

Capítulo 4

La representación de las inferencias no monotónicas

Raymundo Morado Estrada

Introducción

El tratamiento lógico de las inferencias no-monotónicas tiene una larga historia que se remonta hasta el silogismo retórico en Aristóteles. En siglos recientes han sido desarrollados sistemas de lógica no monotónica como la inducción, la abducción, las probabilidades, el razonamiento estadístico, etc. Y en las últimas tres décadas han aparecido sistemas de circumscripción, autoepistémicos, por falla, preferenciales, etc., que prestan especial atención a aspectos no-monotónicos de las inferencias. Al final de Morado (2004) se presenta una lista de problemas filosóficos abiertos sobre los sistemas de lógicas no monotónicas. Varios de estos problemas tienen que ver con la representación de las inferencias no-monotónicas.

El problema de la representación tiene dos caras complementarias: necesitamos hacer la representación y necesitamos decodificarla. Aunque la representación es el anverso de la interpretación sus problemas no son simétricos pues no son funciones inversas y la composición de las funciones de representación e interpretación no garantiza regresar a las primeras nociones que quisimos representar. La interpretación puede llevarnos a objetos en los cuales no habíamos pensado originalmente así como puede nunca llevarnos a algunos en los que sí habíamos pensado. Por ejemplo, los pitagóricos con la geometría y Leibniz con el sistema binario deseaban representar relaciones místicas; hoy día ninguna

interpretación considerada adecuada de esas prácticas matemáticas nos llevaría a tales nociones religiosas. En contraste, tenemos novedosas interpretaciones aceptables de la geometría. En las famosas palabras de Hilbert, podemos decir “mesas, sillas, tarros de cerveza” en vez de “puntos, líneas, planos”¹.

Tenemos, pues, dos problemas inevitables alrededor de la representación en los sistemas de lógicas no-monotónicas: 1) el problema de cómo representar y 2) el problema de qué es lo que estamos representando. El primero es el problema de encontrar una buena manera de presentar nuestros estudios lógicos. Una mala representación puede imposibilitar ciertas formas convenientes de procesar la información. El segundo es el problema de cómo leer la representación. Es un problema ontológico sobre la naturaleza de los elementos de la inferencia no-monotónica capturados en nuestra representación. Incluye los subproblemas de determinar de qué deseábamos hablar, y de determinar cuáles podrían ser interpretaciones económicas o convenientes aunque no sean fieles a la naturaleza de las entidades sobre las que originalmente se deseaba discurrir. Nuestras formas de enfrentar tales problemas serán de gran importancia para el futuro desarrollo de los formalismos no-monotónicos. Desgraciadamente no siempre son plenamente conscientes, por lo que las decisiones que hagamos sobre el diseño de sistemas lógicos para la representación de las inferencias no-monotónicas pueden beneficiarse del examen filosófico previo. Y aquí hay varias líneas de investigación.

Sobre el problema de qué estamos representando hay, entre otras, las siguientes líneas de investigación:

1. ¿Cuáles son las unidades adecuadas de análisis en estas lógicas: creencias, conocimientos, oraciones, aseveraciones?
2. ¿Debe nuestro formalismo incluir condicionales no-monotónicos anidados? ¿Su negación o conjunción?

Sobre el problema de cómo hacer la representación hay, entre otras, las siguientes líneas de investigación:

3. ¿Deben ser los sistemas no-monotónicos declarativos, formales, simbólicos?
4. ¿Cuál es el metalenguaje adecuado para sistemas no-monotónicos?

A continuación plantearé algunos problemas que encaran estas líneas de investigación y llegaré a algunas conclusiones tentativas.

¹“*Man muss jederzeit an Stelle von Punkte, Geraden, Ebenen, “Tische, Stühle, Bierseidel” sagen können*”. Blumenthal (1935), pp. 402-403.

4.1. *¿Cuáles son las unidades adecuadas de análisis en estas lógicas?*

4.1.1. *¿Las creencias?*

Uno de los problemas filosóficos sobre la representación de las inferencias no-monotónicas es el problema de saber qué es lo que estamos representando. Una primera opción es que estamos representando creencias, es decir, aquello que cree un sujeto epistémico, un robot, una base de datos, un ser humano. Pero normalmente la teoría que estamos representando está cerrada bajo consecuencias lógicas. Aunque en algunos sistemas se hable del “conjunto base” de creencias, en otros como el de Reiter (1980) o el de Gärdenfors (1988) el conjunto que representa la teoría es un conjunto cerrado bajo consecuencia lógica. Eso significa que el modelo es un modelo de creencias implícitas. Hay maneras de tratar de evitar esto haciendo la distinción entre creencias base y creencias derivadas, usando lógicas lineales o especificando una serie de grados de inmediatez de la inferencia. Por ejemplo, según Morado y Savion (2005) podemos esperar de un agente epistémico racional inferencias sencillas basadas en reglas con un alto grado de intuitividad como, por ejemplo, el *Modus Ponens*. Tendríamos inferencias de diferentes grados de dificultad y para los niveles inferiores sería posible decir cuáles inferencias son requisito para que un agente sea considerado racional. Estos tratamientos evitan el problema de la omnisciencia lógica sin tener que apelar a creencias implícitas. Queda sin embargo el problema de que el sistema que las manipula puede ser demasiado pobre epistémicamente para decir que las cree en un sentido interesante. No es plausible usar una noción tan fuerte como la de creencia para hablar del procesamiento de la información en una base de datos deductiva sencilla.

4.1.2. *¿Son los conocimientos las unidades adecuadas de análisis en estas lógicas?*

A los típicos modelos de sistemas epistémicos en computación, las bases de datos, se les conoce como bases de conocimientos (“knowledge bases”). Esto es problemático porque desde Platón hasta Gettier no cualquier cosa califica como conocimiento. Para empezar, un conocimiento debe ser creído y es dudoso que podamos decir literalmente algo así sobre los sistemas artificiales que tenemos hoy día. En segundo lugar, se requiere que sea verdadera y en las bases de datos a menudo se pone información errónea. En tercer lugar, debe estar justificada y la única “justificación” necesaria para inclusión en una base de datos es el hecho mismo de ser incluida. Esta liberalidad para aceptar meras opiniones le da una gran flexibilidad al modelo de la base de datos pero hace

dudoso que lo que modele sea conocimiento excepto en una acepción extremadamente lata y generosa. Por ello, no es recomendable que se considere que lo que estamos modelando sean consecuencias no-monotónicas de conocimientos. Queremos admitir la posibilidad de error en la base de datos inicial, aunque esto no sea necesario para la relación no-monotónica ya que la característica de la no-monotonidad es que las premisas no son abandonadas a pesar de tener que abandonar sus conclusiones. Bien podemos partir de conocimientos pero aquello a lo que llegamos en base a estos conocimientos no tiene forzosamente que ser un nuevo conocimiento: aunque esté justificado, puede estar equivocado y evidencia posterior contradecirlo. Aun cuando la base original fuera de conocimientos, si hemos de permitir como motivación para la retracción el que pueda haber contradicción lógica entre las conclusiones tentativas y algún conocimiento posterior, estas conclusiones no pueden ser verdaderas y por lo tanto no pueden ser conocimientos.

4.1.3. *¿ Son las oraciones las unidades adecuadas de análisis en estas lógicas?*

Otra posibilidad es que lo que estamos manejando sean oraciones o fórmulas de un lenguaje. Ésta es la interpretación más común de las unidades de análisis para los sistemas de lógica no-monotónicos y tiene ventajas como la extensionalidad con criterios de identidad relativamente claros y una larga tradición lingüística en los estudios lógicos. Sin embargo, también tiene problemas. Por ejemplo, según la teoría estándar de conjuntos hay menos oraciones que hechos y eso abre la posibilidad a que haya menos oraciones que creencias, sobre todo si aceptamos la posibilidad de creencias no formuladas lingüísticamente y operaciones lógicas sin lenguaje. Somos capaces de hacer inferencias sin verbalizarlas, por ejemplo inferencias visuales, y tal vez también seamos capaces de hacerlas sin ningún tipo de lenguaje. En ese caso, si hay inferencias sin lenguaje entonces puede haber inferencias sin oraciones. Por supuesto, uno tiene el recurso de decir que aunque hay muchas inferencias no-monotónicas nosotros solamente vamos a estudiar las que pueden ser representadas con oraciones y en la medida en que estamos utilizando un lenguaje objeto todo lo que es simbolizado es simbolizado como una oración, es decir, como la expresión lingüística de una aseveración. Sin embargo, también podemos hacer estudios de lógicas no monotónicas desde un grado mayor de abstracción en el cual no mostramos nuestro lenguaje objeto ni nuestras variables metalingüísticas especifican al lenguaje subyacente. De hecho, ni siquiera tienen que presuponer que es un lenguaje subyacente: puede ser tan sólo una estructura algebraica con ciertas características estructurales como las que menciona Gabbay (1985). Esto significa que no tenemos que sostener que los elementos de las relacio-

nes inferenciales no monotónicas sean oraciones con todo y la ventaja que esto representaría.

4.1.4. *¿ Son las aseveraciones las unidades adecuadas de análisis en estas lógicas?*

Frege introdujo en el *Begriffsschrift* una barra de aserción para señalar el paso de considerar a afirmar. La mera enunciación de una oración o de un enunciado no tiene sí mismo valor de verdad y es solamente con el acto de habla de la aseveración o afirmación que adquiere un valor de verdad. Ya que las oraciones no afirmadas carecen de valor de verdad, no pueden servir como argumentos para nuestras funciones de verdad. Éste es un problema general para la Lógica y separa a las oraciones, fórmulas y proposiciones por un lado, de los juicios, enunciados, afirmaciones y aseveraciones por el otro. Parecería que un buen candidato para los objetos de los cuales hablan las lógicas no-monotónicas son las aseveraciones. No podrían ser solamente las aseveraciones reales porque muchas cosas no son afirmadas y nosotros queremos poder considerar las relaciones lógicas entre afirmaciones que nadie sostiene precisamente para decidir si deseamos sostenerlas o no, o para estudiar las obligaciones lógicas que se contraería si las sostuviéramos². Esto parece exigir manejar aseveraciones posibles más que aseveraciones reales y nos compromete con *possibilia*, no tanto de hechos posibles como de aseveraciones posibles sobre hechos o pensamientos puestos a consideración para discurrir sobre sus propiedades lógicas.

4.2. *¿Debe nuestro formalismo aceptar condicionales no-monotónicos anidados?* *¿Su negación o conjunción?*

En principio queremos la mayor expresividad posible aunque consideraciones de eficiencia computacional pueden llevarnos a algunas componendas. En principio queremos poder decir todo lo que se puede decir sobre inferencias no monotónicas. Una de las cosas que se pueden decir es que ellas mismas son normales o plausibles en ciertos contextos. Queremos poder decir que algo es normalmente normal y eso no puede reducirse a simplemente que sea normal. Hay normalidades que son bastante anormales y el hecho de que ciertas cosas sean normales es sorprendente. Por ejemplo, hoy día es normal la presunción de inocencia pero esta normalidad no ha sido la norma en el desarrollo de las

²Estos ejercicios eran práctica común durante la Edad Media. Se les conocía como *obligationes* y al parecer servían para aprender a manejar razonamientos contrafácticos. Cfr. Space (1982).

sociedades. Hoy día ese normal no educar a los niños a golpes pero hasta muy recientemente la regla fue que la letra con sangre entra. Hoy día lo normal en los países industrializados (y no tan industrializados) es que la gente tenga exceso de peso, lo cual es extremadamente anormal considerando nuestra historia de hambrunas y carencias. Ello significa que debemos ser capaces de anidar condicionales no monotónicos. Pero tenemos el problema de que si entendemos a un condicional no-monotónico como una regla que nos dice qué es legítimo creer verdadero, entonces no podemos llamarlo verdadero ya que las reglas no son ni verdaderas ni falsas. Tendría que haber una ambigüedad sistemática para utilizar a las reglas como consecuentes de reglas. Además queremos poder negar la existencia de algunas reglas no-monotónicas y poder conjuntar varias. Mientras que esto es fácil con una representación modal en el lenguaje objeto, no es fácil implementarlo cuando las inferencias no monotónicas son representadas mediante reglas. La conjunción de reglas puede ser simplemente su coexistencia en el sistema mientras que su negación puede ser simplemente su ausencia. Eso nos impide distinguir la falta de una regla con la expresión de que tal regla no es aceptada en el sistema o con tener una regla que concluye la negación de lo que la nuestra concluye. El problema de la representación de inferencias no-monotónicas anidadas es diferente del de la representación de negaciones y conjunciones de inferencias. Con negaciones y conjunciones clásicas podemos reconstruir un condicional material de modo que una inferencia no monotónica sería la condición suficiente de otra pero esta insuficiencia sería también sólo material y el condicional material es monotónico, con lo cual la relación que tenemos no es estrictamente de anidación sino tan sólo de dependencia material. Necesitamos poder representar, si no en el lenguaje objeto al menos en el metalenguaje, diferentes interacciones entre defaults. Como notaron Reiter y Criscuolo (1981), no son solamente los datos los que pueden producir cambios en el poder lógico de los default. La presencia de otros default e incluso el orden de aplicación de los defaults puede cambiar su potencia lógica e incluso anularla. En todos estos casos es mejor pecar de expresividad y después trabajar con un fragmento del cálculo para evitar lo más posible los problemas prácticos de complejidad computacional y de indecidibilidad.

4.3. *¿Deben ser los sistemas no-monotónicos*

4.3.1. *declarativos?*

El principal impulso para la investigación sobre sistemas lógicos no-monotónicos proviene de los estudios en ciencias de la computación en los que juega un papel importante el manejo de bases de datos “deductivas”, los sistemas expertos, los programas para toma de decisiones, etc. En ellos la descripción

del problema y de los métodos de solución tienden a ser a través de programación imperativa, es decir, programación procedural en la que al sistema no se le da información sino órdenes, instrucciones. Este paradigma, común desde los tiempos de Fortran y Algol hasta C++ y Java, está en contraste con el método declarativo en el que al sistema se le da información y ya contiene una máquina inferencial que puede manipular y procesar esa información por vías predefinidas, con un mínimo de control, como, por ejemplo, en Prolog, Trilogy, etc. Los bancos de datos deductivos pueden ser de ambos tipos. Ambos sistemas son computacionalmente equivalentes pero cada uno tiene sus problemas especiales. En lógica distinguimos entre la materia de nuestras operaciones lógicas y el método. Separamos a las reglas de los axiomas, postulados, supuestos, premisas, conclusiones, teoremas. En Reiter (1980), por ejemplo, lo que representa los aspectos no-monotónicos del sistema son los “defaults” o reglas por falla u omisión que no están en el lenguaje objeto. Son reglas del sistema, no fórmulas del lenguaje. En cambio en los sistemas modales de McDermott y Doyle (1978) o los autoepistémicos de Moore (1985) tenemos operadores modales dentro del sistema mismo, operadores de consistencia o de conocimiento que forman parte del lenguaje utilizado en las inferencias. Esta diferencia entre lo procedural y lo declarativo es importante aunque nuevamente podemos hablar de cierta equivalencia. (Konolige (1987) mostró como traducir de los sistemas de Reiter a los de Moore y viceversa.) Pero esta equivalencia no oculta el hecho de que es problemático dar semánticas declarativas para lenguajes procedurales mientras que los efectos colaterales de lenguajes como Prolog se prestan mejor a una interpretación imperativa. Parece que sólo un método de representación híbrido podrá hacer justicia a la necesidad de que el sistema modele tanto la información como su manejo y las complejas relaciones entre ambos.

4.3.2. *¿Deben ser formales los sistemas no-monotónicos?*

Acostumbramos decir que en lógica el contenido de las inferencias no importa. Sin embargo, una de las características de las inferencias no-monotónicas que han llevado a querer expresarlas en un formalismo es precisamente su dependencia del conocimiento o de las creencias de trasfondo que justifican ciertas inferencias que no son estrictamente válidas por su forma. Es gracias a la semántica de lo que entendemos por un pájaro, por el contenido que puede ser visto como el cúmulo de asociaciones y conocimientos relacionados con ese tema, que nosotros concluimos que debe volar cualquier instancia particular de pájaro sobre la cual no tenemos mayor información. Nada hay en la forma de la proposición “X es un pájaro” que nos lleve a concluir eso. Es nuestro conocimiento del tema lo que lleva a concluirlo. Parecería entonces que la represen-

tación no debe ser puramente formal. Ya que es crucial cuál sea el contenido para que las inferencias se sigan, parecería que necesitamos ser capaces de representar contenidos y no solamente la forma en que éstos se dan. En lógica usamos desde hace mucho los llamados “axiomas propios” que no son aceptados por su forma sino por su contenido; es decir, axiomas aceptados por las relaciones no formales que presentan. Ahora bien, las formas de las premisas pueden ser suficientes para explicar la validez de la inferencia. Y a menudo detrás de las inferencias de sentido común hay una forma que las legitima (deductiva o no). Esto da una relativa independencia con respecto al contenido. Hay otra: podemos simplemente estipular los axiomas propios, sin tener que justificarlos. Aunque un componente importante en la motivación de la lógica no-monotónica sea los aspectos materiales, son los formales los que propiamente dan un sistema para estudiar la inferencia no-monotónica. En este sentido las lógicas no-monotónicas no son lógicas materiales como la teoría de las falacias, sino lógicas formales como el silogismo o el cálculo fregeano y para estudiarlas es adecuado que su representación sea formal, aunque en sus aplicaciones las reglas y fórmulas estén repletas de contenido.

4.3.3. *¿ Deben ser los sistemas no-monotónicos simbólicos?*

La representación simbólica no es la única posible. Trivialmente debe haber una relación representacional entre la representación y lo representado pero no es obvio que esta relación deba ser simbólica y aunque podemos interpretar aspectos de la representación como aspectos de lo representado, esto no significa que tales aspectos en la representación sean símbolos de los aspectos correspondientes en lo representado. Por ejemplo, cuando se inserta un alambre doblado de diferentes maneras en agua jabonosa es posible representar problemas de sistemas dinámicos de difícil tratamiento simbólico. Varios tipos de soluciones a ecuaciones diferenciales pueden ser representados por las superficies mínimas de pompas de jabón en estado de equilibrio. Otra posibilidad es usar sistemas sub-simbólicos como los conexionistas para representar procesos mentales, incluyendo inferencias no-monotónicas. Estos sistemas distribuidos difícilmente pueden verse como sistemas simbólicos aunque podemos obtener de ellos soluciones a nuestras ecuaciones. ¿Son estas maneras de representar las inferencias no-monotónicas mejores que las simbólicas? Es posible que la representación sea más adecuadamente hecha mediante un sistema físico; por ejemplo, voltajes en circuitos eléctricos sin la usual idealización en las computadoras digitales en las que eliminamos todos los valores excepto dos y pretendemos que las transiciones de voltaje son todo o nada, gracias al expediente de utilizar el reloj interno de la computadora para medir solamente durante estados de equilibrio

con voltaje alto o nulo. Pero un sistema con un continuo de valores no puede decirse que es simbólico con la noción usual de los sistemas de símbolos que incluye una restricción de la cardinalidad del conjunto de los símbolos a omega, mientras que si aceptamos la teoría de conjuntos la cardinalidad de un continuo de mayores es superior. Se ha dicho que lo que hace a muchos sistemas ser no-monotónicos son disposiciones³, probabilidades⁴ o grados de confiabilidad en sistemas expertos. Todo esto converge en lógicas cuyo rango de valores se toma de un continuo de 0 a 1 y su representación con sistemas simbólicos discretos produce una tensión entre la representación y lo representado. Hay que notar que la representación de procesos lógicos mediante sistemas continuos no es nueva, habiendo sido aplicada incluso para silogismos por el lógico experimental Annibale Pastore a principios del siglo XX⁵. Pastore diseñó un sistema con una manivela, ruedas y bandas. El sistema resolvía la cuestión de si una fórmula silogística era válida o no con el movimiento de la manivela: si la manivela giraba fluidamente la respuesta era SÍ; si la manivela se trababa la respuesta era NO. Pero ser implementado en un sistema con un continuo de valores (bajo el supuesto de que la realidad física es continua) no impide que los valores estén en clases de equivalencia que induzcan una partición del conjunto de valores con cardinalidad omega y por lo tanto haya la posibilidad de la representación simbólica de esas clases de equivalencias. Esto puede ser el caso de los valores que nos interesan para las lógicas no-monotónicas. La falta de conversibilidad entre representación e interpretación permite que, aunque originalmente nos interese representar valores continuos y usemos medios continuos para la representación, la representación misma no sea continua sino discreta y permita cuando mucho un uso de omega elementos y pueda ser simbólica. Después de todo, podemos hacer cálculos sobre cantidades transfinitas con una representación aritmética con solamente omega símbolos. No toda representación por medios continuos es una representación *esencialmente* por medios continuos, como muestra el ejemplo de la computadora y su reloj interno para medir cambios de voltaje. Los elementos del aparato de Pastore funcionaban como símbolos de los términos del silogismo y de la cantidad y calidad de las premisas y la respuesta sólo tenía dos valores discretos, aunque el mecanismo de representación era un sistema físico con elementos no discretos.

³Zadeh (1988).

⁴Pearl (1989).

⁵Pastore (1906). Citado en Russell (1906) y en Gardner (1958).

4.4. *¿Cuál es el metalenguaje adecuado para sistemas no-monotónicos?*

Si logramos pasar al lenguaje objeto la representación de las relaciones entre operadores no monotónicos (por ejemplo, los operadores anidados) entonces es posible que podamos desarrollar nuestra metateoría, como hacen por ejemplo Marek y Truszczyński (1993), en términos puramente clásicos monotónicos. Ello no es ninguna sorpresa ya que metalógicas clásicas para sistemas no clásicos han sido la norma para intuicionismo, polivalencia, relevancia, etcétera. Aquí el ejemplo de las lógicas relevantes es interesante pues desde sus inicios hubo el deseo muy consciente de que los principios relevantistas fueran utilizados también para el estudio de las propiedades relevantes. En un buen grado esto no es necesario para la metalógica. En cambio, donde sí parece ser imprescindible es en la Filosofía de la Lógica, a cuyo nivel incluso personas que utilizan sistemas clásicos pueden ser relevantistas. La esquizofrenia es tolerable a nivel de la metalógica pero indeseable a nivel de la Filosofía de la Lógica y por lo tanto podemos proponer que las nociones de inferencia a usarse en el estudio no formal de los sistemas no-monotónicos sean relaciones no-monotónicas ellas mismas pues gran parte de la Filosofía de la Lógica se hace a partir de nociones intuitivas y expresiones del lenguaje natural que se han revelado desde hace mucho como no-monotónicas y ponerlas en términos monotónicos no traería ventajas técnicas pero sí graves problemas filosóficos. Podemos integrar nuevas reglas y nuevos axiomas con el efecto de los cambios de contexto en una metalógica clásica y de hecho el manejo de los puntos fijos con los que Reiter define a las extensiones del razonamiento por default, las pruebas de los metateoremas sobre su sistema y el instrumental metalógico es totalmente clásico. No hay razón para que no lo sea. El hecho de que tengamos inferencias probabilísticas no nos obliga a manejarlas probabilísticamente. En una moneda sin truco la probabilidad de que caiga cada una de sus caras es exactamente 50 %⁶. De preferencia queremos conocimientos completamente seguros incluso sobre inferencias inciertas o aproximadas, queremos total precisión sobre los problemas de la falta de precisión y mientras no aparezcan razones de peso que nos conduzcan a pensar que tal precisión sobre la imprecisión es inalcanzable, metodológicamente debemos continuar utilizando los instrumentales clásicos deductivos que por ser deductivos automáticamente son monotónicos.

⁶En realidad, si el ángulo con el momento angular no es 90 grados, es ligeramente mayor la probabilidad de que caiga la cara que estaba en la parte superior al momento de arrojarla. Ver Montgomery (1994), p.184.

Conclusiones

Vimos que los problemas de qué y cómo representar en sistemas no-monotónicos son conexos pero no siempre coinciden. Podemos decir que representamos sistemas de creencias implícitas o de creencias base mínimas pero no es plausible que siempre estemos hablando de creencias y menos parece justificado llamarles siempre conocimientos. Nos declaramos en favor del anidamiento, negación y conjunción de reglas no-monotónicas. Nuestra representación debe tener tanto elementos declarativos como imperativos, pero mantenerse en el plano formal. Hasta que tengamos una representación práctica en sistemas físicos esencialmente continuos, el uso de lenguaje simbólico es una opción aceptable. Y el lenguaje apropiado para hablar de los sistemas no-monotónicos es el clásico para metalógica pero el no-monotónico para filosofía de la lógica.

Quedan muchos otros problemas que sería importante tratar como, por ejemplo, sobre la representación del contexto, incluyendo elementos como el auditorio y las funciones de ingreso y salida a contextos, la integración de nuevos axiomas y reglas, el control de la generación de extensiones por el ordenamiento de las reglas, la representación de diferentes tipos de inferencias no-monotónicas y de sus relaciones, etc.

Bibliografía

- [1] Blumenthal, Otto (1935). “Lebensgeschichte”, en el tomo 3 de David Hilbert, *Gesammelte Abhandlungen*, 3 vols., 1932-1935, Berlin: Springer, pp. 388-435.
- [2] Gabbay, Dov M. (1985). “Theoretical foundations for non-monotonic reasoning in expert systems”. En R. Apt Krzysztof, (ed.), *Logics and Models of Concurrent Systems; Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Logics and Models of Concurrent Systems held at La Colle-sur-Loup, France, 8-19 October 1984*. NATO ASI series. Series F, Computer and System Sciences; vol. 13. Berlin:Springer-Verlag, pp. 439-457.
- [3] Gardner, Martin (1958). *Logic Machines and Diagrams*. New York: McGraw-Hill.
- [4] Gärdenfors, Peter (1988). *Knowledge in Flux*. Cambridge: MIT Press.
- [5] Konolige, Kurt (1987). *On the relation between default and autoepistemic logic*. CSLI Report no. CSLI-87-105.

- [6] McDermott, Drew V., Jon Doyle (1978). "Non-monotonic logic I". *MIT Technical Report Memo 486*.
- [7] Montgomery, Richard (1994). "Why coin flipping is biased". En *XXXVII Congreso Nacional*. México: Sociedad Matemática Mexicana, p. 184.
- [8] Moore, Robert C. (1985) "Semantical considerations on nonmonotonic logic". *Artificial Intelligence*, vol. 25, no. 1, pp. 75-94.
- [9] Marek, V. Wiktor, Mirosław Truszczyński (1993). *Nonmonotonic Logic: Context-Dependent Reasoning*. Berlin: Springer-Verlag.
- [10] Morado, Raymundo (2004). "Problemas filosóficos de las lógicas no-monotónicas". En Raúl Orayen y Alberto Moretti (eds.), *Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía*, vol. 27. Madrid: Ed. Trotta y Consejo Superior de Investigaciones Científicas, pp. 313-344.
- [11] Morado, Raymundo y Leah Savion (2005). "The Role of Heuristic Inference in Rationality". En *3rd Annual International Conference on Arts and Humanities*, pp. 5403-5411.
- [12] Pastore, Valentino Annibale (1906). *Logica formale dedotta dalla considerazione dei modelli meccanici*.
- [13] Pearl, Judea (1989). "Probabilistic semantics for nonmonotonic reasoning: A survey". En Ronald J. Brachman, Hector J. Levesque y Raymond Reiter (eds.), *KR'89: Proceedings of the First International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning*. San Mateo, California: Morgan Kaufmann, pp. 505-516.
- [14] Reiter, Raymond (1980). "A logic for default reasoning". *Artificial Intelligence*, vol. 13, no. 1-2, pp. 81-132.
- [15] Reiter, Raymond, G. Criscuolo (1981). "On interacting defaults". En *Proceedings of the Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence*, IJCAI-81, 24-28 August 1981, University of British Columbia, Vancouver, B. C., Canada. Ann Drinan (ed.), AAAI, Morgan Kaufmann., pp. 270-276.
- [16] Russell, Bertrand (1906). "Review of Annibale's Pastore's Logica Formale dedotta dalla Considerazione di Modelli Meccanici". *Mind*, v.15, n.58, p.277.
- [17] Spade, Paul Vincent (1982). "Three theories of Obligationes: Burley, Kilvington and Swyneshed on counterfactual reasoning". *History and Philosophy of Logic*, 3, pp. 1-32.

-
- [18] Zadeh, Lotfi Asker (1988). *Dispositional logic and commonsense reasoning*.
CSLI Report no. CSLI-88-117.

