, si se quiere disponer de una explicación detallada de los varios procesos implicados en el establecimiento de modelos basados en analogías materiales.

5.1. La construcción de similitud

Hemos visto que una diferencia importante entre las simulaciones computacionales del proceso de realización de analogías se refiere a si la construcción de representaciones de los análogos fuente y objetivo debe ser considerada como una parte integral de la realización de analogías o no. ¿Son los procesos de representación y establecimiento de correspondencias autónomos o interdependientes? Una cuestión relacionada se refiere a si

relaciona una teoría con el mundo?”, y ninguno de ellos la cuestión metodológica de “¿cómo es construida una teoría?”

²⁴ Para los isomorfismos nómicos, véase Hempel (1965, p. 436). Para los isomorfismos estructurales, véase Kroes (1989, p. 148).

el establecimiento de correspondencias está basado en consideraciones meramente sintácticas o si presupone conocimiento semántico.

A mi parecer, estos problemas también surgen cuando se distingue entre analogías formales y materiales como subyacentes a diferentes heurísticos de modelado en las ciencias.

En las analogías *formales*, las representaciones de los análogos fuente y objetivo están dadas y nos limitamos a elaborar un establecimiento de correspondencias entre ellas. No es de nuestra incumbencia el hecho de cómo han sido generadas estas representaciones. Además, en las analogías formales sólo ciertas consideraciones sintácticas constituyen las bases para las correspondencias “analógicas”. El modelo y las teorías modeladas no tienen por qué ser similares en ningún sentido de “similitud” que no sea formal.²⁵ Las interpretaciones de los términos de cada dominio no juegan ningún papel en el establecimiento de correspondencias. En las analogías formales, los términos que se corresponden (emparejados a través del establecimiento de correspondencias) se limitan a jugar el mismo rol lógico o matemático dentro de la estructura global de ambas teorías. Los términos o predicados emparejados pueden tener interpretaciones completamente diferentes en sus dominios respectivos. Nos apoyamos solamente en un cierto isomorfismo entre las representaciones de los análogos fuente y objetivo.

No tendré mucho más para decir sobre las analogías formales, desde este punto de vista, más allá del hecho de que tienen unas bases meramente sintácticas, como las correspondencias que establece SME de Gentner. Por ejemplo, en el constructo construcción lógico-empirista de la noción de “modelo”, el modelo y la teoría tienen en común una estructura sintáctica (un cálculo). Palmer ha mostrado, de hecho, que la definición de Gentner de establecimiento de correspondencias y algunas de las restricciones que propone pueden ser redescritas en términos de la teoría de los modelos de Tarsky (Palmer, 1989, p. 336). El problema de la sensibilidad a la forma en que los dominios base y objetivo están representados, lo que constituye un problema en la implementación de Gentner, podría surgir también en el contexto del descubrimiento científico en aquellos casos en que las analogías formales juegan un rol heurístico,

²⁵ Varios filósofos se abstendrían de emplear el término “similitud” en el contexto de analogías meramente formales.

En el caso de las analogías materiales, se comienza usualmente con una representación parcial de los fenómenos objetivo, la que incluye usualmente predicados observacionales. La construcción de una representación acabada del dominio objetivo, dada la representación del dominio fuente, es de lo que trata precisamente el modelado.²⁶ El modelado basado en analogías materiales puede ser entendido como un proceso de representación del modelo y los sistemas modelados como “similares”, esto es, como unos mismos tipos de sistemas en un cierto nivel de abstracción. Ésta es una condición necesaria a los efectos de extender la representación del análogo fuente hacia el dominio objetivo, proveyendo un marco conceptual y una terminología para describir al último.

Un ejemplo simple puede ser de ayuda para desarrollar este punto. Supongamos que tenemos una teoría que explica qué ocurre cuando tiramos una piedra en una laguna tranquila. Esta teoría podría incluir, por ejemplo, conceptos como el de “onda”. El modelado de los fenómenos del sonido en base a esta teoría incluiría un procedimiento para *crear* un concepto nuevo y más abstracto de onda que pueda ser instanciado en ambos dominios de fenómenos.

Una explicación simplificadora del procedimiento de modelado incluiría en este caso los siguientes pasos. Debemos distinguir qué rasgos de ambos dominios de fenómenos tienen que ser ignorados y cuáles son los relevantes. Por ejemplo, los rasgos superficiales de las olas del agua como “humedad” y, digamos, “color”, deben ser ignorados. Debemos saber además cómo establecer correspondencias entre los predicados utilizados para representar los rasgos relevantes. El problema consiste en que estos predicados suelen muy a menudo no ser idénticos y debemos permitir ciertos “deslizamientos” (cf. COPYCAT) para realizar el establecimiento de correspondencias. La “altura” de la ola de agua por encima de la superficie de la laguna debería ser emparejada con la “fuerza” del sonido. Estos conceptos diferentes devienen “similares” porque se los conecta con un concepto más abstracto como, digamos, “amplitud”, utilizado para caracterizar un tipo abstracto de ola. Otros conceptos asociados con este concepto abstracto de ola, como “longitud de ola”, y “frecuencia” nos permiten ver como similares otros rasgos concretos de los dos fenómenos, como la distancia entre dos crestas sucesivas de agua, el “tono” de un sonido, etc. Estos rasgos

²⁶ Veremos más abajo que a menudo el dominio fuente tiene que ser re-representado para que se ajuste al conocimiento de que se dispone acerca del dominio objetivo.

similares son puestos en correspondencia permitiendo que tengan lugar otros “deslizamientos”. Si quisiéramos extender esta descripción para incluir los fenómenos de la luz, las comunidades entre estos campos de fenómenos deberían ser encontradas en nivel incluso superior de abstracción.

Como resultado de la creación de conceptos nuevos y más abstractos, estos campos de fenómenos o sistemas son “vistos” (o representados) como similares en ciertos aspectos “esenciales”. Los sistemas fuente y objetivo son entonces descritos como instancias del mismo tipo de sistemas (abstractos).

Este procedimiento de modelado es muy parecido a la realización de analogías tal como lo entienden Mitchell y Hofstadter, y es implementado en COPYCAT. Esta comparación entre casos de modelado científico y la realización de analogías en COPYCAT pone en evidencia, no obstante, las limitaciones de esta implementación. La profundidad de un concepto es fijada de antemano por los programadores y no puede cambiar. Es ciertamente un rasgo interesante de COPYCAT el que la *Slipnet* cambie su forma con el desarrollo de una analogía, pero estos cambios son aún muy limitados. Además, COPYCAT realiza analogías en un dominio muy restringido, a pesar de la asombrosa diversidad de estructuras que pueden ser desplegadas por las series de letras. En la realización de analogías en el mundo real, enfrentamos dominios mucho más complejos que están, a menudo, muy alejados en términos de sus estructuras y procesos (al menos tal como podemos juzgarlo en base a nuestras experiencias inmediatas). Una analogía interdominio presupone a menudo profundas abstracciones que implican la creación de nuevos conceptos y a veces modificaciones radicales en nuestros esquemas conceptuales.

Además, mientras que COPYCAT comienza siempre sus ejecuciones en el mismo “estado”, en las situaciones del mundo real se espera que un sistema cognitivo sea capaz de aprender con la experiencia y que “comience” una tarea con representaciones previas y enlaces conceptuales que fueron construidos en ejecuciones “previas”.

Teniendo en mente estas apreciaciones, examinaré si las restricciones que se aplican a los procesos que subyacen a la realización de analogías en COPYCAT podrían estar detrás también del modelado basado en analogías materiales.

5.2. Restricciones de Abajo-Arriba y de Arriba-Abajo en el Modelado Analógico

Hemos visto que en COPYCAT existe una interacción entre presiones (o restricciones) “abajo-arriba” y “arriba-abajo”. Se construyen diferentes representaciones de las series base y objetivo en diferentes contextos. Los sesgos incorporados en la forma en que los conceptos se hallan vinculados en la *Slipnet* también juegan un papel central en la construcción de representaciones y en el establecimiento de correspondencias. Estas “presiones” pueden ser comparadas con las restricciones “abajo-arriba” y “arriba-abajo” propuestas por ciertos filósofos de la ciencia para explicar el modelado basado en analogías materiales.

Aronson et al. (1995) caracterizan las explicaciones “abajo-arriba” de las analogías materiales como aquellas que consideran la “similitud” como una noción primitiva. Su crítica a estas explicaciones está basada en un argumento que es ampliamente aceptado en la literatura psicológica y filosófica: cualquier par de objetos o situaciones pueden ser siempre percibidos como “similares” en algún u otro aspecto.²⁷ Una teoría de las analogías debería reconocer que la “similitud” es una noción derivada, hacer explícita las bases de los juicios de similitud y proponer criterios de adecuación para estos juicios. Su contribución debería consistir en enfatizar que los juicios de similitud presuponen conocimientos acerca del mundo (una “ontología”) y en sugerir que este conocimiento puede ser convenientemente representado por jerarquías de tipos (un formato representacional de la IA). Estas jerarquías de tipos proveen restricciones de “arriba-abajo” sobre los juicios de similitud y sobre el establecimiento de correspondencias del análogo base con el análogo objetivo. Estos autores afirman que las explicaciones del modelado basadas en la similitud y en la lógica tienen en común el hecho de que son ambas “...insensibles a las restricciones ontológicas en la selección de modelos en la ciencia real” (Aronson et al., 1995, p. 49).

Mary Hesse, en su explicación de las analogías materiales (1966), argumenta, no obstante, que las analogías materiales deberían estar basadas en juicios “preteóricos” de similitud. Esta autora considera que las comparaciones entre los predicados *observacionales* de las representaciones de los análogos base y objetivo nos permite averiguar cuáles son las similitudes y diferencias entre los dominios (en sus términos, las analogías “positiva” y “negativa” respectivamente). El modelado debería ser iniciado por

²⁷ Véase, por ejemplo, Goodman (1976, p. 77) y Black (1962).

similitudes percibidas en un nivel observacional entre un dominio objetivo y un dominio fuente disponible.²⁸

Lo que Hesse llama la “analogía neutral” tiene una importancia fundamental en relación al papel constructivo que le asigna al modelado científico. La “analogía neutral” abarca aquellas entidades, propiedades o relaciones en el dominio “fuente” acerca de las que no sabemos, en una cierta fase de la investigación, si caerán dentro de las analogías “positiva” o “negativa”.

La existencia de una analogía “neutral” da un carácter dinámico y heurístico a la concepción de Hesse sobre los modelos, lo que la distingue de los modelos basados en las “analogías formales”.

Las teorías son, para Hesse, entidades dinámicas y la “analogía neutral” entre un modelo (fuente) y una teoría (objetivo) constituye sus “puntos de crecimiento” (1966, p. 10).²⁹ A través de una exploración de la analogía neutral entre los dominios fuente y objetivo, los modelos pueden jugar un rol heurístico en la construcción de teorías, sugiriendo un lenguaje teórico y proveyendo hipótesis explicativas para los fenómenos en el dominio objetivo.

²⁸ La “restricción horizontal” de Hesse contrasta claramente con la caracterización de Gentner del establecimiento de correspondencias analógico como uno que desconsidera similitudes al nivel de atributos de objeto. No obstante, la teoría de Hesse de la analogía es “semántica”, y no sintáctica como la de Gentner. Hesse, en un artículo reciente, vuelve a postular su restricción “horizontal” para las analogías materiales, permitiendo explícitamente ahora que las similitudes entre “propiedades” de objetos sea “directamente percibida” o una consecuencia de “parecidos conceptuales de ideas o dibujos derivados de formas culturales preconcebidas”. La autora interpreta este cambio como aquel de “dirigir la atención...desde las similitudes superficiales a los ejemplos contextuales complejos (1988, pp. 324-5). Podemos considerar las referencias a las metáforas en su libro de 1966 como anticipaciones de este tipo de enfoque “semántico” del razonamiento analógico. Cf. Indurkha (1992, pp. 54-5).

²⁹ En términos estrictos, no deberíamos hablar quizás de una teoría simple, sino de un “programa de investigación” en el sentido de Lakatos, o de “familias de teorías” en el sentido de Harre (1987), en las cuales la analogía neutral con el modelo proveería el “heurístico positivo”.

Si adoptamos el análisis de Aronson, el enfoque de Hesse debería ser considerado como una explicación del modelado basada en la similitud, en el cual la “similitud” juega el papel de una restricción de “abajo-arriba” (en términos de Hesse, una restricción “horizontal”).³⁰

Si la “similitud” es considerada como la única restricción en la realización de analogías (cf. las restricciones de Holyoak y Thagard), se enfrentarán problemas a la hora de distinguir las propiedades relevantes (en cada dominio) de aquellas que deberían ser ignoradas en el establecimiento de correspondencias.³¹ ¿Cómo podemos adivinar cuáles son las correspondencias correctas o reveladoras? Este es un problema especialmente grande cuando los predicados que son emparejados no son idénticos, algo que ocurre muy a menudo, tal como fuera señalado en nuestra discusión de la teoría de Gentner sobre las analogías.³²

Este problema puede ser ilustrado con un ejemplo dado por Hesse: el de establecer una analogía material entre los fenómenos del sonido y la luz. Al elaborar esta analogía, ¿cómo podemos adivinar que el predicado “luminosidad”, en la representación del dominio

³⁰ Nagel también distingue las analogías “formales” de las que llama analogías “substanciales”, en las que la relación entre la teoría objetivo y sus modelos es una relación de analogía o similitud: “...la captación de similitudes, incluso vagas, entre lo nuevo y lo viejo son a menudo puntos de comienzo para importantes avances en el conocimiento” (Nagel, 1961, p. 107).

³¹ Hesse propuso también una restricción “vertical” sobre la realización de analogías: el conocimiento que tenemos acerca del dominio fuente, especialmente el conocimiento de relaciones causales, provee de criterios para determinar cuáles son las propiedades relevantes a ser puestas en correspondencia. La segunda restricción de Hesse, la de materialidad, tal como yo la entiendo, aborda el problema del filtrado de las propiedades relevantes. El énfasis sobre las relaciones causales tiene una justificación pragmática (se refiere al rol de la restricción del “propósito” en la teoría de Holyoak y Thagard sobre el razonamiento analógico). El objetivo básico del modelado analógico en ciencia es el de proveer *explicaciones* para los fenómenos objetivo. En consecuencia, las relaciones “verticales” que deberían restringir la selección de propiedades, el establecimiento de correspondencias y las inferencias analógicas (transferencia) son relaciones *causales*. Véase también McLaughlin (1982, p. 90).

³² Cf. la distinción de Sellars entre similitudes de primer orden y de segundo orden entre particulares. En las últimas, los predicados no son idénticos sino similares. Este autor argumenta a favor de una noción de “similitud” basada en propiedades de “segundo orden” compartidas por los particulares, en una crítica a la similitud de Hesse en el nivel de propiedades de primer orden (esto es, observacionales). El problema que veo con la explicación de Sellars consiste en que, en sus ejemplos, las propiedades de segundo orden son siempre de tipo formal (Sellars, 1965, pp. 178-84). Véase también Brown (1986, p. 295), Cartwright (1993).

objetivo, debería ser puesto en correspondencia con “fuerza”? ¿O “color” con “tono”? Además, ¿son éstas las propiedades relevantes a ser emparejadas?

En una explicación de arriba-abajo, las “similitudes” no constituyen el punto de partida sino el resultado del modelado analógico. Desde el enfoque propuesto por Aronson et al., una jerarquía de tipos “filtra” los rasgos relevantes y provee orientaciones para realizar el establecimiento de correspondencias: dos sistemas son “similares” si pueden ser representados como subtipos de un tipo abstracto de sistema. A modo de ilustración, estos autores proponen una reconstrucción de la analogía entre el sistema solar y el átomo de Bohr, considerando que su desarrollo supuso procesos de abstracción orientados hacia la construcción de un supertipo común: “campo de fuerza central”. La selección de las propiedades relevantes en ambos dominios y la forma en que deberían ser emparejadas son una consecuencia de elegir un supertipo en la jerarquía de tipos en un nivel de abstracción adecuado³³. La similitud entre los dos sistemas es, por lo tanto, “percibida” en el nivel del supertipo común. La codificación del análogo objetivo y la transferencia del conocimiento semántico desde el dominio fuente al primero es mediada por la jerarquía de tipos, a través de procedimientos de abstracción y herencia que involucran a los subtipos (esto es, los sistemas base y objetivo) y el supertipo (propuesto).

La forma en que representamos (o re-representamos) los dominios fuente y objetivo depende de cómo los situamos en una “ontología” global, o en nuestro conocimiento del presente estado de nuestros conocimientos acerca del mundo.³⁴ Se trata de una presión de arriba-abajo en la realización de analogías (la que guía la construcción y la modificación de las representaciones así como el establecimiento de correspondencias entre ellas). Se puede esperar que este conocimiento cambie como efecto de la misma realización de las analogías (antiguos enlaces entre conceptos son destruidos, nuevos supertipos y enlaces son creados, etc.).

³³ Critican a Gentner debido a que en su explicación de esta analogía los rasgos del análogo fuente y el análogo objetivo son comparados “en el mismo nivel”, esto es, sin presuponer un procedimiento abstracto guiado por jerarquías de tipo (véase Way, 1991, pp. 140-6)

³⁴ Véase también McLaughlin (1982, p. 94).

En la primera parte de este artículo, enfatizábamos que la abstracción y la instanciación son también procesos implicados en la forma en que COPYCAT y TABLETOP realizan analogías.³⁵

Los argumentos de Hesse a favor de una restricción “horizontal” no pueden ser sin embargo descartados. Podemos desarrollar su argumento utilizando el mismo marco propuesto por Aronson. En una situación típica, el supertipo común es desconocido o incluso no existe en la jerarquía de tipos: debe ser generado. Esto incluirá una interacción entre presiones contextuales (“de abajo-arriba” o perceptivas) y conceptuales (de “arriba-abajo”). La forma en que los análogos fuente y objetivo son inicialmente representados constituye una presión contextual sobre la creación de una analogía entre ellos. No obstante, el análogo fuente tiene a menudo que ser “re-representado” para que pueda convertirse en un modelo para el dominio objetivo (en COPYCAT esto corresponde a la destrucción y reconstrucción de estructuras y uniones en el *Workspace*). Dado un contexto particular, algunos rasgos de los dominios serán destacados y otros dejados de lado (y eventualmente ignorados). Las representaciones fuente y objetivo “interactúan” de varias maneras en la construcción de modelos.³⁶

³⁵ French afirma que la abstracción y la herencia presuponen “deslizamientos”. Lo que Mitchell y Hofstadter llaman “deslizamiento conceptual” tiene lugar en la instanciación o la herencia de conceptos desde un tipo supraordenado (o lo que llaman un “esquema abstracto”), cuando el “deslizamiento” de aquellos conceptos abstractos que no se aplican al objetivo se vuelve necesaria. Argumenta que el último tipo de deslizamiento es a menudo necesario dado el nivel de abstracción inicialmente elegido. French hace explícito el problema de cómo encontrar el nivel correcto de abstracción, evitando sobregeneralizaciones o poca generalización. ¿Cómo sabemos, por ejemplo, en la analogía entre el sistema del átomo y el sistema solar, que el “campo de fuerza central” se encuentra en el nivel correcto de abstracción (y no, digamos, “sistema dinámico” o “sistema planetario”, como casos de sobregeneralización o poca generalización, respectivamente)? Aronson et al. no dan ninguna clave acerca de esto, pero French sugiere que el supertipo debe ser localizado en el “nivel básico” de Rosch (French, 1995, p. 4). El nivel de abstracción determina los deslizamientos conceptuales necesarios para instanciar el esquema abstracto en el dominio objetivo.

³⁶ Esta interacción es central en la teoría de la metáfora de Black, la cual es aceptada por varias teorías del modelado, como las propuestas por Hesse y por Aronson et al. La interacción entre el análogo fuente y el análogo objetivo es central también en la caracterización de Indurkha de las “metáforas creadoras de similitud” (Indurkha, 1992). Nersessian (1992) ha mostrado la importancia de la “manipulación” del análogo fuente en los procedimientos de modelado que subyacen a la construcción de Maxwell de su teoría electromagnética.

Contra los enfoques puramente de “arriba-abajo” de la realización de analogías puede argumentarse también que si supiéramos de antemano de qué forma el análogo fuente y el análogo objetivo se ubican en la jerarquía de tipos, así como el supertipo común del que los sistemas fuente y objetivo son subtipos, entonces la representación del sistema fuente sería enteramente redundante. En tal caso, no tendríamos que apoyarnos en el razonamiento “analógico”: sería suficiente con instanciar directamente el conocimiento que tenemos del supertipo en el dominio objetivo (véase Dejong, 1989).

Estamos muy lejos de tener una teoría general sobre el modelado analógico en ciencia. Las simulaciones de la realización de analogías en mundos simples e idealizados, como la de COPYCAT, puede ayudar a imaginar los procesos básicos y restricciones que deberían ser investigados. Espero que estas consideraciones generales puedan al menos estimular una aproximación a desarrollos teóricos en campos que se desconocen unos a otros en gran medida todavía.³⁷

TRADUCCIÓN: RICARDO A. MINERVINO

REFERENCIAS

- Black, M. (1962). *Models and metaphors*. Cornell University Press, Ithaca.
- French, R. (1995). *The Subtlety of Sameness: A Theory and Computer Model of Analogy-Making*. The MIT Press, Cambridge.
- Gentner, D. (1983). Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy. *Cognitive Science* 7: 155-170.
- Gentner, D. (1989). The Mechanisms of Analogical Learning. En S. Vosniadou, y A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 199-241.
- Gentner, D., y Gentner, D. R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. En D. Gentner, y A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models* (pp. 99-129). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

³⁷ Quiero agradecer los señalamientos y las correcciones sugeridos por los árbitros.

- Hall, R. (1989). Computational approaches to analogical reasoning: A comparative analysis. *Artificial Intelligence*, 39, 39-120.
- Hesse, M. B. (1966). *Models and analogies in science*. Notre Dame, Ind.: Notre Dame Univ. Press.
- Hofstadter, D. R. y el Grupo FARG (1995). *Fluid concepts and creative analogies: Computer models of the fundamental mechanisms of thought*. New York: Basic Books.
- Holyoak, K. J., y Thagard, P. R. (1989). Analogical mapping by constraint satisfaction. *Cognitive Science*, 13, 295-355.
- Holyoak, K. J., y Thagard, P. R. (1995). *Mental Leaps: Analogy in creative thought*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Mitchell, M. (1993). *Analogy-making as perception*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vosniadou, S., y Ortony, A. (1989). *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.