

Acerca del problema de marco original y algunos otros problemas relacionados

About the original frame problem and some other related problems

María Inés Silenzi*

Resumen: El problema de marco es uno de los problemas más controvertidos y difíciles de resolver dentro del campo de la filosofía de la mente, y aun hoy no se ha logrado consensuar su definición ni su solución. Es por esta razón, que nuestro principal objetivo es esclarecer el *problema de marco original*, y algunos otros problemas relacionados. Sostendremos que incluso esta formulación del problema, de entre varias, posee muchos aspectos y que no puede entenderse como “un” solo problema sino más bien como un conjunto de problemas estrechamente relacionados con la misma cuestión.

Palabras claves: Problema de marco, Formulación lógica, Resoluciones lógicas, Problemas relacionados.

Abstract: The frame problem is one of the most controversial and difficult problems to solve within the field of philosophy of the mind, and even today it has not been possible to reach a consensus on its definition or its solution. It is for this reason that our main objective is to clarify the original frame problem, and some other related problems. We will argue that even this formulation of the problem, among several, has many aspects and that it cannot be understood as “one” problem only but rather as a set of problems closely related to the same issue.

Keywords: Frame problem, Logic interpretation, Logic resolutions, Related problems.

* Profesora, Licenciada y Doctora en Filosofía por la Universidad Nacional del Sur. Investigadora Adjunta del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) con lugar de trabajo en el Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur (IESS). Dirección electrónica: misilenzi@gmail.com

1. Introducción

Desde un punto de vista histórico, la no resolución del problema de marco (*frame problem*) ha explicado, para algunos investigadores en Inteligencia Artificial, la falta de progreso de esta disciplina, o, por lo menos, su lento progreso, debido a que este particular problema finalmente resultó mucho más complejo de lo que se pensaba (Crockett, 1994). Otra formulación alternativa, sin embargo, es que el paradigma de investigación de la Inteligencia Artificial GOFAI¹ (acróstico de “*good old-fashioned artificial intelligence*”, para hacer referencia al enfoque tradicional de la Inteligencia Artificial basado en la lógica clásica y solución de problemas) debe someterse a un cambio radical para que éste y otros problemas puedan resolverse. Sea desde una u otra alternativa, el futuro de la Inteligencia Artificial ha dependido en gran medida de la resolución del problema de marco al punto de considerarse su no resolución “como uno de los síntomas del inevitable fracaso de la Inteligencia artificial”.² De acuerdo con estas declaraciones, es clara la responsabilidad que en el campo de la Inteligencia Artificial tradicional se le ha atribuido a nuestro problema de interés, lo cual, sostenemos, mantiene al problema de marco como un problema aún vigente dentro de su campo de investigación. Ahora bien, aunque existe cierto acuerdo en que este problema es uno de los más interesantes de tratar, aun hoy no se ha logrado consensuar acerca de qué se entiende por tal problema ni cual sea su solución, si es que existe, convirtiéndose ambos desacuerdos en fuertes debates. Ya en otros trabajos (ver Silenzi 2014a y 2015) nos hemos orientado en detalle hacia estas controversias, denominadas por nosotros como la *dificultad definicional* y la *dificultad resolutive* del problema de marco.

La primera de estas dificultades es puramente definicional puesto que cuestiona de qué trata realmente el problema.³ Al revisar la literatura al

¹ El término fue acuñado por Haugeland (1985) al explorar las implicancias filosóficas del proyecto de investigación de la Inteligencia Artificial.

² Crockett, C., *The Turing Test and the Frame Problem: AI's mistaken understanding of intelligence*, New Jersey, Ablex Publishing Corporation, p. viii, 1994.

³ Quizás, antes de avanzar y a título de introducción, resulte conveniente aclarar, desde un punto de vista etimológico, la expresión “*frame problem*”. Esta expresión podría ser traducida como “problema de marco” o “problema de cuadro”. Shanahan menciona que McCarthy (a quien se considera el primero en mencionarlo) estaba leyendo un libro de geometría cuando acuñó la expresión “*frame problem*” como “*analogous to that of choosing a co-ordinate frame*”. De acuerdo con esta

respecto, podemos observar que en la mayoría de los artículos se menciona esta dificultad como “inherente” al problema. Esta cuestión es precisamente discutida en Brown (1987), Ford y Pylyshyn (1996) y Pylyshyn (1987), entre otros, siendo éstos algunos de los principales estudios acerca del problema de marco que reflejan su trascendencia en la década de los ‘80 y ‘90. Ford y Hayes (1991), en uno de los libros claves acerca de nuestro problema, denominado “*Reasoning Agents in a Dynamic World: The Frame Problem*”, toman como punto de partida la discusión entre Fetzer y Hayes acerca de la naturaleza del problema, analizando cada uno de los argumentos y contrargumentos que frente a las distintas definiciones se sostienen. Lormand (1991) a propósito de la misma dificultad, titula su artículo “Framing the frame problem”, resaltando la misma controversia, mientras que en Perlis (1990) y en Van Brakel (1993) se proponen una lista de hasta dieciséis definiciones y una familia de problemas relacionados. Morgenstern (1996) titula una sección especial dentro de su artículo como: “What the Frame Problem Really Is and What the Frame Problem Was Taken to Be?” y Stein⁴ (1990) utiliza una metáfora que, creemos, refleja la confusión que se plantea al querer definir el problema: “a definition of the ‘frame problem’ is harder to come by than the Holy Grail”.⁵

formulación “original” del problema, a la que consideraremos luego con más detalle, el término se traduciría como “problema de marco”. El “problema de cuadro” (Russell y Norvig, 2003), por otra parte, sería aquella traducción que apela a la analogía del “frame problem” con una técnica común utilizada por los encargados de la elaboración de los dibujos animados llamado “encuadre” donde las partes móviles de la historieta se superponen en el “cuadro”, lo cual representa el fondo de la escena que no cambia. No nos detendremos en el análisis de estas traducciones, simplemente hemos querido resaltar la discusión etimológica que ya desde la expresión “*frame problem*” se plantea.

⁴ Stein, L., “An atemporal Frame Problem”, *International Journal of Expert Systems*, 4, 1990, pp. 371-381.

⁵ La tarea de especificar qué es el problema de marco es una tarea difícil (Dennett, 1984), pero tal vez una manera de obtener claridad sobre esta cuestión es ofrecer cierta división entre las distintas interpretaciones del problema atendiendo al énfasis que ellas hacen. En efecto, sostenemos que varias de las discrepancias entre las formulaciones se deben al acento que se quiere poner sobre las distintas interpretaciones y “aristas” del problema, las cuales se derivan del campo disciplinar desde donde se postulan. Al respecto, Crockett (1994) diferencia entre el “problema de marco general” y el “problema de marco específico” para diferenciar el problema de marco filosófico de aquel que proviene del campo de la Inteligencia Artificial.

Atendiendo ahora a la segunda dificultad del problema, es decir, a su *dificultad resolutiva*, y suponiendo que pueda ser definido, resultan claves las preguntas: ¿es posible solucionar el problema de marco?, ¿hay una o varias soluciones de este problema? Incluso podemos ir más allá y preguntarnos acerca de qué entendemos por “solución” para este tipo de problema. Cabe aclarar que es a éstas y otras tantas cuestiones a las que se refiere la dificultad mencionada, es decir, es a propósito de lo que denominamos “dificultad resolutiva” que queremos enfatizar algunos puntos. Ya hemos mencionado la responsabilidad que en el campo de la Inteligencia Artificial tradicional se le ha atribuido a la no resolución del mismo. Ahora bien, y en esta relación se basa nuestro trabajo, si bien es importante esclarecer cada una de las dificultades inherentes al problema por separado, es menester, antes de arriesgar cualquier solución que intente resolverlo, aclarar la formulación particular que se tenga en mente. Esta particular relación ya ha sido examinada en detalle en otros trabajos (Silenzi 2014b y 2015) al orientarnos en relación con una de las principales confusiones alrededor del problema de marco: suponer que una única solución puede resolver cualquier formulación posible. Precisamente en el artículo de Morgenstern (1996), “The problem with solutions to the frame problem”, se discute esta cuestión. El autor postula siete criterios que, según cree, deben considerarse a la hora de estimar cualquier solución del problema. De entre ellos, sugerimos que el siguiente criterio refleja adecuadamente la relación que hemos querido dilucidar: cualquier solución que se proponga para resolver una formulación del problema de marco (*dificultad resolutiva*), debe resolver *esa* misma formulación del problema y no otra (*dificultad definicional*). Este criterio resulta como consecuencia del siguiente patrón de investigación: “A toy problem, presumably meant to be a characteristic instance of the frame problem, is introduced; a solution is proposed; a new variant on the toy problem is

Muchos, atendiendo también al área desde donde se puede interpretar el problema, diferencian el “problema de marco de la Inteligencia Artificial” (técnico, clásico, lógico) del “problema de marco filosófico o epistemológico” (Shanahan, 1997, 2003, y Kamermans y Schmits, 2004). Creemos que tal división también responde a un punto de vista histórico, pues existe un acuerdo general en que es en la Inteligencia Artificial en donde el problema se ha originado, dando lugar después a otro tipo de interpretaciones. Es por este doble criterio, histórico y disciplinar, que atenderemos al problema de marco tal como fue planteado, denominado por ello el “problema de marco original”.

introduced; it is discovered that the old solution cannot solve the new toy problem, and so on”.⁶

Visto de esta manera, parecería imposible alcanzar una resolución universal del problema, como aquella que correspondería a un problema matemático, pues lo que se está reclamando en nombre del problema de marco es cierta explicación sobre algunas cuestiones que se encuentran “iluminadas” por él: dependiendo de las cuestiones que están iluminadas, es decir de las interpretaciones que consideremos (dificultad definicional), es que se postularán ciertas soluciones (dificultad resolutive). Como consecuencia de esta particularidad, es casi inevitable la sensación de estar realizando un esfuerzo inútil si se intenta resolverlo totalmente. En efecto, cuando nos ilusionamos por haber encontrado una solución, alguien rápidamente nos puede objetar que ésta no soluciona algún otro aspecto no considerado. Así, se han ofrecido soluciones de tipo lógico a interpretaciones de tipo filosófico, y a la inversa, soluciones filosóficas a interpretaciones de tinte lógico, generándose varios debates y controversias producto del no esclarecimiento de la particular relación antes mencionada.

Así, nuestra cuestión clave destaca la necesidad de tener en claro la naturaleza del problema de marco a la hora de presumir una solución “definitiva-universal” de él, pues la posibilidad, o no, de resolverlo va a depender de la formulación que se tenga en mente. Si lo entendemos como un problema matemático, tal vez puede ser solucionado definitivamente, pero si lo entendemos como un problema filosófico, su solución quizás resulte más difícil, o incluso imposible de alcanzar.

Como consecuencia de la relación que entre dificultad definicional y dificultad resolutive hemos establecido, resulta acertado entonces suponer que bajo una formulación del problema no existe una solución definitiva, mientras que, bajo otra formulación, distinta a la primera, sí la hay. Al respecto, también Ross (1990) postula dos tipos de resolución: posibilidad teórica y posibilidad práctica. Cada una de estas posibilidades depende del campo disciplinar del que la formulación del problema de marco provenga. Si tenemos en mente una formulación del problema proveniente del campo de la filosofía, entonces su posibilidad resolutive es de tipo teórica. Si, en

⁶ Morgenstern L., “The problem with solutions to the frame problem”, en K. Ford y Z. Pylyshyn (Eds.), *The Robot's Dilemma Revisited*, Norwood, Ablex, 1996, pp. 9-133.

cambio, tenemos en mente una formulación del problema proveniente del campo de la Inteligencia Artificial entonces su posibilidad resolutive es de tipo práctica. Lo mismo podría decirse con respecto a su imposibilidad. Como sea, subyacente a estas distinciones se encuentra la relación que en este trabajo queremos destacar.

Al respecto, es interesante el comentario que hace Shanahan (2009) en su epílogo, al preguntarse si el problema de marco está resuelto. El autor sugiere, desde un punto de vista filosófico, que una de las cuestiones más interesantes al investigar el problema es que no hay un acuerdo general acerca de qué constituiría “una solución”. A la inversa, sí existe un acuerdo con respecto a la resolución del problema de marco lógico/original, a saber, que las herramientas lógico-matemáticas que lo intenten solucionar deben ser tan precisas y rigurosas como aquellas que se ejercen sobre cualquier problema de matemática no resuelto. Este desacuerdo con respecto a la dificultad resolutive del problema le resulta “intoxicante” al autor. Para nosotros, tal desacuerdo resulta consecuencia de la relación que entre la dificultad definicional y la dificultad resolutive se establece. Simplemente se debe suponer que bajo una formulación del problema no hay acuerdo en el modo de resolverlo, mientras que, bajo otra formulación, distinta de la primera, sí lo hay. Así como es una tarea difícil el lograr una definición universal del problema de marco, también lo es el lograr una solución universal del mismo, pues cada resolución dependerá del aspecto o naturaleza del problema que se quiere enfatizar. En resumen, cualquier investigación deberá tener en cuenta esta relación “bisagra” entre las dificultades claves ya mencionadas.

Es por esta razón que, con el objetivo de dilucidar claramente las distintas interpretaciones del problema, para luego sí estimar adecuadamente algunas soluciones posibles sobre cada una de ellas en particular, nos orientaremos, desde un punto de vista histórico, a lo que de acá en más denominaremos “el problema de marco original”, prestando especial atención a algunas de las dificultades más importantes que le dieron origen (§ 2), como así también a algunas soluciones que intentaron superarlas (§ 3). Luego (§ 4), siendo nuestro objetivo principal esclarecer con la mayor nitidez posible la formulación del problema, enfatizaremos algunos aspectos que se relacionan o se derivan de él, tales como el problema de la cualificación, el problema de la ramificación, el problema de la persistencia, el problema de la proyección temporal hacia adelante (o problema de la predicción) y, entre varios otros, el problema de la proyección temporal hacia atrás, los cuales a veces se confunden con el problema de marco original. Finalmente (§ 5),

sostendremos, en base a nuestros resultados, que aun el problema de marco original, siendo una formulación posible de entre varias, posee varias aristas y que no se puede interpretar como “un” sólo problema en particular sino más bien como un conjunto de problemas estrechamente relacionados. Es a estas cuestiones, que, a modo de intersección, permiten establecer distintos problemas, aunque relacionados, a las que prestaremos especialmente atención en esta última sección. Solamente, y una vez ellas disipadas, se pueden proponer distintos tipos de soluciones y examinar sus alcances y limitaciones; de lo contrario, y en esto se basa nuestra posición, surgen varias complicaciones que sólo dificultan la tarea de resolverlo.

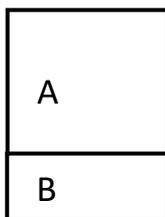
2. El problema de marco original

Hay acuerdo entre los que tratan el problema de marco que éste se formula por primera vez en el artículo “Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence” (McCarthy y Hayes, 1969) a propósito del cálculo de situaciones. En este apartado atenderemos a esa formulación y a algunas de sus principales dificultades. Antes de comenzar, creemos conveniente aclarar que, para algunos autores, el problema de marco es un “viejo problema disfrazado con traje de cálculo moderno”⁷. Entre ellos se encuentra Glymour, quien sostiene que, aunque pueda concederse que la Inteligencia Artificial le ha dado un nuevo giro al problema, el problema de marco ya se encontraba estrechamente relacionado con otros problemas, considerados “viejos amigos de la filosofía”, vinculados con la determinación de la relevancia. Más allá que sea descubierto por la Inteligencia Artificial o no, lo cierto es que, a partir de la formulación de McCarthy y Hayes, este problema fue reconocido por varios investigadores, iniciándose un debate que permanece hasta la actualidad. Comencemos, pues, con el problema de marco original. En varias discusiones formales acerca de este problema⁸ se introduce, para explicar la estructura lógica del mismo, el “mundo de los bloques”. Utilizaremos la misma estrategia, pero para ello debemos describir antes el denominado “cálculo de situaciones”. Es McCarthy (1958) quien, a propósito del razonamiento de sentido común y la posibilidad de formalizarlo dentro de la lógica de primer orden, a mediados de 1960,

⁷ Crockett, C., 1994, p. 3.

⁸ Véase también Horty (2001) y varios manuales de Inteligencia Artificial como Russell y Norvig (2003 y 2010).

desarrolla el cálculo de situaciones, una instancia de la lógica formulada especialmente para describir el cambio, o, en otras palabras, para representar los efectos de acciones. Bajo este cálculo se concibe al mundo como una secuencia de situaciones, las cuales se generan mediante acciones desde situaciones anteriores. Pero, para comprender mejor este cálculo debemos atender a la ontología del cálculo de situaciones, las cuales incluye situaciones, acciones y fluentes. Las *situaciones* (*s*) pueden entenderse como fotos instantáneas del mundo o como un completo estado del universo en un momento dado del tiempo. Los *fluentes* (*f*) pueden ser entendidos como “a function whose domain is the space *Sit* of situations”⁹ y que pueden tomar distintos valores, verdadero o falso, en diferentes situaciones. Éstos pueden también ser pensados como “a time-varying properties”¹⁰. Por último, las *acciones* (*a*) son un modo por medio de las cuales, al cambiarse el valor de algún fluente, se generan nuevas situaciones basadas en las anteriores. El lenguaje del cálculo de situaciones también incluye el predicado *Se tiene* (Holds), que relaciona determinado fluente con aquellas situaciones donde éste es verdadero, y la función *Resultados* que expresa la situación resultante de la ejecución de una acción en una situación determinada. Veamos la Figura 1 en donde se muestra una situación particular que puede ser adecuadamente descripta utilizando la terminología propuesta:



Mesa

Figura 1. Torre de bloques

⁹ McCarthy. J., “Applications of circumscription to formalizing common sense knowledge”, *Artificial Intelligence*, 26, 1986, pp 89-116.

¹⁰ Shanahan, p. 2, 1997.

En esta situación se encuentran dos bloques apilables y lo que se intenta describir son los efectos de mover los bloques. Inicialmente se tiene el bloque A libre (donde “libre” denota que hay espacio suficiente para colocar un bloque sobre otro bloque o sobre la mesa), luego se tiene al bloque A sobre el bloque B (donde “sobre” denota que un bloque está sobre otro bloque o sobre la mesa), luego se tiene al bloque B sobre la mesa y, finalmente, se tiene a la mesa libre (en el sentido ya explicado).

Formalmente:

Se tiene (S₀, Libre (Bloque A))
Se tiene (S₀, Sobre (Bloque A, Bloque B))
Se tiene (S₀, Sobre (Bloque B, Mesa))
Se tiene (S₀, Libre (Mesa))

S₀ denota la situación que es descrita en la Figura 1 y el fluente *Sobre (Bloque A, Bloque B)* está relacionado con S₀ por el símbolo predicativo “*Se tiene*”. Esta es una manera de describir qué fluentes se sostienen en una determinada situación. Hemos dicho también que el cálculo de situaciones incluye también *Resultados*, los cuales son símbolos de función que relacionan dos argumentos, el primero es una acción y el segundo una situación entre nuevas situaciones. Por ejemplo, consideremos la acción de poner el Bloque A sobre la mesa:

Poner sobre (Bloque A, Mesa)

Con *Resultados* podemos denotar la nueva situación que se produce si la acción previa es realizada en la S₀:

Resultados (Poner sobre (Bloque A, Mesa), S₀)

Y para establecer, por ejemplo, que el Bloque B se encuentra sobre la mesa luego de esta acción, decimos:

Se tiene (Resultados (Poner sobre (Bloque A, Mesa), S₀), Sobre (Bloque B, Mesa))

También podemos mencionar, dentro del cálculo de situaciones, ciertas fórmulas que describen los efectos de ciertas acciones, adecuadamente llamadas *axiomas de efectos* (*effect axioms*). Éstos deben considerar las precondiciones de una acción, es decir, los fluentes que son necesarios suponer para que ciertas acciones puedan realizarse:

$$Se\ tiene\ (s,\ libre(x)) \wedge se\ tiene\ (s,\ libre\ (y)) \wedge x \neq mesa \wedge x \neq y \rightarrow Se\ tiene\ (Resultados\ (Poner\ sobre\ (x,\ y),\ s),\ Sobre(x,y))$$

Ahora bien, McCarthy y Hayes supusieron, que, dentro de la formalización del cálculo de situaciones, podrían plantearse ciertas dificultades si se les cuestionaba sobre cómo formalizar en el cálculo los fluentes lo que *no* cambia cuando una acción determinada es realizada. Siguiendo con el ejemplo de los bloques sobre la mesa, introduzcamos este nuevo hecho a S_0 :

$$Se\ tiene\ (S_0,\ Rojo\ (Bloque\ A))$$

¿Es verdadero que, a partir de este nuevo hecho *Se tiene* (*Resultados* (*Poner sobre* (*Bloque A*, *Mesa*), S_0), *Rojo* (*Bloque A*))? Claramente, cualquiera ser humano diría que no, pues no hay razones para pensar que el Bloque A cambia de color sólo por el hecho de moverlo de lugar. Sin embargo, en la formalización del cálculo de situaciones no se habían incluido enunciados que permitan demostrar esto, es decir, no se había formalizado de manera adecuada lo que se intentaba modelar. Se debía pues introducir en tal formalismo la hipótesis de que las cosas permanecen rojas aun al ser movidas:

$$Se\ tiene\ (s,\ Rojo(x)) \rightarrow Se\ tiene\ (Resultados\ (Poner\ sobre\ (x,\ y),\ s),\ Rojo(x))$$

Este axioma, denominado *axioma de marco*¹¹ (*frame axiom*), describe la persistencia de un fluente al *no* ser afectado por una acción. Aunque pueda o no haber espacio en la mesa como para poner muchos más bloques, sea cual sea la situación y, asumiendo que el bloque B y la mesa pueden tener otros

¹¹ A estos axiomas a veces se los llama “axiomas cuadro”, de acuerdo con la traducción de la expresión “frame problem” como “problema de cuadro” (Russell y Norvig, 2003).

colores, el color que tiene cualquier ente que se encuentre en esa situación no varía después de la acción *Poner sobre*. Las especificaciones acerca de qué propiedad(es) cambian, dada una o más acciones, tendrá que ser codificado en un programa. En la Inteligencia Artificial, basada en la lógica clásica, esto se hace mediante la codificación de los ya mencionados “axiomas de marco” (Viger, 2006). Pero varios fluentes permanecen iguales cuando un bloque se mueve. La cantidad de axiomas de marco necesarios para describir las acciones adecuadamente puede engrosarse rápidamente en comparación al dominio de n fluentes y m acciones porque, en general, la mayoría de los fluentes no se encuentran afectados por la mayoría de las acciones. Obviamente, cuanto más propiedades o acciones se representan, más compleja será la tarea. He aquí el problema de marco original: “problem becomes one of how to formally contend with the problem of how to reason about the effects of actions without having to contend with an unmanageably vast set of frame axioms”.¹²

Cada vez que agregamos una nueva acción, tendríamos que agregar casi tantos axiomas de marco como fluentes hay y, a su vez, cada vez que agregaríamos un nuevo fluente tenemos que agregar casi tantos axiomas de marco como acciones hay. Por lo tanto, la cantidad total de axiomas de marco requeridos para un dominio de n fluentes y m acciones será, como máximo, de $m \times n$. Ahora bien, en la medida en que queramos que agentes inteligentes actúen en dominios amplios, tenemos que encontrar una manera de minimizar esos axiomas de marco pues, de lo contrario, el tiempo que un agente necesite para predecir una situación determinada sería significativo. Específicamente, la inclusión de axiomas marco sería exitosa sólo en situaciones en las que hay un número muy limitado de fluentes y acciones: si se requiriera algo más que unas pocas acciones y fluentes, tales como en la gran mayoría de las tareas que realizamos en el mundo (un mundo real, no artificial), el número de axiomas marco necesarios se convierte rápidamente en una cuestión computacionalmente difícil de manejar. El problema de marco surge entonces cuando uno intenta expresar los efectos de las acciones, o de los eventos involucrados usando la lógica clásica como herramienta de formalización. A través de esta lógica deberíamos describir (formalmente) no sólo qué cambia cuando una clase particular de acción es realizada, o un evento en particular ocurre, sino también lo que *no* cambia.

¹² Shanahan, 1997, p. 5.

En otras palabras, el problema de marco surgió como el problema de cómo representar, de la manera más sucinta desde el punto de vista lógico, la manera en que las propiedades de los objetos *no* cambian cuando se actúa sobre ellos (Shanahan, 2003). Dada cualquier acción, muchas de las propiedades de varios objetos se mantendrán constantes, durante y después de la ejecución de tal acción. Por ejemplo, cuando se mueve una bola de billar de un lugar a otro el color de la bola no cambia, ni tampoco su forma o su tamaño. Tampoco cambiarán otros objetos de esa habitación. En una descripción que incluya el hecho particular de pintar las paredes de una oficina deberíamos describir no sólo que lo que cambia finalmente es el color de las paredes de la oficina, sino también deberíamos incluir afirmaciones que reflejen que ciertos hechos *no cambian* por el hecho de pintar la pared: pintar las paredes no altera la forma ni el espesor de la pared; pintar las paredes no altera mi corte ni mi color de pelo. Es claro que esta lista puede extenderse indefinidamente. Cuando usamos el sistema lógico clásico de primer orden para describir los efectos de tales acciones, la descripción acerca de lo que *no cambia* resulta mucho más extensa que la descripción que se refiera acerca de lo que *sí cambia*.

En otras palabras, el problema de marco original es el problema de cómo representar en un programa, de la forma más concisa posible, el hecho de que en una situación determinada la mayoría de las propiedades de los objetos permanecen iguales o no son afectadas por la ejecución de una determinada acción. Descripto el problema de marco original, a continuación consideraremos algunos intentos por resolverlo, para luego retomar esta formulación del problema y algunos problemas que de ella se derivan.

3. ¿Soluciones lógicas del problema de marco original?

En la sección anterior hemos tratado la dificultad de definir el problema, y las dificultades que se presentan al momento de resolverlo. Si bien, dada la formulación propuesta, para algunos investigadores parece “intuitivo” resolverlo, la realidad es que, al momento de ofrecer soluciones precisas, éstas se disipan. Visto el progreso y gran cantidad de sistemas diseñados inteligentemente que ni siquiera se enfrentan al problema de marco, resulta tentador suponer que la resolución de este problema no es un requerimiento para el éxito de la Inteligencia Artificial. Sin embargo, existe un consenso general de que la Inteligencia Artificial, y más particularmente una de sus principales áreas denominada “razonamiento de agentes en un mundo

dinámico”, sólo puede tener éxito si el problema de marco se encontrara definitivamente resuelto (Bringsjord y Welty, 1994). Al respecto, para algunos autores, como para Shanahan, el capítulo lógico del problema de marco ya podría considerarse cerrado, puesto que, en mayor o en menor medida, el problema ya estaría resuelto (Shanahan, 2009). Más allá de la certeza o no de esta afirmación, no es nuestra intención realizar una evaluación objetiva de las soluciones lógicas propuestas del problema de marco original, sino que sólo intentaremos hacer una descripción sintética de algunas de las más significativas. Para describirlas, proponemos hacer una primera gran división entre aquellas soluciones que se han ofrecido durante el período entre finales de los ‘80 y principios de los ‘90, por un lado, y, por el otro, aquellas que se han desarrollado a partir de los ‘90 hasta la actualidad.

Dentro del primer período se pueden encontrar, a su vez, tres amplios enfoques que intentaron solucionar al problema de marco original: el procedimental, el monótono y el no-monótono. Dentro del enfoque procedimental, considerado por algunos un híbrido entre la lógica y la computación procedural, se encuentra el intento de solución de Fikes y Nilsson (1991), en que se definen los operadores STRIPS. Dentro del enfoque monótono, podemos encontrar los intentos de solución de Brown y Park (1987) y de Reiter (1991), quienes usan el lenguaje modal Z, y también, entre otros, el propuesto por Schwind (1987), quien usa el lenguaje modal ZK. Ahora bien, debido al impacto y trascendencia que Shanahan le otorgó al enfoque no monótono, al atribuirle haber cerrado el capítulo lógico del problema de marco resolviéndolo definitivamente, atenderemos muy especialmente a la naturaleza de ese enfoque. Hasta el momento nos hemos referido a la lógica monótona para describir las dificultades que le dieron origen al problema de marco, pero como menciona Reiter, si los investigadores en Inteligencia Artificial están de acuerdo en algo es que un artefacto inteligente debe ser capaz de razonar acerca del mundo que habita. Este artefacto debe poseer varias formas de conocimiento y creencias acerca de su mundo, y debe usar esa información para inferir información ulterior acerca de aquel mundo con el fin de tomar decisiones, planificar y realizar acciones, responder a otros agentes, etc. El problema técnico para la Inteligencia Artificial es caracterizar los patrones de razonamientos que requiere semejante artefacto inteligente y realizarlos computacionalmente (Reiter, 1987). Es por éstas y otras varias razones, que dentro de la Inteligencia Artificial se han desarrollado distintos enfoques para desarrollar los recién mencionados patrones, resultando clave el uso de la lógica no

monótona. Así, dentro de la Inteligencia Artificial, el estudio de las consecuencias no monótonas y sus aplicaciones resultó ser sinónimo del estudio de las técnicas formales del llamado “*default reasoning*” (razonamiento por omisión).

Restringiéndonos entonces al enfoque no monótono, la solución dominante a la hora de resolver el problema de marco original fue la idea de la circunscripción (*circumscription*) presentada en el artículo de McCarthy (1980) y revisado en 1986. La idea subyacente a la circunscripción fue restringir (minimizar) las extensiones de un predicado, o de un conjunto de predicados, tanto como sea posible (Shanahan, 1997). Esto permitiría, por ejemplo, describir una proposición como “Las aves usualmente vuelan” mediante la reformulación. “Las aves vuelan, a no ser que sean anormales”. Formalmente: $[\forall x \text{ ave}(x) \wedge \neg \text{anormal}(x) \Rightarrow \text{vuela}(x)]$. La clase de pájaros anormales, de esta manera, estaría restringida tanto como sea posible. Un avestruz podría no ser capaz de volar, pero, hasta que no se demuestre que es un pájaro anormal en algún aspecto, sería válido concluir que podría volar.

Volviendo a nuestro problema, McCarthy (1986) extendió esta idea hacia el razonamiento de tipo temporal, al definir una regla que describe cuáles fluentes permanecerían iguales (o se sostendrían) en el tiempo, formalmente: $[\forall f, e, s: \text{Holds}(f,s) \wedge \neg \text{abnormal}(f,e,s) \Rightarrow \text{Holds}(f, \text{result}(e,s))]$ donde f es un fluente, e un evento y s una solución. Así, al agregar esta regla, parecería que McCarthy habría resuelto el problema del marco, pues es inherente a esta solución el hecho de que las cosas que no deberían ser modificadas dada una acción, son, de hecho, no modificadas, y esto sin la utilización de axiomas de marco. Sin embargo, dentro de este intento de solución del problema de marco, usando circunscripción, aparecen dos nuevos problemas. El primero, plantea que no se consideran bajo esta solución a las acciones simultáneas, tales como, volviendo a nuestro ejemplo inicial, que un agente esté moviendo un bloque mientras otro agente esté moviendo otro bloque. Estas acciones no serían descriptibles bajo esta solución sin agregárseles reglas que permitan que la posibilidad de mover un bloque no causalmente resulte en que otro bloque sea movido. El segundo de estos problemas es descubierto por Hanks y Mc Dermott (1986 y 1987) conocido como el “Yale Shooting Problem”. Más precisamente este problema emergió como una anomalía cuando se intentó circunscribir la siguiente situación. Tenemos un arma de fuego, que se carga en el momento $S0$, después de lo cual se espera un tiempo indeterminado (que vaya hacia $S1$ y en $S2$) y que se dispara hacia Fred, nuestro mejor amigo. En circunstancias

normales esto sería equivalente a un asesinato, pero en un enfoque circunscriptivo en realidad puede ser el caso de que nuestro mejor amigo podría seguir vivo, debido a dos supuestos que se circunscriben en esta situación. La primera suposición es que los seres humanos por lo general sobreviven, y el segundo supuesto es que las armas no se descargan espontáneamente. La situación donde esperábamos haber matado a Fred, viola el primer supuesto a través de la acción disparar, pero también es posible que sea el segundo supuesto el que es violado: mientras no esté explícitamente indicado en algún lugar, el enfoque circunscriptivo permite la posibilidad de que la pistola se descargue en algún momento durante una acción de espera. A pesar de que la primera situación sería intuitiva y la segunda no lo sería, ambas son igualmente probables cuando se circunscribe este escenario.

Hasta aquí, hemos expuesto algunas de las soluciones del problema de marco original que se postularon durante el período de finales de los '80 y principios de los '90. A continuación, describiremos algunas de las soluciones que se postularon después de los '90. Estas últimas soluciones intentaron superar algunas de las dificultades descritas, especialmente aquella relacionada con las acciones recurrentes. Dos de las soluciones más reconocidas durante este último período son, en orden cronológico, el cálculo circunscripto de eventos (Shanahan, 1997) y el cálculo de fluentes (Thielscher, 2001).

El cálculo (circunscripto) de eventos es descrito detalladamente en el libro ya mencionado *Solving the Frame Problem: A Mathematical Investigation of the Common Sense Law of Inertia* de 1997, en donde Shanahan combina la idea de circuncripción, antes mencionada, con el cálculo de eventos. Este autor propone replantearse algunos criterios para evaluar una solución satisfactoria del problema de marco original de entre los cuales destaca el criterio de "parsimonia representacional" (*representational parsimony*), considerado por él mismo como esencial para resolver el problema de marco. Tal puede ser satisfecho mediante la formalización de la denominada "*Common Sense Law of Inertia*", la cual establece que, más allá de los efectos conocidos, nada más cambia. El problema del marco se resuelve entonces, y según este autor, a partir de la noción de persistencia en los hechos, es decir, durante un intervalo determinado un hecho continúa siendo cierto hasta que conocemos

que cesa.¹³ Se propone entonces, como solución al problema de marco, especificar de forma explícita para la descripción de un cambio todo aquello que no se ve afectado por el mismo: al añadir la *ley de la inercia del sentido común*, se sostiene que si no existe evidencia de que algo haya cambiado, entonces no ha cambiado.

Es conveniente destacar que esta ley, aunque es aceptada por la mayoría de los investigadores, ha originado también algunas de las anomalías vistas, las cuales han sido superadas mediante un cambio sutil: interpretándose como “al tener en cuenta todo lo que explícitamente cambia, se ignora todo lo demás, asumiendo que permanece igual”¹⁴. Debido a esta diferencia en su enunciado, y para algunos autores, el enfoque lógico moderno efectivamente sí ha solucionado el problema de marco.

Para ir finalizando, retomemos ahora algunas de las diferencias entre los tres principales cálculos a los que se ha recurrido al momento de resolver el problema de marco: el cálculo de eventos, el cálculo de situaciones y el cálculo de fluentes. El cálculo de situaciones presenta principalmente dos limitaciones: la primera es que las situaciones son puntos instantáneos en el tiempo, lo que dificulta describir los cambios que ocurren de manera continua, tal como, por ejemplo, el crecimiento gradual de una planta. En segundo lugar, este cálculo se complica al describir la simultaneidad de acciones que, a su vez, se le asignan a una sola acción. Por supuesto, múltiples acciones podrían ser descritas como acciones compuestas, pero esas acciones compuestas necesitan nuevos axiomas de marco. El cálculo de eventos, en cambio, tiene una manera de describir estas ocurrencias sin acciones compuestas, y tiene tanta fuerza expresiva como el cálculo de situaciones. Así, Shanahan intentó obtener los beneficios del cálculo de eventos, utilizando la circunscripción, y proponiendo una manera de formalizar “la ley de sentido común de la inercia” sin necesidad de una interminable lista de axiomas marco. No podemos omitir al respecto el cálculo de Thielscher (2001), llamado “el cálculo de fluentes”, que, de manera

¹³ A propósito de los formalismos no monótonos, Shanahan (1997) asume efectivamente la importancia que se le da a la circunscripción, lo cual nos permite declarar que las extensiones de ciertos predicados deben minimizarse. Mc Carthy, aunque llama a este predicado “anormal”, menciona también esta ley, la cual, resumidamente, establece que la inercia es normal y el cambio es excepcional.

¹⁴ Kamermans M. y Schmits T., *The History of the Frame Problem*, Amsterdam, Faculty of Artificial Intelligence, University of Amsterdam, 2004, p. 5.

general, postula un lenguaje de especificación que permite a los robots enfrentarse satisfactoriamente a los siguientes aspectos de una situación de manera uniforme: 1) indeterminismo e incertidumbre; 2) conocimiento y acciones de percepción; 3) ramificaciones y 4) concurrencia. De entre ellos, destacamos, a propósito del problema de marco, el segundo de estos aspectos que se presenta cuando un robot, al percibir activamente el entorno en donde se encuentra, debe actualizar sus conocimientos sobre el mundo antes de que pueda comenzar a llevar su plan adelante.

De acuerdo con nuestros propósitos, creemos que lo expuesto resulta suficiente, aunque el recorrido que hicimos acerca de las soluciones del problema de marco no lo agota en absoluto. Por supuesto, se nos puede objetar no haber descrito con mayores detalles cada una de las soluciones mencionadas. Nuestro objetivo sólo fue describir de manera general algunas de ellas, a título introductorio, con el fin de hacer manifiesta la relación clave de este trabajo: frente a la formulación del problema de marco original (ni filosófico, ni epistemológico) se deben plantear un tipo de soluciones, en este caso lógicas, y no otras.

Desde un punto de vista histórico, para algunos investigadores, tal como lo hemos encarado aquí nosotros, el interés general en el problema de marco se desencadenó con la publicación del artículo de Mc Carthy en 1969; para otros, en cambio, el artículo clave fue el de Dennett en 1984. Así, una parte de la comunidad científica, despertada por las palabras de Dennett, aprovechó la oportunidad para demostrar que el problema de marco podría ser resuelto solamente si éste se interpreta de manera filosófica, mientras que, otra parte, y de acuerdo con la formulación utilizada inicialmente por McCarthy y Hayes, intentaba definir la “verdadera esencia” del problema haciendo referencia al problema de marco original, seguido por propuestas de solución de tipo lógicas. Véase así reflejada la relación entre la dificultad definicional y resolutive que hemos planteado. Durante este período de búsqueda de formulación adecuada y soluciones, el campo de la lógica llegó a numerosas soluciones parciales del problema de marco original/lógico. Para algunos, y con el cambio de siglo en vista, se encontró, finalmente, esa solución basada en una teoría lógica adecuada “válida y correcta”, solucionando así el gran problema que el cálculo de situaciones no pudo. La lógica había resuelto un problema que ella misma había creado. Sin embargo, esto deja de lado la cuestión del “problema de marco filosófico”. Mientras que la lógica ha logrado, a lo largo de treinta años, solucionar el problema de marco original, poniendo fin a un período turbulento en su larga historia, la

filosofía sigue luchando en su intento de resolverlo. Véase nuevamente, y atendiendo a la historia del problema de marco, las distintas interpretaciones del problema y las confusiones que con respecto a su solución se derivan. En esta oportunidad no nos detendremos en el problema de marco filosófico, puesto que excede a nuestros objetivos, aunque, sin dudas, pueden encontrarse varias semejanzas con el problema de marco original.

Volviendo al problema de marco original, una de las principales dificultades del mismo fue que implicaba escribir demasiados axiomas marco, resultando así una singularidad dentro de un sistema lógico prototipo del cálculo de situaciones, hacia el cual las soluciones descriptas se orientaron. En otros términos, frente a una de las dificultades principales del problema de marco original, se ha propuesto un tipo de soluciones que ha intentado resolver ésta y no otra dificultad. Sin embargo, no pasó mucho tiempo para que los investigadores, vistos los distintos aspectos del mismo problema original, redefinan lo que realmente es el problema del marco y con ello, lo que realmente debían resolver. Visto este “redescubrimiento” del problema, se han distinguido problemas afines a éste, aunque distintos, tales como el problema de la inducción, el problema de la selección de información relevante y el problema de la proyección temporal, los cuales están considerados instancias, aristas, del problema de marco original, aristas que a continuación atenderemos.

4. Algunos otros problemas relacionados con el problema de marco original

Fiel a nuestro esquema, hemos descripto la formulación del problema de marco original como así también algunos intentos por resolver sus principales dificultades. Como pudo observarse en la sección anterior, estas soluciones superan algunos de los principales obstáculos e incluso otros que no están contemplados en la formulación propuesta. Ahora bien, algunas confusiones subsisten. Por ello sostenemos, sin por eso caer en un pesimismo absoluto, que quizás por estas confusiones resulta difícil sostener que el problema de marco se ha resuelto definitivamente. Puesto que no se puede sostener la existencia de una resolución definitiva del problema de marco nos resulta más conveniente sostener que *algunas* dificultades de problema de marco se han resuelto. Así, nuestra posición, de tipo intermedia, soporta la existencia de no sólo distintas interpretaciones del problema de marco (original, filosófica, epistemológica, etc.), sino de distintos problemas

que aun dentro de una misma formulación del problema pueden encontrarse. Particularmente, existen varios problemas que se confunden con la formulación original del problema de marco, lo cual complejiza aún más su solución. Retomando la relación entre la dificultad definicional y resolutoria del problema de marco ya establecida, sostenemos que lo que resulta una solución para el problema de marco original quizás no lo es para un problema que de éste se deriva. A continuación, para disipar estas cuestiones, describiremos algunos otros problemas que se relacionan o se derivan de la misma formulación del problema de marco original.¹⁵

De manera muy general, podemos ubicar al problema del marco dentro de la clase de problemas que surge de los intentos conflictivos de razonar, de manera rigurosa y eficiente, sobre el futuro. Cualesquiera sean las reglas de cambio que utilicemos, éstas deben apoyar inferencias de la forma “si *esto* es verdadero en este momento entonces *aquello* es verdadero en aquel momento”. Como es primordial para el ser humano interesarse en predecir el futuro, un caso especial de ese formato será “si esto es verdadero en este momento, entonces es verdadero en aquel momento posterior (o por lo menos no anterior)”. Ahora, si analizamos el antecedente de esa afirmación, vemos que éste puede llegar a ser tan extenso que, finalmente, no tenga ningún uso práctico. Por ejemplo, si deseamos ser cuidadosos sobre nuestras predicciones, para inferir que una bola que rueda en cierta dirección continuará haciéndolo luego, debemos verificar que no hay vientos fuertes, que nadie va a tomar la bola, que la bola no consiste en explosivos condensados que vayan a explotar al momento siguiente y podemos continuar la lista hasta hacerla arbitrariamente ridícula. O bien, para usar otro ejemplo, cuando apretamos el gatillo queríamos predecir que seguirá un ruido intenso, pero estrictamente hablando hay una gran cantidad de factores que deben ser verificados: que el revólver tenga un disparador, que las balas no estén hechas de caramelo, que haya aire para llevar el sonido y así sucesivamente.

La alternativa es basar las predicciones solamente en información muy parcial, con la esperanza de que los factores pasados por alto no aparezcan. Esto significa que, de vez en cuando, debemos estar preparados para cometer errores en nuestras predicciones (después de todo, alguien *podría* haber alterado el revólver) y poder recuperarnos de ellos cuando los cometemos.

¹⁵ La descripción de estos problemas se lleva a cabo de acuerdo con un orden cronológico teniendo en cuenta el período en que fue por primera vez referenciado.

Llamaremos a este problema el *problema de la cualificación*. Véase que, de otra manera, este problema puede interpretarse como el de cómo hacer buenas predicciones sobre el futuro sin tomar en cuenta la totalidad del pasado. Nótese que el problema desaparecería si estuviésemos dispuestos a idealizar dramáticamente el mundo: podríamos tomar como un hecho que el ruido siempre sigue al disparo de un revólver cargado y suponer, simplemente, que los revólveres siempre tienen un disparador, que nunca hay condiciones de vacío, etc. La premisa, sin embargo, es que tal idealización excesiva no es una solución, pues la cuestión dentro del área de la Inteligencia Artificial es que los robots puedan funcionar de modo realista en un ambiente complejo. Este problema fue definido por McCarthy (1986) al intentar especificar, en primer lugar, qué condiciones deben ser verdaderas en el mundo para que una acción determinada produzca determinados efectos y luego, al preguntarse cómo estar seguro de que éstas son todas las precondiciones realmente necesarias. Cuando a la mañana queremos encender el motor del auto, sólo intentamos arrancarlo girando una llave. Sólo si fuera el caso en que no arranca el motor, es que vamos a verificar ciertas condiciones, tales como si la batería está cargada o si el auto tiene nafta. Si no fuera el caso que el motor no arrancara, daríamos por sentado que todas las condiciones se cumplen. Es decir, sólo si hubo error es que chequeamos el cumplimiento o no de ciertas condiciones.

Por otro lado, Finger (1987) señala que existe otro problema, el *problema de la ramificación*, el cual se refiere a los efectos tardíos que son derivados de una acción determinada, efectos que son difíciles de inferir. Dicho de otra manera, este problema se basa en la dificultad de registrar todas las consecuencias de una determinada acción. Veamos un ejemplo. Si pusiera un periódico encima de una rejilla de ventilación, entonces mi mano estará vacía y el periódico estará encima de la abertura. Pero también la habitación donde está el periódico puede enviarse si ésta es la única ventilación que hay, aunque no es directamente el periódico encima de la salida de aire lo que causa que el cuarto esté mal ventilado. Estas ramificaciones han complicado el problema de marco desde un punto de vista lógico y no muchas soluciones han podido resolver esta particular dificultad de una manera satisfactoria.

También Morgenstern y Stein (1988) señalaron un conjunto de problemas que se derivan del problema de marco, los cuales, a su entender, constituyen el denominado *problema de la proyección temporal*. Este conjunto de problemas, generalmente se describe como la combinación del problema de persistencia, el problema del razonamiento acerca del cambio, el problema de la ramificación (recién descrito) y el problema de la proyección temporal

dirigido hacia adelante y hacia atrás. El problema de persistencia es la dificultad de determinar qué es lo que permanece en un mundo que cambia: el problema de razonar sobre el cambio es su contraparte. La combinación de ambos problemas a menudo se denomina el problema de la proyección temporal dirigido hacia adelante (o el problema de la predicción extendida). El problema ahora tiene que ver con la duración de los intervalos de tiempo en el futuro a los cuales se refieren las predicciones (sin tomar en cuenta cuánta información sobre el pasado se requiere para hacer las predicciones). Es decir, ahora nos limitamos al consecuente de la inferencia “si... entonces...” mencionado antes. Otra vez, esto implica un compromiso entre eficiencia y confiabilidad. La predicción más conservadora se refiere a intervalos de tiempos muy cortos, o instantáneos, que hacen muy difícil razonar sobre períodos futuros más largos. Por ejemplo, si sobre la base de observar una bola que rueda, predecimos que rodará apenas un poquito más lejos, entonces si queremos predecir que rodará una distancia larga, debemos iterar el proceso muchas veces (de hecho, un número infinito de veces). Las desventajas de la predicción conservadora, que se refiere sólo a un período de tiempo corto, sugieren hacer predicciones sobre intervalos más largos. Por ejemplo, cuando golpeamos una bola de billar, predecimos que rodará en línea recta hasta pegar con el borde de la mesa y cuando tiramos la bola al aire predecimos que tendrá una trayectoria parabólica. El problema con estas predicciones más ambiciosas es que, otra vez, son falibles, puesto que, por ejemplo, la ventana de un vecino puede evitar que la bola complete su parábola.

En resumen, el problema general de la proyección temporal es que, aunque podemos hacer predicciones sobre intervalos futuros cortos, tenemos que hacerlo sobre una gran cantidad de éstos antes de poder predecir nada sobre una parte substancial del futuro. Un caso especial de este caso es el ya mencionado problema de la persistencia, que predice sobre la base del pasado que un hecho continuará sin cambiar durante un intervalo futuro de larga duración (en contraste con el problema general de inferir cosas arbitrarias sobre tal intervalo). Por ejemplo, cuando sacamos del bolsillo una bola de billar y la ponemos en un lugar escogido de la mesa, querríamos predecir que permanecerá ahí hasta que la golpeemos. Por último, el problema de la proyección temporal dirigido hacia atrás es la dificultad de razonar sobre lo que hubiera pasado un tiempo más temprano, si nos dicen lo que es verdad un tiempo más tarde.

Por último, el *problema de inducción* es un problema relacionado con el problema de marco original frente al cual muchos investigadores han confrontado sus soluciones. Es Fetzer (1990) quien se “desvió” del problema de marco original declarando que éste puede ser un caso del problema de inducción. Este problema, aunque de tinte filosófico, ha sido también considerado un problema relacionado con la formulación original del problema de marco, puesto que con motivo del tiempo se encuentra relacionado con él. Más particularmente, para Hume el problema trata sobre la justificación de nuestro movimiento desde un número finito de observaciones particulares a conclusiones que cubren la mayoría de los casos sobre los cuales aún no hemos observado. Notemos que la pregunta no se refiere a cómo nosotros obtuvimos esta creencia, sino cómo podemos justificarla en el tiempo. De manera extrema, para algunos autores el problema del marco no es más que el problema de inducción disfrazado. Como sostiene Hayes “Even if we had the laws of science given to us by an angel on tablets of bronze, the frame problem would still be there”¹⁶.

5. Comentarios finales

Nuestro recorte, orientado hacia al problema de marco dentro del campo de la Inteligencia Artificial,¹⁷ ha intentado mostrar que el problema de marco original es aún hoy un punto de discusión, debate, teorizaciones e implicancias dentro del campo de investigación de esta disciplina. Como resultado, observamos que, entre las razones que justifican su permanencia, resulta clave el descuido de la relación que debería establecerse entre la dificultad definicional y la dificultad resolutive del problema. Luego de describir las principales dificultades del problema de marco original y sus posibles soluciones, sostenemos que, visto que el problema de marco original se confunde con otros problemas, sus soluciones deben reorientarse hacia otra clase de dificultades; así, es en función de los distintos problemas que del problema de marco original se derivan que se debe evaluar cualquier intento de solución. Lo que es una solución para la formulación del problema

¹⁶ Hayes, P., “What the Frame Problem Is and Isn’t,” en Z. W. Pylyshyn (Ed.), *The robot’s dilemma: The frame problem in artificial intelligence*, Norwood, Ablex Publishing, 1987, pp. 123-138.

¹⁷ Para ver algunas cuestiones relacionadas con el progreso de la Inteligencia Artificial véase Smith (2019) y, más particularmente, Yoshihiro (2017).

original puede no serlo bajo uno de los varios problemas que de ella se infieren. Así como es una tarea difícil el lograr una definición universal del problema de marco, también lo es el lograr una solución universal del mismo, pues cada resolución dependerá del aspecto o naturaleza que se quiera enfatizar. Cualquier investigación sobre el problema de marco deberá tener en cuenta esta relación “bisagra” entre las distintas formulaciones y problemas relacionados. Más concretamente, y en base a nuestro análisis, sostenemos que, aun el problema de marco original, siendo una formulación posible de entre varias, posee varias aristas y que no puede interpretarse como “un” solo problema en particular sino más bien como un conjunto de problemas estrechamente relacionados con la misma cuestión. Solamente una vez disipadas estas cuestiones se pueden proponer distintas soluciones y examinar sus alcances y limitaciones: de lo contrario, surgen varias complicaciones que sólo dificultan la tarea de resolverlo. Fodor (2008), haciendo referencia al problema de marco como objeto de investigación de distintos campos disciplinares, sostiene que, si alguien piensa que lo ha resuelto, es entonces que no lo ha entendido; si alguien piensa que lo ha entendido, no lo ha hecho, y si alguien piensa que aún no lo ha entendido, entonces tiene razón. Acordamos con el autor. Se está aún lejos de ofrecer alguna certeza acerca de lo que es el problema de marco ni cuál es su solución, aunque de algo sí se puede estar seguro: es necesario atender a la relación entre la dificultad definicional y resolutoria del problema si lo que se quiere es progresar en su tratamiento.

Referencias bibliográficas

- Brown. F., *Proceedings of the 1987 Workshop on the Frame Problem in Artificial Intelligence*. Los Altos, Morgan Kaufmann, 1987.
- Bringsjord S. y Welty. A., “Navigating through the Frame Problem”, *Review of Reasoning Agents in a Dynamic World*, 15, 1994, pp. 69-72.
- Brown F. y Park, S., “Actions, reflective possibility and the frame problem”, en F. M. Brown (Ed.), *Proceedings of the 1987 Workshop on the Frame Problem in Artificial Intelligence*, Los Altos, Morgan Kaufmann. 1987, pp. 159-191.
- Crockett, C., *The Turing Test and the Frame Problem: AI's mistaken understanding of intelligence*. New Jersey, Ablex Publishing Corporation, 1994.

- Dennett, D., “Cognitive Wheels: The frame problem of AI”, en C. Hookway (Ed.), *Minds, machines & evolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 1984, pp. 129-152.
- Fetzer, J., “Artificial intelligence meets David Hume: A response to Pat Hayes”, *International Journal of Expert Systems*, 3, 1990, pp. 239-247.
- Fetzer, J., “The frame problem: artificial intelligence meets David Hume”, en K. M. Ford y P. J. Hayes (Eds.), *Reasoning agents in a dynamical world: the frame problem*, London, JAI Press, 1991, [55-59].
- Fikes R. & Nilsson J., “Strips: A New Approach to the Application of Theorem Proving to Problem Solving”, *Artificial Intelligence*, 2, 1991, [189-208].
- Finger, J. *Exploiting constraints in design synthesis*, PhD thesis, Stanford, Stanford University, 1987.
- Fodor J., *LOT 2: The language of thought revisited*, Oxford, Clarendon Press, 2008.
- Ford K. y Hayes P., *Reasoning agents in a dynamical world: the frame problem*, London, JAI Press, 1991.
- Ford K. y Pylyshyn Z. (Eds.), *The robot's dilemma revisited: The frame problem in Artificial Intelligence*, Norwood, Ablex Publishing Corporation, 1996.
- Glymour C., “Android epistemology and the frame problem: Comments on Dennett's cognitive wheels”, en Z. Pylyshyn (Ed.), *The robot's dilemma: The frame problem in Artificial Intelligence*, Norwood, Ablex Publishing Corporation, 1987, pp. 65-77.
- Hanks S. y McDermott D., “Default reasoning, nonmonotonic logics, and the frame problem”, en *Proceedings of the American Association for Artificial Intelligence*, Philadelphia, 1986, pp. 328-333.
- Hanks S. y McDermott, D., “Nonmonotonic logic and temporal projection”, *Artificial Intelligence*, 33, 1987, pp. 379-412.
- Haugeland, J., *Artificial Intelligence: The Very Idea*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 1985.

- Haugeland J., "An overview of the frame problem," en Z. Pylyshyn (Ed.), *The robot's dilemma: The frame problem in Artificial Intelligence*. Norwood, Ablex Publishing, 1987, pp. 77-94.
- Hayes, P., "What the Frame Problem Is and Isn't," en Z. Pylyshyn (Ed.), *The robot's dilemma: The frame problem in Artificial Intelligence*, Norwood, Ablex Publishing, 1987, pp. 123-138.
- Horty J., "Nonmonotonic Logic", en L. Goble (Ed.), *Blackwell Guide to Philosophical Logic*, Oxford, Blackwell Publisher, 2001, pp. 336-361.
- Kamermans M. y Schmits T., *The History of the Frame Problem*, Amsterdam, Faculty of Artificial Intelligence, University of Amsterdam, 2004.
- Lormand, E., "Framing the frame problem, epistemology and Cognition", en J. H. Fetzer (Ed.), *Studies in Cognitive Systems*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1991, pp. 267-289.
- McCarthy J., "Programs with common sense", en *Proceedings of the Symposium on Mechanization of Thought Processes*, England, National Physical Laboratory, 1958, pp. 77-84.
- McCarthy J. y Hayes P., "Some Philosophical Problems from the Standpoint of AI", *Machine Intelligence*, 4, 1969, pp. 463-50.
- McCarthy J., "Circumscription, a form of non-monotonic reasoning", *Artificial Intelligence*, 13, 1980, pp. 86-116.
- McCarthy. J., "Applications of circumscription to formalizing common sense knowledge", *Artificial Intelligence*, 26, 1986, [89-116].
- Morgenstern L., "The problem with solutions to the frame problem", en K. Ford y Z. Pylyshyn (Eds.), *The Robot's Dilemma Revisited*, Norwood, Ablex, 1996, [9-133].
- Morgenstern L. y Stein L., "Why Things Go Wrong: A Formal Theory of Causal Reasoning", en *Proceedings of the Seventh National Conference on Artificial Intelligence, AAAI*, 1988, pp. 518-523.
- Mueller. E., *Commonsense reasoning*, San Francisco, Morgan Kaufmann, 2006.
- Perlis D., "Intentionality and defaults", *International Journal of Expert Systems (Special Issue on the Frame Problem, Part B, 4)*, 1990, pp. 345-354.

- Pylyshyn Z. (Ed.), *The Robot's Dilemma: The frame problem in Artificial Intelligence*, Norwood, Ablex Publishing Corporation, 1987.
- Reiter R., "The frame problem in the situation calculus: a simple solution (sometimes) and a completeness result for goal regression", en V. Lifschitz, *Artificial Intelligence and Mathematical Theory of Computation: Papers in Honor of John McCarthy*, 1991, pp. 359-380.
- Reiter R., "A theory of diagnosis from first principles", *Artificial Intelligence*, 32, 1987, pp. 57-95.
- Ross D. "Against Positing Central Systems in the Mind", *Philosophy of Science*, 57, 1990, pp. 297-312.
- Russell S. y Norvig P., *Artificial Intelligence, a Modern Approach*, 2ª Ed., New Jersey, Prentice Hall Upper Saddle River, 2003.
- Russell S. y Norvig P., *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 3ª Ed., New Jersey, Prentice-Hall Upper Saddle River, 2010.
- Schwind C. "Action theory and the frame problem", en F. M. Brown (Ed.), *Proceedings of the 1987 Workshop on the Frame Problem in Artificial Intelligence*, Los Altos, Morgan Kaufmann. 1987, [121-134].
- Silenzi M. Inés, *El problema de marco: alcances y limitaciones de los enfoques postcognitivistas*, Bahía Blanca, Editorial de la Universidad Nacional del Sur-EDIUNS, 2014a.
- Silenzi, M. Inés, "El problema de marco y las complicaciones que provoca la sintaxis", *Poiésis: Revista electrónica de Psicología Social*, 28, 2014b, pp. 1-4. <http://dx.doi.org/10.21501/16920945.1406>
- Silenzi M. Inés, "¿En qué consiste el problema de marco? Confluencias entre distintas interpretaciones", *Eidos: Revista de Filosofía de la Universidad del Norte*, 22, 2015, pp. 49-80. <http://dx.doi.org/10.14482/eidos.22.6381>
- Smith, B., *The Promise of Artificial Intelligence: Reckoning and Judgment*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 2019.
- Shanahan M., *Solving the frame problem: A mathematical Investigation of the Common Sense Law of Inertia*. Cambridge (Mass.), The MIT Press, 1997.
- Shanahan M., "The Frame Problem", en L. Nadel (ed.), *The Macmillan Encyclopedia of Cognitive Science*, London, Macmillan, 2003, pp. 144-150.

- Shanahan M. “The frame problem”, en E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu/entries/frame-problem>, consultado el 11 de noviembre del 2019.
- Stein L., “An atemporal Frame Problem”, *International Journal of Expert Systems*, 4, 1990, pp. 371-381.
- Thielscher M., “The concurrent, continuous fluent calculus”, *Studia Logica*, 67, 2001, pp. 315-331.
- Van Brakel J., “Unjustified Coherence”, *Psychology*, 4, 1993, frame-problem 7.
- Viger. C., “Frame problem”, en K. Brown (Ed.), *Encyclopedia of Language and Linguistics*, Oxford, Elsevier, 2006, pp. 610-613.
- Yoshihiro, M., “The Frame Problem, Gödelian Incompleteness, and the Lucas-Penrose Argument: A Structural Analysis of Arguments About Limits of AI, and Its Physical and Metaphysical Consequences”, en V. Müller (Ed.), *Philosophy and Theory of Artificial Intelligence*, Berlin, Springer, 2017, pp. 194-206.

Recibido: 12/2019; aceptado: 06/2020