

# EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS IX JORNADAS

VOLUMEN 5 (1999), Nº 5

Eduardo Sota

Luis Urtubey

Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



# Ejemplares y *frames*<sup>1</sup>

Hernán Severgnini / Gabriel Painceyra\*

## Introducción

Una de las principales actividades que un científico desarrolla en su campo es la resolución de problemas. Es en esta práctica de resolución donde se manifiestan los aspectos sobre los que queremos trabajar. Desde el punto de vista de la filosofía de la ciencia de Thomas Kuhn, tal resolución puede describirse, grosso modo, como algún tipo de articulación entre la situación considerada problemática y una teoría o modelo. Dicha articulación se establece en términos lingüísticos, como Kuhn lo ha señalado en varios lugares.<sup>2</sup> Puede decirse que la resolución de problemas es la articulación lingüística de una situación en los términos de la teoría que resuelve tal problema.

Sin embargo, aunque los ejemplares constituyen un elemento clave que hace al consenso de una comunidad científica, Kuhn ha mostrado que su aplicación para la resolución de problemas no está regulada por condiciones necesarias y suficientes, y que en muchos casos es posible ver que los procesos mediante los cuales un científico aplica un ejemplar a una situación pueden diferir de los procesos que otro científico realiza al aplicar el mismo ejemplar a la misma situación.<sup>3</sup>

Tales diferencias vuelven la pregunta sobre la resolución de problemas al ámbito de la subjetividad: ¿Se trata de una actividad o práctica científica subjetiva, incomunicable? ¿Es posible compartir una teoría o paradigma y diferir en la aplicación de los elementos fundamentales que esta teoría ofrece como herramientas para la resolución de problemas? Si las diferencias en la aplicación de ejemplares no afecta a la comunicación ni genera conflictos teóricos dentro de una comunidad científica, ¿cómo se entienden tales diferencias y sobre qué versan?

En este trabajo nos proponemos analizar más profundamente la noción de ejemplar, estudiando un caso particular de aplicación de ejemplares en mecánica. Este caso permitirá distinguir niveles en su aplicación, y nos servirá de ilustración para mostrar la complejidad de dicha noción. Para ensayar una respuesta a las cuestiones que hemos planteado, recurriremos a la noción de *frame*, tal como aparece en la simulación computacional "PI" ("Processes of Induction") de Paul Thagard. Consideramos que los aspectos procedurales implicados en este programa permiten reconstruir, desde la Inteligencia Artificial, algunos de los procesos mentales involucrados en la aplicación de ejemplares para la resolución de problemas.

## La noción de "ejemplar"

Los ejemplares constituyen un elemento central que hace al consenso de una comunidad científica. En este sentido Kuhn ha utilizado frecuentemente, en los numerosos sentidos de su noción de "paradigma", la noción de ejemplar como su sinónimo.<sup>4</sup> Así, el ejemplar ejerce una función de tipo normativa, definiendo implícitamente la legitimidad de los problemas que una disciplina trata. Dicha función se concreta en la posibilidad de resolver

\* Universidad Nacional de Córdoba.

como problemas las situaciones que se presentan en el dominio de aplicación de la teoría. Tal resolución se lleva a cabo mediante la posibilidad de analogar las situaciones en los términos en que el ejemplar ha sido formulado. Puede decirse que la actividad de resolución de problemas utilizando ejemplares es una tarea tanto empírica como teórica: los términos contenidos en un esquema de ley, como generalización simbólica de un ejemplar, se aplican a la situación a resolver, recibiendo de esta aplicación su significado empírico.<sup>5</sup> Por otra parte, subsumen la situación como problema resuelto por la teoría. Dicho de otro modo, no pueden separarse los ejemplares del significado que le vienen a sus términos cuando se los aplica en la resolución de problemas. Pero a la vez, tal aplicación determina que la situación subsumida de este modo forma parte de la clase de las situaciones que constituyen el alcance del ejemplar.<sup>6</sup>

El significado de los términos surge como una relación práctica de resolución de problemas, relación que se establece entre teorías y leyes, por una parte, y situaciones problemáticas por otra.

En Kuhn el nombre mismo de tal noción manifiesta que se trata de una instancia teórica diseñada para la aplicación.<sup>7</sup> Se menciona con frecuencia que tal aplicación es posible entenderla si se considera a los ejemplares como fuentes de analogías. Las situaciones ya resueltas sirven de modelos para la construcción de nuevas soluciones, o de nuevas situaciones como problemas de la clase determinada por el ejemplar.<sup>8</sup>

### Un ejemplo de la mecánica

Kuhn ha señalado como ejemplo de ejemplar y de sus aplicaciones a la segunda ley de Newton, " $F=m.a$ ", y los casos especiales de péndulo, caída libre, osciladores armónicos, plano inclinado, etc. Como situaciones resueltas por la misma ley, es posible encontrar en cualquier libro de texto de mecánica clásica que la resolución consiste en la articulación de tales situaciones en los términos que el esquema de ley propone, en este caso con dos magnitudes vectoriales y una escalar.

Otro ejemplo posible, también encontrado en libros de texto de física para estudiantes (un tipo de texto de los que Kuhn tendría en mente cuando hablaba de la función que estos cumplían en la formación de estudiantes como introducción a una disciplina científica)<sup>9</sup> es el caso del principio de conservación de la cantidad del movimiento. Tal principio se formula en términos de la mecánica newtoniana, considerando que la masa de los sistemas en movimiento es constante. Un primer acercamiento a este caso muestra que la situación modelica es la del movimiento de una partícula, en términos newtonianos, con la idealización propia de una partícula de masa puntual. En este caso, es fácilmente aplicable el principio de conservación de la cantidad de movimiento para situaciones donde lo que entra en juego es un móvil en el que no intervienen fuerzas externas al sistema, v.gr., el movimiento de un cohete en el espacio interestelar, donde la interacción gravitatoria con otros cuerpos sea prácticamente nula. La aplicación es directa, y la significación empírica de los conceptos involucrados en tales situaciones no ofrece mayor complicación. Podemos decir, por lo tanto, que la resolución está en un primer nivel de aplicación del ejemplar.

Sin embargo, cuando se pretende extender el caso a una situación en la que se hallan varias partículas en movimiento la aplicación ofrece otras dificultades. El movimiento de un sistema de partículas requiere, para su tratamiento bajo el mismo modelo, de nuevos conceptos como son el de centro de masa, determinando numéricamente sus coordenadas, la

noción de masa total del sistema, para finalmente determinar que, si no actúan fuerzas exteriores, la cantidad de movimiento del sistema se mantiene constante. En este segundo nivel, fue necesaria la construcción de nuevos conceptos, en cierto sentido teóricos, como el de centro de masa de un sistema, que no necesariamente coincide con ninguna masa particular, y el concepto de masa total, aunque en la situación se observen movimientos de partículas separándose entre sí por sus fuerzas internas.

En un tercer nivel, podemos encontrar situaciones más especiales donde, suponiendo el principio de conservación de la cantidad de movimiento, debemos articular las variables en juego en esta situación con la formulación matemática que la teoría propone. Si imaginamos una granada lanzada con tiro oblicuo, y donde la única fuerza externa es la atracción gravitatoria en el campo terrestre, veremos que, si la granada explota en el medio de su trayectoria parabólica, su centro de masa "continuará" la trayectoria más allá de que las partículas se dispersen en la explosión. Considerar a la explosión como una serie de fuerzas internas al sistema que se anulan entre sí lleva a esta solución: tanto la masa total, como el centro de masa del sistema, siguen las expectativas generales que el principio del que hablamos impone a las situaciones que caen bajo su alcance.

### Ejemplares, resolución y *frames*

Uno de los aspectos claves para resoluciones de problemas de este tipo es aquel que se refiere a la identificación de las situaciones que corresponden al alcance del ejemplar. Kuhn ha señalado que tal identificación es una de las habilidades que el aprendiz debe adquirir para integrarse a una comunidad científica.<sup>10</sup> Dado que la práctica de resolución de problemas mediante la aplicación de ejemplares no está gobernada por reglas explícitas, según dijimos, el aprendizaje tampoco está dirigido por indicaciones explícitas. Es un proceso más bien cercano al descubrimiento o construcción de la interpretación del ejemplar apropiada para la situación. Kuhn ha señalado que lo que ocurre en la cabeza de un científico al aplicar ejemplares es algo que no puede explicitarse o modelizarse desde el punto de vista de las inferencias lógicas.<sup>11</sup>

La noción de "*frame*", por su parte, se remonta al trabajo clásico de Marvin Minsky, "A framework for representing knowledge" de 1974. Allí Minsky lamentaba que las teorías disponibles en ese momento, tanto en Inteligencia Artificial como en Psicología, eran demasiado locales, no estructuradas y moleculares como para dar cuenta de la eficacia del pensamiento humano común. Y abogaba por la necesidad de construir unidades de procesamiento para el razonamiento, el lenguaje, la memoria y la percepción que fuesen más grandes y con mayor estructura, de manera que sus contenidos fácticos y procedurales estuvieran más íntimamente conectados entre sí, para poder explicar así la potencia y la velocidad de las actividades mentales.<sup>12</sup>

Los *frames* son, entonces, grandes estructuras de datos formadas básicamente por campos (llamados *slots*) y por valores por defecto asignados a cada uno de esos campos. Estos valores consisten en lo que es considerado típico para el objeto o situación representados, lo cual no implica que sean verdaderos para todas las situaciones y que no deban ser revisados para ajustarse a una situación particular. Un grupo de marcos (*frames*) constituye una estructura mayor aún, denominada "sistema de marcos".<sup>13</sup>

El supuesto en el que se basa Minsky consiste en advertir que cuando nos encontramos ante una situación nueva seleccionamos de la memoria una estructura, un *frame*, o sea, un

marco de referencia para ajustarse a la situación, a la vez que cambiamos en él tantos detalles como sean necesarios.<sup>14</sup>

Pero lo importante en esta selección de las estructuras de datos no es sólo la información que contienen, sino también los tipos de procedimientos cognitivos que vienen asociados con ellos de manera natural. Tales procedimientos se reflejan, en Inteligencia Artificial, en la explicitación de algoritmos implementables en ordenadores.

Este último punto acerca de la íntima relación existente entre las estructuras de datos y los procesos involucrados en ellas está fuertemente presente en *Computational Philosophy of Science* de Paul Thagard. Según él "no podemos discutir la estructura del conocimiento sin prestar atención a los procesos requeridos para hacer uso de ella."<sup>15</sup> Su propósito consiste en aplicar y desarrollar este enfoque en el campo de la filosofía de la ciencia, para lo cual ha desarrollado, en colaboración con Keith Holyoak, un programa de computación que denomina "PI" ("processes of induction").<sup>16</sup>

### El programa PI: aspectos estructurales

La descripción de PI comienza con la explicitación de la forma en que son representados los resultados particulares de observación y de inferencia, por medio de unidades llamadas "mensajes" (*messages*), las cuales son similares a las oraciones (*sentences*) del cálculo de predicados. Un mensaje es una lista que incluye: un predicado, un argumento, un valor de verdad, un grado de confianza, y el nombre del mensaje.

El grado de confianza permite la representación de hipótesis con sus correspondientes valores.

Las leyes científicas están representadas en PI por medio de reglas, que son enunciados de la forma si-entonces, como por ejemplo: "Si x es cobre entonces x conduce electricidad". Estas reglas están representadas ya, en PI, por medio de frames con una estructura rica. Por ejemplo, el programa puede registrar los éxitos y fracasos resultantes de la aplicación de una regla en la resolución de problemas, lo cual se expresará en un valor entre 0 y 1 que aparecerá en un campo llamado "fuerza" de la regla.

Los antecedentes y consecuentes de las reglas son llamados, respectivamente, "condiciones" y "acciones". Así, un frame que representa una regla contendrá, típicamente, los siguientes campos: Nombre (de la regla), Tipo de dato, Conceptos involucrados, Condición, Acción, Fuerza (de la regla).

Esta estructura rica de los frames que representan reglas hace posible la representación de estructuras con condiciones y acciones complejas.

Sin embargo, el rasgo más notable y epistemológicamente relevante en PI es la forma en que están representados los conceptos, junto con los aspectos procedurales que ellos involucran. Los conceptos están representados por frames al estilo de Minsky pero con una estructura aún mucho más rica que la utilizada para las nociones anteriores. Un concepto que representa un tipo de objeto o situación incluirá, en PI, información acerca de su lugar en una red jerárquica de conceptos: el sonido, por ejemplo, es un tipo de fenómeno físico que tiene como subtipos a la voz humana, la música, los ruidos naturales, los sonidos de animales, etc. De esta manera, el frame para sonido incluye otros conceptos, tanto supraordinados (fenómeno físico) como subordinados (voz, música, etc.).

También incluirá "mensajes" para enumerar las instancias que caen bajo la extensión del concepto, como así también reglas que describen las propiedades generales del concepto

en cuestión. Que los conceptos incluyan reglas en su representación computacional es un aspecto de importancia crucial, como se verá más adelante, puesto que involucra la actualización de aspectos procedurales específicos. En general, un *frame* para un concepto puede contener al menos los siguientes campos: Nombre, Tipo, Activación, Conceptos supraordinados, Conceptos subordinados, Instancias, Activado por, Reglas.<sup>17</sup> En particular, la cantidad de reglas presentes puede ser considerable. Estas reglas no constituyen un análisis estricto o una definición de "sonido". Expresan, más bien, lo que es típico de los sonidos y no lo que es universalmente verdadero de ellos. A su vez, cada regla asociada a un concepto constituye en sí misma un *frame* con considerable estructura, que involucra además aspectos procedurales como la activación, la acción, la satisfacción de objetivos, el grado de activación de la regla por la satisfacción de sus condiciones, etc.<sup>18</sup>

Hemos resumido hasta aquí los aspectos estructurales del programa de computación PI. Intentaremos ahora dar una descripción, necesariamente breve, de los aspectos procedurales omitiendo los detalles de su funcionamiento.

### El programa PI: aspectos procedurales

Thagard describe el funcionamiento de PI considerando, en general, tres tipos de procesos: resolución de problemas por medio de la activación de conceptos, resolución de problemas a través del uso de analogías, y procesos de inducción. El autor señala que la resolución de problemas es la actividad central del programa.<sup>19</sup> Dado un conjunto de condiciones de partida y de objetivos, el programa activa una serie de *frames* que conducirán desde esas condiciones de partida hasta los objetivos. La representación misma del problema es hecha por medio de un *frame* que típicamente incluye los siguientes campos: Nombre, Tipo, Partida, Objetivos, Tipo de problema, Activación. Es decir que el *frame* mismo para un problema dado incluye ya un conjunto de conceptos presentes en los valores de ciertos campos (principalmente en Partida y Objetivos). De manera que al activarse el *frame* correspondiente a un problema particular se activarán, entonces, los *frames* correspondientes a los conceptos presentes en las condiciones de partida y en los objetivos, los cuales, a su vez, activarán los *frames* correspondientes a sus conceptos, reglas e instancias asociados. Es importante observar en este punto que, una vez que está en ejecución el programa, las estructuras de datos constituidas por *frames* no son todas pasivas, aunque sólo un número limitado de ellas, en comparación con el conjunto de datos total, está activado. Esto redundará, en última instancia, en mejores tiempos de ejecución de las operaciones reclamadas, aunque hay que señalar también que los resultados no serán siempre los óptimos. Esto es un tópico ya clásico en Inteligencia Artificial, defendido por toda una tradición que incluye a Simon, Newell y Minsky, entre muchos otros.

La marcha del programa consiste, entonces, en esencia, en una propagación de activaciones de *frames* correspondientes a un gran número de conceptos y reglas principalmente. Sin embargo, la magnitud del proceso de activaciones es controlada al intervenir factores como la "fuerza" de las reglas involucradas, los valores de activación de los conceptos, la disponibilidad de conceptos y reglas en la memoria del programa, y otros.

Por ejemplo, para explicar por qué el sonido se propaga y se refleja, el programa parte con un *frame* que representa el problema, el cual contiene en sus condiciones de partida el concepto de "sonido". El *frame* correspondiente a "sonido" es activado entonces, el cual activa a su vez los conceptos y reglas asociados con él. Sin embargo, muchos de estos nue-

vos frames activados quedan pronto desactivados al intervenir los factores arriba mencionados. Finalmente, a través de una cadena de activaciones el programa llega hasta el concepto de "onda", con el cual podrá formar, a través de otro algoritmo, el concepto de "onda de sonido" para explicar la propagación y reflexión del sonido. Como puede apreciarse, entonces, la formación de conceptos nuevos forma parte, también, de los aspectos procedurales presentes en PI.

### **Relevancia de PI para la comprensión de la noción de "ejemplar"**

Queremos sostener que este modelo basado en propagación de activaciones es aplicable a esa clase especial de resolución de problemas que constituyen los "ejemplares" de Kuhn. Thagard mismo reconoce este hecho, aunque su referencia a esta pertinencia de PI con respecto a los "ejemplares" es algo escueta. No advierte que la aplicación de "ejemplares" es una actividad que puede resultar sumamente compleja, involucrando a veces la formación de conceptos nuevos en la forma descrita en la primera parte de este trabajo, e incluso, la formación de nuevos "ejemplares" a partir de otros. Tampoco considera los diversos niveles de complejidad presentes en la noción de "ejemplar", lo cual requiere la actualización de aspectos procedurales diferentes por medio de algoritmos computacionales diversos.

Sin embargo creemos que el modelo básico constituido por el programa PI es adecuado, en general, para iluminar los procesos cognitivos en el uso y generación de ejemplares. El modelo hace posible la comprensión de muchos de los rasgos peculiares que conllevan los "ejemplares", muchos de ellos señalados ya por Kuhn.

Con respecto al primer nivel, donde la aplicación del ejemplar es directa, el proceso involucrado en PI consiste solamente en la recuperación de la solución almacenada en un frame, y su aplicación. La selección del frame adecuado no ofrece mayores dificultades, ya que su fuerza para la activación es alta desde el inicio gracias a sus previas aplicaciones exitosas. La fuerza para la activación del frame es alta debido a que las aplicaciones de ejemplares a este nivel son las más comunes.

Uno de los rasgos del programa PI es que ante situaciones similares, las resoluciones respectivas le permiten formar un "esquema" más general de resolución.<sup>20</sup> Este aspecto es sumamente relevante para dar cuenta de la aplicación de ejemplares de segundo nivel. Recordemos que este nivel implicaba la generación de nuevos conceptos, lo que podría dar lugar a la construcción de nuevos ejemplares. En estos casos, el programa recupera un "esquema" que parece relevante, haciendo las modificaciones necesarias en sus campos, y generando también el o los nuevos conceptos necesarios mediante otro algoritmo del cual por brevedad hemos omitido los detalles.

El último nivel, el más difícil de aplicación de un ejemplar, requiere una interpretación especial de la situación en la que se aplicará. El programa recuperará muchas veces el frame adecuado, aunque tal recuperación exitosa no esté asegurada. Situaciones de fallos probables en la identificación del ejemplar correspondiente también ocurren en la resolución humana de problemas en este nivel. Estos fallos progresivamente se hacen menos probables, gracias a la práctica reiterada y variada de resolución de problemas desde un paradigma, como hemos señalado. Sin embargo, este aspecto también está reflejado en el modo de funcionamiento del programa gracias a la formación de "esquemas" y al aumento de las fuerzas de los frames correspondientes, debido a previas aplicaciones exitosas.

Otro aspecto interesante es que la aplicación de ejemplares a situaciones problemáticas puede diferir de individuo a individuo, sin que esto genere problemas de comunicación entre ellos. Con respecto a esta posibilidad, diferentes marchas del programa hacen posible la recuperación de los mismos frames y "esquemas" por vías de activación que no son siempre las mismas. De esta manera se explica cómo, a través de procesos diferentes, pueden identificarse exitosamente los frames y "esquemas" correctos. Y esta identificación se realiza sin apelar a la identificación de condiciones necesarias y suficientes. Creemos, así, que la consideración de los aspectos procedurales de PI permite iluminar, al menos parcialmente, muchos de los aspectos enigmáticos que Kuhn señala para su noción de "ejemplar".

Para concluir, recapitulamos el desarrollo de esta ponencia. En la primera parte hemos profundizado algunos pormenores de la noción de ejemplar, tratando de mostrar su complejidad y algunos aspectos que en principio no aparecían explicitados en otros tratamientos. En una segunda parte hemos mostrado cómo la consideración de nociones computacionales como la de frame y de sus aspectos procedurales implementados en un programa particular permiten una comprensión posible de estas dimensiones un tanto oscuras de la noción de ejemplar.

## Notas

<sup>1</sup> Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto "Descubrimiento Científico y Estrategias Inductivas", que dirige el prof. Víctor Rodríguez, subsidiado por Secyt - UNC y CONICOR.

<sup>2</sup> Cf. Kuhn (1963), p. 88-93, y Kuhn (1970b), p.272.

<sup>3</sup> Cf. Kuhn (1974), p.323-325, Kuhn (1970b), p.289.

<sup>4</sup> Cf. Kuhn (1970b), p.271ss.

<sup>5</sup> Cf. Kuhn (1970b), p.288; (1974), p. 335.

<sup>6</sup> Cf. Kuhn (1970b), p.273.

<sup>7</sup> Cf. Kuhn (1970b), p.272-282.

<sup>8</sup> Cf. Kuhn (1970b), p.289.

<sup>9</sup> Cf. Kuhn (1974), p.319s.

<sup>10</sup> Cf. Kuhn (1974), p.319; Kuhn (1970b), p.273.

<sup>11</sup> Cf. Kuhn (1974), p.326, nota al pie nro. 11.

<sup>12</sup> Cf. Minsky (1975), p. 211.

<sup>13</sup> Cf. *ib.*, pp. 212ss.

<sup>14</sup> Cf. *ib.*, pp. 211-212.

<sup>15</sup> Thagard (1988), p. 11.

<sup>16</sup> PI fue escrito en LISP por Paul Thagard, basándose en ideas desarrolladas en colaboración con K. Holyoak. Pueden hallarse descripciones de PI en Thagard y Holyoak (1985), Holland et al. (1986), y especialmente en los Apéndices 2 y 3 de Thagard (1988).

<sup>17</sup> Esta enumeración de los campos de un *frame* para un concepto no es exhaustiva. Debe tenerse presente que algunos de los valores de los campos cambian durante la marcha del programa. Así, por ejemplo, el campo "Activación" registra, para un momento dado, si el *frame* está activado o no (sus valores pueden ser, por tanto, 0 o 1). "Instancias" indica individuos conocidos que caen bajo la extensión del concepto. Este campo puede estar vacío, como en el caso del *frame* para "sonido", o puede tener valores particulares, como "Moby Dick" en un *frame* para "ballena". El campo "Activado por" registra, para un momento dado, el o los *frames* (que pueden ser de conceptos, de reglas, o de problemas) que han producido la activación del *frame*. Véase también la nota siguiente.

<sup>18</sup> En muchos casos, los aspectos procedurales quedan registrados en los valores de campos determinados, durante la marcha del programa (cf. nota anterior). Las enumeraciones de campos dadas en el texto son meramente ilustrativas, y no exhaustivas. Para mayor detalle, cf. Thagard (1988), especialmente pp. 17-18 y Apéndices 2 y 3. "Satis-



facción de objetivos" registra si el uso de la regla satisface los objetivos puestos por un problema (representado, a su vez, por un *frame* particular). El "grado de activación de la regla" es calculado sobre la base de la satisfacción de las Condiciones de la regla y se expresa con un número entre 0 y 1. Esto permite comparar los valores correspondientes a diferentes reglas y elegir primero la que posea mayor valor.

<sup>19</sup> Cf. al respecto y para lo que sigue, Thagard (1988), pp. 19ss.

<sup>20</sup> Thagard (1988), p. 25.

### Referencias bibliográficas

- Holland, J., Holyoak, K., Nisbett, R., and Thagard, P. (1986). *Induction: Processes of Inference, Learning, and Discovery*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press/Bradford Books.
- Kuhn, Thomas Samuel (1963). "The function of Dogma in Scientific Research". En A. Crombie (rec.), *Scientific Image*, p. 347-369. Heinemann.
- Kuhn, Thomas Samuel (1970a). "Reflections on My Critics". En I. Lakatos y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, p. 1-20. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kuhn, Thomas Samuel (1970b). "Posdata". En *La Estructura de las Revoluciones Científicas*, p. 268-319. México: FCE, 1987.
- Kuhn, Thomas Samuel (1974). "Algo más sobre los Paradigmas". En *La Tensión Esencial: estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia*, p. 316-343. México: FCE, 1987.
- Minsky, Marvin (1974). "A framework for representing knowledge". A.I. Memo N° 306, Cambridge, Massachusetts: MIT Artificial Intelligence Laboratory.
- Minsky, Marvin (1975). "A framework for representing knowledge". En P.H. Winston (ed.), *The Psychology of Computer Vision*, pp. 211-277. New York: McGraw-Hill.
- Thagard, Paul (1988). *Computational Philosophy of Science*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press/Bradford Books.
- Thagard, Paul, and Holyoak, Keith (1985). "Discovering the wave theory of sound: induction in the context of problem solving". En *Proceedings of the Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 610-612. Los Altos: Morgan Kaufmann.