

Lógicas no monótonas como intento de modelación del sentido común en Inteligencia Artificial

María Morgado

(Universidad Central de Venezuela)

Lógicas no monótonas como intento de modelación del sentido común en Inteligencia Artificial

Non-monotonic logics as an attempt to model common sense in Artificial Intelligence

María Morgado
(Universidad Central de Venezuela)

Resumen: En el presente artículo se presentan los límites que presenta la *Lógica Clásica* en la formalización de un tipo razonamiento inductivo, a saber: el del sentido común. Asimismo, se da una breve introducción a las *Lógicas no monótonas*, como una herramienta más idónea para alcanzar dicha pretensión, las cuales se caracterizan por la posibilidad de cambiar la conclusión en el caso de que una nueva premisa aparezca. Sin embargo, éstas también poseen limitaciones que dificultan una formalización perfecta del sentido común.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Lógicas No Monótonas, Modelación, Razonamiento Inductivo, Sentido Común.

Abstract: This paper presents the limits of Classical Logic in the formalization of a type of inductive reasoning, namely: that of common sense. Likewise, a brief introduction is given to non-monotonic logics, as a more suitable tool to achieve such pretension, which are characterized by the possibility of changing the conclusion in case a new premise appears. However, they also have limitations that hinder a perfect formalization of common sense.

Keywords: Artificial Intelligence, Non-Monotonic Logics, Modeling, Inductive Reasoning, Common Sense.

La Inteligencia Artificial (IA), es aquella interdisciplina que busca comprender y construir entidades inteligentes¹. Ésta presenta dos vertientes: la primera plantea la construcción de sistemas inteligentes capaces de resolver problemas, sin la necesidad de imitar la forma en cómo lo hace la mente humana (aunque siempre busca alcanzar su *performance*). La segunda, en cambio, busca imitar el funcionamiento de la inteligencia humana por medio de la programación computacional, intentando así comprender más a fondo el proceso cognitivo de las personas².

La primera vertiente se encarga de producir comportamientos inteligentes, independientemente de los medios. Por lo tanto, si la conducta resultante es inteligente, entonces la simulación es exitosa. En cambio, la segunda busca construir modelos inteligentes que simulen los procesos cognitivos de las personas. Al primer paradigma se le denomina como *simbólico* y es sobre este que versará el presente artículo, pues resulta ser el enfoque que presenta las conexiones más ricas entre la lógica y la Inteligencia Artificial³.

Ahora bien, varios pensadores, incluido Aristóteles, consideran que el hombre razona de dos maneras: deductiva e inductivamente. La diferencia fundamental entre estos dos tipos de razonamiento radica en la forma en cómo se da la relación entre las premisas y la conclusión. Es decir, mientras que en los razonamientos deductivos la relación es estrecha y rigurosa (las premisas fundamentan necesariamente a la conclusión); en los inductivos, es mucho menos estricta (las premisas sólo proporcionan un apoyo probabilístico a la conclusión)⁴.

Para evaluar un razonamiento deductivo, se recurre a la noción de validez. Es decir, cuando es correcto se dice que es válido y, cuando no lo es, se determina que es inválido. Dicho esto, un argumento será válido cuando sus premisas, de ser verdaderas, den como resultado una conclusión verdadera. En este caso, las premisas y la conclusión están relacionadas de tal manera que sea imposible derivar una conclusión falsa de unas premisas verdaderas. Por tanto, en todo razonamiento deductivo las premisas, o apoyan definitivamente a la conclusión, o no lo hacen⁵.

¹ Cfr. RUSSEL, Stuart y NORVING, Peter, *Inteligencia Artificial. Un enfoque moderno*, Madrid, Pearson Educación, 2004. p. 1.

² Cfr. CARNOTA, Raúl, "Lógica e Inteligencia Artificial" en ALCHURRÓN, C., MENDEZ, J., y ORAYEN, R. (Eds.), *Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía*, Madrid, Editorial Trotta, 1995. p. 146.

³ Cfr. *Ibid.*, p. 147.

⁴ Cfr. COPI, Irving y COHEN, Carl, *Introducción a la lógica*, México D. F., Editorial Limusa, 1995. p. 73.

⁵ Cfr. *Ibid.*, p. 73.

Esto no ocurre con los razonamientos inductivos, los cuales no pueden ser calificados como “válidos” o “inválidos”. En su lugar, se califican como mejores o peores, según sea el grado de apoyo que las premisas proporcionen a sus conclusiones. De esta forma, mientras mayor sea la probabilidad o verosimilitud que las premisas le otorguen a la conclusión, mayor será el valor del razonamiento inductivo⁶.

Para comprender mejor la diferencia entre ambos tipos de razonamiento, se presentarán un par de ejemplos:

Ejemplo 1: Razonamiento deductivo

Todos los hombres son mortales
Sócrates es hombre
Por lo tanto, Sócrates es mortal

Ejemplo 2: Razonamiento inductivo

La mayoría de los pájaros vuelan
El turpial es un pájaro,
Por lo tanto, es probable que el turpial vuele.

En el primer argumento puede verse que la conclusión se desprende necesariamente de las premisas. Por lo tanto, si se agrega una nueva premisa, la conclusión no dejará de ser la misma. En cambio, en el argumento inductivo, la conclusión está apoyada por una probabilidad, y el agregado de otras premisas puede modificar la conclusión.

En el segundo ejemplo la primera premisa es verdadera y la segunda también, entonces es probable que la conclusión también lo sea. Ahora bien, si se añaden nuevas premisas al par original, puede originarse un argumento sustancialmente más débil o más fuerte, dependiendo de la nueva información agregada⁷. Por ejemplo, si se decide añadir la premisa: “El turpial tiene las plumas de las alas rotas”; y además se añade: “los pájaros con las plumas de alas rotas no vuelan” entonces la conclusión, que antes parecía muy probable, ya no lo será.

El sentido común es un tipo de razonamiento inductivo y su modelación ha resultado ser un gran reto para aquellos lógicos que se enfocan en la creación de sistemas inteligentes. Pues, por un lado, la *Lógica Clásica* (LC) no es la más adecuada para formalizar esta forma de pensar. Y, por el otro, las lógicas más contemporáneas (como las no monotónicas) demandan un gran nivel de complejidad. A continuación, se detallarán los motivos por el cual la LC fracasa en la modelación del sentido común y cómo las lógicas no monótonas están tratando de llevar a cabo

⁶ Cfr. *Ibid.*, p. 71.

⁷ Cfr. *Ibid.*, p. 74.

dicha pretensión.

Límites de la lógica deductiva en la modelación del sentido común

Un objetivo de la Inteligencia Artificial es la formalización del “razonamiento del sentido común”, el cual se caracteriza por la extracción de conclusiones en base a generalizaciones que tienen excepciones. Unos ejemplos de este tipo de conclusiones son “los pájaros vuelan”, “si el auto tiene combustible y batería, entonces arranca”, etc.⁸.

La formalización de estos razonamientos, por medio de la *Lógica Clásica* (deductiva), traería complicaciones. Por ejemplo, el siguiente razonamiento representado por la LC:

$$\forall x [\text{Mamífero}(x) \rightarrow \neg \text{Vuela}(x)], \text{ y}$$
$$\forall x [\text{Murciélago}(x) \rightarrow \text{Vuela}(x)],$$

Se deriva, según esta lógica, que no pueden existir individuos que sean a la vez mamíferos y murciélagos y si se agregara como premisa que existen individuos mamíferos y murciélagos, igualmente se seguirá derivando que no pueden existir individuos que sean mamíferos y murciélagos a la vez. Esto se debe a que la *Lógica Clásica* es monótona, es decir, que las premisas al ser condición suficiente para la conclusión, el agregado de nuevas premisas no puede invalidar nunca a la conclusión⁹.

Es importante mencionar que al tener como ideal de inteligencia a la mente humana se han desarrollado muchas críticas y desafíos que afectan a la lógica en general. El hecho de que los seres humanos no siempre son consistentes ha motivado a la creación de lógicas paraconsistentes. Por su parte, el convencimiento de que la mente humana toma decisiones sin analizar todas las alternativas también ha llevado a la incitación de desarrollar procedimientos y lenguajes que reconstruyan esa conducta. Lo mismo puede decirse de las caracterizaciones vagas o difusas, los razonamientos por analogía, el aprendizaje como proceso inductivo, etc.¹⁰

Aunque estos aspectos mencionados no son el tema central del presente artículo, es pertinente tenerlos en cuenta, pues se trata de temas que hoy en día están vigentes en la

⁸ Cfr. *Op. cit.*, CARNOTA, Raúl, p. 144.

⁹ Cfr. *Ibid.*, pp. 144-145.

¹⁰ Cfr. *Loc cit.*

investigación conjunta de la lógica y la Inteligencia Artificial. También, es importante tener en cuenta que la lógica es usada como metalenguaje de los lenguajes de representación, es decir, como instrumento para caracterizar el poder inferencial de un lenguaje, tal como ha sido propuesto por A. Newell en 1981, al caracterizar el “nivel de conocimiento” en los sistemas inteligentes¹¹.

Ahora bien, muchos investigadores dentro de la Inteligencia Artificial consideran a la *Lógica Clásica* como demasiado formal y limitada. Además, perciben que los procesos de razonamiento van mucho más allá que el análisis lógico deductivo¹². Dichos cuestionamientos no son nuevos, por ejemplo, Stuart Mill (1957) afirma que en el siguiente silogismo:

Todos los hombres son mortales
Sócrates es hombre
Por lo tanto, Sócrates es mortal

era incontestable ya que no se puede asegurar la mortalidad de todos los hombres, a menos de que se esté convencido de la de cada hombre en particular¹³. Por su parte, Cohen y Nagel¹⁴ formulan la “paradoja de la inferencia”, la cual afirma que, si en una inferencia la conclusión no está contenida en la premisa, la inferencia no puede ser válida; y si la conclusión no es diferente de las premisas, la inferencia es inútil; pero la conclusión no puede estar contenida en las premisas y al mismo tiempo poseer novedad; de esta manera, las inferencias no pueden ser válidas y útiles al mismo tiempo¹⁵.

Posteriormente, M. Minsky sintetiza sus cuestionamientos a la *Lógica Clásica* de la siguiente manera: 1) el problema de la relevancia, que radica en la carencia de información sobre cuándo es pertinente o no realizar ciertas deducciones. 2) El problema de la monotonía, ya mencionado en párrafos anteriores. 3) La separación entre axiomas y deducción (que equivale a independizar el conocimiento de su forma de uso) dificulta la clasificación de las proposiciones y

¹¹ Cfr. *Ibid.*, p. 145.

¹² Cfr. *Ibid.*, p. 151.

¹³ Cfr. *Ibid.*, p. 151.

¹⁴ Cfr. COHEN, Morris y NAGEL, Ernest, *An Introduction to Logic and Scientific Method*, London, Routledge and Kegan Paul, 1957.

¹⁵ Cfr. *Op. cit.*, CARNOTA, Raúl, p. 151.

el control del proceso deductivo¹⁶. Por ejemplo, si se desea axiomatizar la relación de proximidad, resulta natural que sea transitiva:

$$[(A \text{ prox } B) \wedge (B \text{ prox } C)] \rightarrow (A \text{ prox } C)$$

Sin embargo, la aplicación sin restricción de esta regla (por ejemplo, agregando individuos), puede conducir a que todo esté próximo a todo. De manera que en un sistema lógico “puro” no es fácil hacer un nuevo axioma que “prohíba” aplicar la transitividad más de cierto número de veces. 4) La explosión combinatoria. 5) La exigencia de consistencia, en donde no es posible representar una sentencia y su negación sin que el proceso inferencia “trivialice” las conclusiones (permita derivar cualquier sentencia). Para Minsky, esta propiedad está lejos de ser una virtud, ya que los sistemas así forjados resultan muy débiles en relación al poder de raciocinio de los agentes humanos inteligentes, ya que ninguna persona es completamente consistente. Lo que importa es cómo el agente trabaja con las paradojas o conflictos, o cómo aprende de los errores¹⁷.

A continuación, se expondrán con mayor detenimiento algunos de estos cuestionamientos hacia la *Lógica Clásica*.

La relevancia.

La *Lógica Clásica* se caracteriza por sus inferencias seguras, sin embargo, éstas no son siempre útiles para determinados propósitos. Es decir, una inferencia apropiada en un dominio puede ser irrelevante en otro. En estos casos se sugiere la necesidad de una “racionalidad útil”, ya que el solo hecho de razonar correctamente (que es lo que garantizan los procesos deductivos) puede ser irracional si se considera los propósitos del razonador y el dominio en que está operando¹⁸.

Doyle¹⁹ presenta un concepto de “racionalidad útil”, el cual consiste en que cada paso de razonamiento sea dado con el objetivo de maximizar la función de valor que el agente establece

¹⁶ Cfr. *Ibid.*, p. 152.

¹⁷ Cfr. *Loc cit.*

¹⁸ Cfr. *Ibid.*, p. 153.

¹⁹ Cfr. DOYLE, Jon, “Rational Control of Reasoning in Artificial Intelligence”, en Fuhrmann and Morreau (Eds.), *The Logic of Theory Change*, Berlín, Springer Verlag, 1989.

en base a sus expectativas y preferencias. De esta manera, antes de cuestionarse sobre la seguridad de las inferencias, es más importante cuestionarse sobre si los pasos de razonamientos dados y las conclusiones alcanzadas sirven eficientemente a los propósitos del razonador. Es decir, si el razonar del robot tiene como paradigma el razonar humano y quiere, por lo menos, imitar su *performance* no le servirá cualquier inferencia, por más lógicamente válida que ésta sea, si no es relevante para sus objetivos²⁰.

La monotonía.

Supóngase que alguien menciona que tiene en su casa un pájaro llamado Pi-pio. Seguramente se imaginará al pájaro en una jaula ya que, si no se tiene más información sobre el mismo, es razonable suponer que vuela. Ahora bien, una forma de representar esta asociación heurística mediante la *Lógica de primer orden* sería formulando “Todos los pájaros vuelan”²¹:

$$\forall x [\text{Pájaro}(x) \rightarrow \text{Vuela}(x)] \quad (1)$$

¿Qué ocurre si Pi-pio es un pingüino? Se puede representar el conocimiento sobre los pingüinos mediante otro condicional estándar:

$$\forall x [\text{Pingüino}(x) \rightarrow \neg \text{Vuela}(x)] \quad (2)$$

El problema es que la representación conjunta de (1) y (2) determina que no pueden existir individuos que sean a la vez pájaro y pingüino.

En la Lógica Clásica, si T es un conjunto de sentencias y P es una sentencia, si $T \vdash P$ entonces $T \cup N \vdash P$, para cualquier conjunto de N sentencias. Si se considera que:

Pájaro (Pi-pio) (3)

Y T es (1), (2) y (3) resulta que $T \vdash \text{Vuela}(\text{Pi-pio})$.

Pero, ahora se conoce el nuevo hecho:

Pingüino (Pi-pio) (4),

²⁰ Cfr. *Op. cit.*, CARNOTA, Raúl, p. 153.

²¹ Cfr. *Ibid.*, p. 154.

Debido a la monotonía de consecuencia en la *Lógica Clásica*, se tendrá que $T \cup \{\text{Pingüino (Pi-pio)}\} \vdash \text{Vuela (Pi-pio)}$, y a su vez de (2) y (4) se deduce $\neg \text{Vuela (Pi-pio)}$ ²².

Cualquier persona, aun teniendo en cuenta las “reglas” antes señaladas, resolvería la situación, aplicando un “principio de predominio de la información más específica”, que jerarquiza (2) sobre (1), y descartaría esta última sentencia al opinar sobre Pi-pio, sabiendo que es un pingüino²³.

El asunto es que al representar la creencia en la forma “Todos los pájaros vuelan” se está “forzando” una cuantificación universal, que no es un adecuado reflejo de la expresión del lenguaje corriente. Una solución sería representar así el criterio para decidir sobre la capacidad del vuelo de los pájaros²⁴.

$$\forall x \{[\text{Pájaro } (x) \wedge \neg \text{Pingüino } (x)] \rightarrow \text{Vuela } (x)\} \quad (5)$$

Sin embargo, el problema es si Pi-pio es avestruz, o tiene el ala rota, las patas atadas a una piedra, etc. Es decir, la regla tiene tantas excepciones que no pueden enumerarse todas. Pero, las personas la siguen usando en referencia a cualquier pájaro que se le es mencionado, mientras no existan evidencias de lo contrario (como por ejemplos las mencionadas anteriormente). Minsky se refería a estos casos cuando señalaba la incapacidad de la *Lógica Clásica* para tratar las propiedades típicas de los individuos de un dominio²⁵.

Otro ejemplo, inspirado en J. McCarthy, es el siguiente: supóngase que entre las creencias de las personas se encuentra que: “Si el tanque de gasolina de un carro no está vacío y la batería está cargada, entonces el auto va a arrancar”. Pero este condicional no va a ser verdad en un mundo donde el carburador esté roto, o en donde estén cortados los cables de la batería, o en el cual el tanque, si bien no está vacío, está lleno de agua, etc. sin embargo, las personas planean su día sobre la base de verificar sólo las premisas de la regla simple anteriormente mencionada. Si luego se añade información de que el tanque estaba lleno de agua, la conclusión nueva será que el auto no arranca. Por lo que la conclusión previa es “derrotada” siendo que sus premisas siguen

²² Cfr. *Ibid.*, p. 154.

²³ Cfr. *Loc cit.*

²⁴ Cfr. *Loc cit.*

²⁵ Cfr. *Ibid.*, p. 155.

siendo verdaderas²⁶.

Existe además un escenario, llamado *Nixon Diamond*, el cual representa una situación más compleja. Consiste en tener entre las creencias que “Normalmente los cuáqueros son pacifistas” y que “Normalmente los republicanos son belicistas”. ¿Qué se puede afirmar de Nixon, del cual se sabe que es cuáquero y republicano? En una formalización clásica de este problema, esas dos características no pueden ser verdaderas a la vez en ningún individuo. En este caso no habrá principios intuitivos generales que guíen la respuesta de un agente inteligente, sino que cada uno podrá preferir una u otra respuesta, según la fortaleza que le asigne a cada creencia, o permanecer agnóstico²⁷.

Dicho todo esto, la alternativa a una larga y completa descripción de las precondiciones de una regla es basar las conclusiones sólo en información parcial, y esperar que los factores que han sido ignorados no aparezcan. En caso de ser así habrá que estar conscientes que de vez en cuando se produzcan errores en las conclusiones. Tomar atajos e ignorar mucha de la información que es potencialmente relevante, arriesgándose a tener que retraer algunas conclusiones en la medida que aparece evidencia contradictoria, es el camino que recorren los procedimientos para el razonamiento no monótono²⁸.

Lógica y complejidad.

Supóngase que se desea interrogar al sistema, cuyas informaciones almacenadas son A_1, \dots, A_n sobre si “cree” en B. Si se entiende esto como la pregunta acerca de si B se da en los estados del mundo concebidos por el agente en que se dan A_1, \dots, A_n , la lógica estándar proporciona un método de prueba puramente sintáctico. Dicho método consiste en hallar alguna secuencia de fórmulas del lenguaje que termine en B y que esté compuesta solo por A_1, \dots, A_n y los axiomas de la lógica subyacente o por formulas derivadas de las anteriores en la secuencia mediante reglas de inferencia R_1, \dots, R_m ²⁹.

El primer inconveniente es que, si el lenguaje es el del cálculo de predicados de primer orden, esto no es posible en términos generales, ya que, dicho cálculo no es decidible. Incluso en

²⁶ Cfr. *Loc cit.*

²⁷ Cfr. *Loc cit.*

²⁸ Cfr. *Loc cit.*

²⁹ Cfr. *Ibid.*, p. 157.

los subconjuntos decidibles de dicho lenguaje, considerando que el lenguaje posea sólo negación y disyunción, el problema de la decisión resulta computacionalmente intratable. Por lo tanto, existirán situaciones en que la respuesta no aparecerá en tiempos razonables, y no se puede prever cuando estas situaciones van a ocurrir³⁰.

Si se representan hechos simples mediante expresiones atómicas o sus negaciones, las disyunciones van a ser utilizadas cuando el conocimiento del dominio es incompleto. De igual forma, la negación de un hecho puede sugerir una disyunción de muchos otros, si el dominio es rico en individuos³¹.

La pobreza de conocimiento sobre el dominio requiere una mayor riqueza del lenguaje para que sea representada, independientemente de si se utiliza o no un formalismo basado en LC. De esta manera, la *Lógica de primer orden* permite un alto grado de expresión de estas “indeterminaciones” del conocimiento. La consecuencia es, en cualquier caso, una mayor complejidad computacional³².

Una forma de restringir la complejidad es empobreciendo el lenguaje, al menos si la expresión del problema lo admite. Un ejemplo son los lenguajes basados en cláusulas de Horn³³, en el que se evitan la disyunción, la negación y la cuantificación existencial de fórmulas no atómicas. Otra alternativa es “forzar el completamiento” de la información de la base de Conocimientos (BC), mediante mecanismos *ad hoc* (“para esto”) que se supone que los agentes inteligentes utilizan para actuar frente a la incertidumbre (valores por defecto, reglas heurísticas, supuestos de mundo cerrado, etc). Esto hace posible la obtención de conclusiones que no están implicadas deductivamente por aquello que la BC conoce y que luego pueden ser derrotadas al adquirirse nueva información. Dichos mecanismos son propios de la *Lógica no Monótona*³⁴.

Un ejemplo de estos mecanismos de completamiento es el conocido *frame axiom* (“axiomas del marco”). Para comprenderlo mejor imagínese un robot que, de acuerdo a sus objetivos, decide trasladarse en una habitación desde un punto A hasta otro punto B. Las modificaciones que esta

³⁰ Cfr. *Loc cit.*

³¹ Cfr. *Loc cit.*

³² Cfr. *Ibid.*, p. 158.

³³ “Una cláusula de Horn es una disyunción de literales de los cuales, como mucho uno es positivo” (Cfr. *Op. cit.*, RUSSEL, Stuart y NORVING, Peter, p. 244).

³⁴ Cfr. *Op. cit.*, CARNOTA, Raúl, p. 158.

acción produzca en su Base de Conocimientos, le permitirán saber que luego de dicho traslado su posición en el escenario en que está operando será B. Pero también necesitará saber qué ocurre con el escenario en su totalidad luego de ese movimiento. Nada asegura que otros factores presentes en la escena no hayan cambiado mientras que el robot se trasladaba. Sin embargo, llevar a cabo una nueva caracterización de todo el escenario luego de su acción sería muy costoso, además de no representar el modo de actuar inteligente que se desea construir. Por ejemplo, luego del movimiento del robot no parece razonable que la pintura del techo haya cambiado de color (aunque no es imposible). De esta manera, el *frame axiom* permite completar la descripción del escenario en forma no segura, pero con mayor eficiencia (evitando considerar todas las alternativas de cambios)³⁵.

Dicho esto, hay que tener en cuenta que, a pesar del atractivo de los mecanismos de completamiento, éstos no siempre redundan en una reducción de la complejidad³⁶, más adelante se tratará este tema de forma más detallada.

La consistencia.

Como ya se ha mencionado, en la *Lógica Clásica* la consistencia es un requisito para desarrollar teorías no triviales. Pero, puede darse el caso en que una BC tenga alguna inconsistencia “local” que puede considerarse “irrelevante” en vista del conjunto total de información contenida. La aspiración es poder continuar sacando conclusiones interesantes³⁷.

En las últimas décadas, se han desarrollado aplicaciones a IA de las lógicas paraconsistentes, las cuales subyacen en teorías inconsistentes, pero no triviales. Por su parte, en el caso de las formalizaciones del razonamiento no monótono el problema de mantener la consistencia es central, lo cual produce una complejidad computacional extra. Los conflictos que se desean evitar al usar inferencias por defecto, como en el caso de *Nixon diamond*, puede verse, en un contexto paraconsistente, como situaciones normales causadas por la falta de información³⁸.

³⁵ Cfr. *Ibid.*, p. 159.

³⁶ Cfr. *Loc cit.*

³⁷ Cfr. *Loc cit.*

³⁸ Cfr. *Ibid.*, p. 162.

Lógicas no monótonas como intento de modelación del sentido común

Dadas las limitaciones de la LC para modelar el sentido común, se vuelve necesario contar con otra lógica que pueda lograr este cometido de una forma más eficiente. Una alternativa son las Lógicas no monótonas, de las cuales se hablarán a continuación.

Características de los procedimientos no monótonos.

El antecedente más conocido de los procedimientos no monótonos es la “hipótesis del mundo cerrado” (HMC), la cual es agregada a la información que conforma una Base de Datos (BD). Dicha hipótesis sostiene que si una porción atómica de información no puede extraerse de la BD entonces debe suponerse la negación de la misma. Pero, si luego se agrega esa información a la BD entonces la conclusión negativa, establecida previamente, desaparece³⁹.

De esta manera, si consideramos como Base de Conocimientos (BC) constituida por una colección de cláusulas de Horn, el principio de la HMC se formula de la siguiente manera: para cualquier literal positivo “ground” (cerrado) P(t):

$$(RHMC) \text{ Si } BC \not\models P(t), \text{ entonces } BC \mid\sim \sim \neg P(t),$$

donde $\mid\sim \sim$ representa la inferencia no monótona inducida por la HMC⁴⁰.

La estructura de la regla (RHMC) presenta las siguientes características:

1. Es de tipo global, es decir, que la inferencia depende de todas las consecuencias de la BC.
2. La inferencia depende tanto de los conocimientos presentes como de los conocimientos ausentes de la BC.
3. A pesar de que la regla no es segura (ya que el conocimiento almacenado en la BC no es suficiente para garantizar la conclusión), se establece un criterio de resguardo de consistencia en la primera parte de su formulación. Dicho criterio establece que $\neg P(t)$ se satisfaga en al menos alguno de los mundos descritos por la BC.
4. Satisfechas las garantías, se procede al “salto a las conclusiones”. De esta manera, se

³⁹ Cfr. *Loc cit.*

⁴⁰ Cfr. *Loc cit.*

incorpora $\neg P(t)$ a las consecuencias ampliadas de la BC. Los modelos de la BC ampliada serán subconjunto de los modelos de la BC original en que se satisface $\neg P(t)$ ⁴¹.

Se puede ejemplificar este mecanismo mediante el siguiente ejemplo expuesto por Carnota⁴²:

1. $\forall x \{ \text{Pájaro}(x) \wedge \neg \text{Anormal}[\text{Pájaro}(x)] \rightarrow \text{Vuela}(x) \}$
2. $\forall x \{ \text{Pingüino}(x) \rightarrow \text{Anormal}[\text{pájaro}(x)] \}$
3. $\text{Pájaro}(\text{Pi-pio}),$

el cual expresa que “normalmente los pájaros vuelan”, “los pingüinos son pájaros anormales” y que “Pi-pio es un pájaro”. En principio no se puede afirmar nada sobre la capacidad de volar de Pi-pio, dado que no se sabe que sea o no anormal como pájaro. Pero, si se aplica la RHMC a $\text{Anormal}(\text{pájaro}(\text{Pi-pio}))$, se puede concluir no monotónicamente:

4. $\neg \text{Anormal}(\text{pájaro}(\text{Pi-pio}))$, y por lo tanto,
5. $\text{Vuela}(\text{Pi-pio}).$

Si luego se agrega:

6. $\text{Pingüino}(\text{Pi-pio})$

Ya no se puede derivar ni 4) ni 5) de la BC.

Es importante mencionar que las inferencias no monótonas establecen su calidad impidiendo que la BC se vuelva inconsistente con la llegada de una nueva evidencia, es decir, que la BC contenga una contradicción al integrar nueva información. De esta manera, la (RHMC) no puede aplicarse a una BC que no esté formada por cláusulas de Horn, porque si no fracasa el “control de calidad” impuesto por la primera parte de la regla. En efecto, si se tiene un BC compuesta sólo por la disyunción $P \vee Q$, la aplicación reiterada de la (RHMC) permite inferir $\neg P$

⁴¹ Cfr. *Ibid.*, p. 163.

⁴² Cfr. *Loc cit.*

y $\neg Q$, y luego $\neg (P \vee Q)$, lo que constituye una contradicción con la BC original⁴³.

Por su parte, existe otro procedimiento no monótono el cual generaliza la noción de inferencia no monótona basada en la HMC con el objetivo de superar sus limitaciones, dicho procedimiento es el de Circunscripción de McCarthy. El mismo se basa en la idea de seleccionar como modelos “preferidos” de una BC los que posean extensiones minimales⁴⁴ (de ciertos predicados). Esta restricción de los modelos equivale a reforzar la BC, lo cual se hace por medio de Axioma de Circunscripción (AC), que depende de la BC y los predicados que se están circunscribiendo. Dicho esto, las conclusiones por defecto serán las que se obtengan deductivamente de la BC U AC, y serán satisfechas en todos los modelos de esta Base ampliada, es decir, en los modelos preferidos seleccionados de la BC original⁴⁵.

En tercer lugar, se encuentra la *Lógica Default* (LD) de Reiter como otro de los procedimientos no monótonos conocidos. En éste se aumentan las conclusiones deductivas de un conjunto de axiomas W, mediante el agregado de reglas con la forma:

$$A: B/B$$

La cual se lee informalmente: “si A se da en la extensión y no se da $\neg B$ (es consistente suponer B), entonces se infiere B”. El uso de esta regla genera extensiones de las consecuencias estándar de W⁴⁶.

Dicho esto, se tiene que una teoría *Default* es un par $\langle W, D \rangle$, donde W es un conjunto de fórmulas y D un conjunto de reglas *Default*⁴⁷. Utilizando el mismo ejemplo de Carnota se tiene que:

$$D = \{ \text{Pájaro}(x): \text{Vuela}(x)/\text{Vuela}(x) \}$$

$$W = \{ \text{Pájaro}(\text{Pi-pio}) \}$$

Debido a que en el contexto de esa teoría no es inconsistente suponer que Pi-pio vuela, la

⁴³ Cfr. *Loc cit.*

⁴⁴ Sea A un conjunto ordenado. Se dice que un elemento $a \in A$ es minimal si $x \leq a$ implica $a = x$. Es decir, a es un elemento minimal si ningún elemento de A es estrictamente anterior a b (Lipschutz, 1991).

⁴⁵ Cfr. *Op. cit.*, CARNOTA, Raúl, p. 163.

⁴⁶ Cfr. *Ibid.*, p. 164.

⁴⁷ Cfr. *Loc cit.*

extensión (única) de la teoría incluirá la conclusión derrotable *Vuela*(Pi-pio). Es notorio que el mecanismo de la *Lógica Default*, aunque distinto al del *Mundo Cerrado* y *Circunscripción*, mantienen las características generales comentadas anteriormente. En particular, en cada regla del tipo “normal”⁴⁸:

A: B/B

“el control de calidad” de la inferencia es dado por la condición “es consistente suponer B”, por lo tanto, si es satisfecho se permite pasar de la premisa A a la conclusión por defecto B. Por su parte, si se agrega conocimientos sobre pingüinos se obtiene⁴⁹:

$$D1 = \left\{ \frac{\text{Pájaro}(x):\text{Vuela}(x)}{\text{Vuela}(x)} ; \frac{\text{Pingüino}(x): \neg\text{Vuela}(x)}{\neg\text{Vuela}(x)} \right\}$$

$$W1 = \{[\text{Pingüino}(\text{Pi-pio}), \forall x \text{ Pingüino}(x)] \rightarrow \text{Pájaro}(x)\}$$

En este caso hay dos posibles “extensiones” o escenarios, en los cuales en uno Pi-pio vuela y en el otro no vuela. Si se adopta una visión escéptica (considerar sólo las consecuencias que surgen en todas las extensiones) nada se puede afirmar sobre esa propiedad de Pi-Pio. La razón de comportamiento anti intuitivo es que falta la información de que los pingüinos son pájaros excepcionales con respecto al volar. Esto conduce a modificar las reglas en el que se incluyan las mismas excepciones conocidas⁵⁰.

$$D2 = \left\{ \frac{\text{Pájaro}(x) \wedge \neg\text{Pingüino}: \text{Vuela}(x)}{\text{Vuela}(x)} ; \frac{\text{Pingüino}(x): \neg\text{Vuela}(x)}{\neg\text{Vuela}(x)} \right\}$$

Se puede notar, por un lado, una cierta debilidad en la representación ante la aparición de nuevas excepciones. Por otro lado, se evidencia que la regla modificada sigue siendo una regla por defecto, ya que en el mundo real existen otros casos de pájaros que no vuelan⁵¹.

Tomando en cuenta el aspecto semántico, en este procedimiento se restringen los modelos de W en función de las reglas *Default*. En el primer ejemplo se descartan aquellos en que Pi-pio

⁴⁸ Cfr. *Loc cit.*

⁴⁹ Cfr. *Loc cit.*

⁵⁰ Cfr. *Loc cit.*

⁵¹ Cfr. *Loc cit.*

no vuela. Los restantes modelos seleccionados de la BC son exactamente los modelos de la extensión. Entre estos último puede no estar el mudo real ya que la inferencia “Vuela(Pi-pio), a partir de Pájaro(Pi-pio), puede no ser válida en dicho mundo. De esta manera, el “control” de la regla sólo asegura que existe algún mundo compatible con la BC en el cual Pi-pio vuela. En el caso de la teoría $\langle W1, D1 \rangle$, existe dos subconjuntos de modelos de la BC en competencia. La modificación de la regla en D2 representa la preferencia por uno de los dos⁵².

La lógica de las inferencias no monótonas

D. Gabbay⁵³ fue el primero en establecer las propiedades formales que caracterizan la relación de inferencia de un sistema no monótono. Su punto de partida fue la consideración del caso de una relación estándar deductiva (\vdash) cuya respuesta había sido dada por A. Tarski al plantear tres condiciones (considerando sólo conjuntos finitos de premisas) que debe satisfacer \vdash para que sea considerada como una relación de inferencia de algún sistema de la lógica deductiva⁵⁴. Estas son:

- Reflexividad: $A_1, \dots, A_n, B \vdash B$
- Cut:
$$\frac{A_1, \dots, A_n \vdash X; A_1, \dots, A_n, X \vdash B}{A_1, \dots, A_n \vdash B}$$
- Monotonía:
$$\frac{A_1, \dots, A_n \vdash B}{A_1, \dots, A_n, X \vdash B}$$

Cabe mencionar que dependiendo del sistema deductivo con el que se trabaje se le agregan más propiedades a este conjunto mínimo. Ahora bien, Gabbay propuso análogamente unas propiedades mínimas que debería satisfacer una relación de inferencia no monótona, las cuales son: Reflexibilidad, Cut y una forma más débil de monotonía, la cual fue denominada por Makinson⁵⁵ como Monotonía Cautelosa, la cual se define:

⁵² Cfr. *Ibid.*, p. 165.

⁵³ Cfr. GABBAY, Dov, “Theoretical foundations for Non Monotonic Reasoning in Expert System”, en APT, Krzysztof (Ed.), *Logics and Models of Concurrent System*, Berlín, Springer Verlag, 1985.

⁵⁴ Cfr. *Op. cit.*, CARNOTA, Raúl, p. 165.

⁵⁵ Cfr. MAKINSON, David, “General Theory of Cumulative Inference”, en REINFRANK, M., KLEER, J. de, GINSBERG, M.L., SANDEWALL, E. (Eds.) *Second Int. Workshop in Non Monotonic Reasoning*, Berlín,

$$\text{Monotonía cautelosa: } \frac{A_1, \dots, A_n \mid \sim \sim X ; A_1, \dots, A_n \mid \sim \sim B}{A_1, \dots, A_n, X \mid \sim \sim B}$$

La misma expresa el hecho de que incorporar una nueva premisa, cuya verdad ya se ha concluido plausiblemente de los conocimientos previos, no debería invalidar las viejas conclusiones. Por su parte, en este contexto Cut expresa el hecho de que una conclusión plausible es tan segura como los supuestos en los que está basada, por lo tanto, se puede acumular en las premisas. Es decir, no hay pérdida de confianza en la cadena de derivaciones plausibles⁵⁶. Dicho esto, Makinson define a una relación de inferencia como acumulativa si y sólo si satisface Reflexibilidad, Cut y Monotonía Cautelosa. En la siguiente sección se ahondará un poco más en qué consisten estas inferencias de tipo acumulativa.

Por otro lado, Shoham⁵⁷ propuso una teoría de modelos general para las inferencias no monótonas. Se conoce que, en la lógica estándar, una proposición B se sigue lógicamente de otra proposición A ($A \models B$) si y sólo si B se satisface en todos los modelos de A. Con esta definición se puede ver de inmediato el carácter monótono subyacente. En cambio, una noción de consecuencia *Lógica no Monótona* puede caracterizarse a partir de algún subconjunto de los modelos de A, es decir, $A \mid \sim \sim B$ si y sólo si B se satisface en los modelos “preferidos” de A⁵⁸.

Habiendo una lógica estándar L, Shoham construye una Lógica Preferencial L_{\prec} , en la cual añade una relación de “preferencia” (\prec) al conjunto de interpretaciones de L. Dicha relación es un orden parcial y un mundo V es preferible a otro mundo W, si el agente considera a V como “más normal” que W. De esta manera, dado A, se puede concluir “por defecto” B, si todos los mundos “más normales” entre los A-mundos, también satisfacen B. En otras palabras, B se infiere “por defecto” de A en L_{\prec} , si los B-mundos son un superconjunto de los A-mundos “más normales”. Esta noción de “normalidad” es una generalización de la HMC y *Circunscripción*. Para Shoham todo sistema no monótono puede tener una semántica en términos de una relación de preferencia adecuada⁵⁹.

Springer Verlag, 1989.

⁵⁶ Cfr. *Op. cit.*, CARNOTA, Raúl, p. 166.

⁵⁷ Cfr. SHOHAM, Yoav, “A Semantical Approach to Non Monotonic Logics”, en *Proceedings Logics in Computer Science*, New York, 1987.

⁵⁸ Cfr. *Op. cit.*, CARNOTA, Raúl, p. 166.

⁵⁹ Cfr. *Loc cit.*

Razonamiento acumulativo.

El razonamiento acumulativo “es en cierta forma el sistema de razonamiento no monótono más débil posible”⁶⁰. Más adelante, dicho autor continúa diciendo que el razonamiento acumulativo es un razonamiento no monótono cuya idea se basa en que, si una proposición es normalmente consecuencia de un conjunto de premisas, esto no va a cambiar si se agrega a las premisas hipótesis adicionales que son a su vez consecuencias de las premisas. Es decir, la relación $\varphi \mid\sim \psi$ no se altera añadiendo al antecedente una de sus consecuencias normales⁶¹. De manera que la relación de consecuencia acumulativa $\mid\sim$ se define de la siguiente manera:

“Una relación de consecuencia $\mid\sim$ es acumulativa si contiene todas las instancias del axioma de reflexividad y es cerrada bajo las reglas de inferencia ELI (equivalencia lógica por la izquierda), DD (debilitamiento por la derecha), Corte (Cut), y MC (monotonía cautelosa)”⁶².

Dichas reglas son definidas de la siguiente manera:

$\alpha \mid\sim \alpha$	(Reflexividad)
$\frac{\models \alpha \leftrightarrow \beta, \alpha \mid\sim \gamma}{\beta \mid\sim \gamma}$	(Equivalencia Lógica por la Izquierda)
$\frac{\models \alpha \rightarrow \beta, \gamma \mid\sim \alpha}{\gamma \mid\sim \beta}$	(Debilitamiento por la Derecha)
$\frac{\models \alpha \wedge \beta \mid\sim \gamma, \alpha \mid\sim \beta}{\alpha \mid\sim \gamma}$	(Corte)
$\frac{\models \alpha \mid\sim \beta, \alpha \mid\sim \gamma}{\alpha \wedge \beta \mid\sim \gamma}$	(Monotonía cautelosa)

El sistema formado por el esquema de reflexión y estas cuatro reglas se llamará sistema C ⁶³.

Por su parte, las reglas de Equivalencia, Conjunción ($\mid\sim \wedge$) y Modus Ponens por la derecha

⁶⁰ Cfr. DI PRISCO, Carlos, *Notas de Lógica*, Brasil, Emalca Amazonia. p. 68.

⁶¹ Cfr. *Loc cit.*

⁶² Cfr. *Ibid.*, p. 69.

⁶³ Cfr. *Ibid.*, p. 70.

(\sim MP) pueden derivarse en el sistema C⁶⁴. Dichas reglas son:

$$\frac{\alpha \sim \beta, \beta \sim \alpha, \alpha \sim \gamma}{\beta \sim \alpha} \quad (\text{Equivalencia})$$

$$\frac{\alpha \sim \beta, \alpha \sim \gamma}{\alpha \sim \beta \wedge \gamma} \quad (\sim \wedge)$$

$$\frac{\alpha \sim \beta \rightarrow \gamma, \alpha \sim \beta}{\alpha \sim \gamma} \quad (\sim \text{MP})$$

Además, la siguiente regla de monotonía no es derivable en el sistema acumulativo⁶⁵:

$$\frac{\vDash \alpha \rightarrow \beta, \beta \sim \gamma}{\alpha \sim \gamma} \quad (\text{Monotonía})$$

Razonamiento preferencial.

Otro sistema propio de la *Lógica no monótona* es el sistema P (preferencial). Este es estrictamente más fuerte que el sistema C, y presupone la existencia de disyunción en el lenguaje. Consta de todas las mismas reglas del sistema C con la siguiente regla adicional⁶⁶:

$$\frac{\alpha \sim \gamma, \beta \sim \gamma}{\alpha \vee \beta \sim \gamma} \quad (\vee \sim)$$

Una relación de consecuencia que satisface todas las reglas de P se llama preferencial⁶⁷. Es importante mencionar que la regla de monotonía tampoco se puede derivar de este sistema.

Por su parte, las siguientes reglas pueden ser derivadas en el sistema P⁶⁸:

$$\frac{\alpha \sim \gamma, \beta \sim \delta}{\alpha \vee \beta \sim \gamma \vee \delta}$$

⁶⁴ Cfr. *Loc cit.*

⁶⁵ La demostración se puede conseguir en la obra DI PRISCO David, *Notas de Lógica*. Brasil, Emalca Amazonia, 2009.

⁶⁶ Cfr. *Ibid.*, p. 75.

⁶⁷ Cfr. *Ibid.*, p. 76.

⁶⁸ Cfr. *Loc cit.*

$$\frac{\alpha \vee \gamma \mid \sim \gamma, \quad \alpha \mid \sim \beta}{\gamma \mid \sim \alpha \rightarrow \beta}$$

$$\frac{\alpha \vee \beta \mid \sim \alpha, \quad \beta \vee \gamma \mid \sim \beta}{\alpha \vee \gamma \mid \sim \alpha}$$

$$\frac{\alpha \vee \beta \mid \sim \alpha, \quad \beta \vee \gamma \mid \sim \beta}{\alpha \mid \sim \gamma \rightarrow \beta}$$

Lógicas no monótonas y revisión de creencias.

Con el fin de modelar las actualizaciones de los estados de creencias de un agente o de un sistema de computación, como resultado de recibir nueva información, se desarrolla una teoría del cambio de creencias la cual trata la dinámica de los estados de creencias. Hay varios tipos de cambio de creencias. Uno de ellos, el más simple, es el que se da por la adquisición de nueva información, el cual se le conoce como expansión. Pero, a veces se da el caso en que estas nuevas evidencias contradicen creencias previamente aceptadas, lo que trae como consecuencia la necesidad de revisar el estado de éstas con el fin de mantener su consistencia. Dicha revisión requiere la eliminación de viejas creencias. Otro tipo es cuando se descubren que las razones para sostener una creencia han desaparecido, por lo que se produce una contracción del estado de creencias⁶⁹.

Una revisión de un conjunto de creencias K, como resultado de una evidencia A, puede ser vista como la sucesión de una contradicción de dicho conjunto por la negación de A, y luego el agregado (por expansión) de A. Por su parte, una operación de contracción (y por ende una revisión) no es sencilla de definir: dado un conjunto K y una sentencia C, existen diversas formas de eliminar sentencias que puedan implicar C. si se incorpora como criterio de racionalidad, que la operación redunde en la menor pérdida de información posible, una manera informal de visualizar una contracción de K por una creencia C, es en términos de la familia de los subconjuntos maximales de K que no implica C, y se denota $K \perp C$ ⁷⁰.

Alchurron, Gardenfors y Makinson desarrollaron una teoría del cambio racional de

⁶⁹ Cfr. *Op. cit.*, CARNOTA, Raúl, p. 173.

⁷⁰ Cfr. *Loc cit.*

creencias en la cual se presentan construcciones explícitas de las operaciones de cambio, así como también los postulados que dichas operaciones debería cumplir.

Inferencias no monótonas y complejidad.

En apartados anteriores se relacionó el tema de la complejidad computacional con el razonamiento no monótono a partir mecanismos de completamiento como el *frame axiom*, para llenar lagunas del conocimiento. Como ya se dijo, uno de los caminos sugeridos para llevar a cabo el completamiento de la BC es el de las inferencias por defecto, el cual puede verse como una restricción en el análisis de los modelos sólo aquellos “preferidos”, en algún sentido, por el diseñador del sistema. El efecto de esta restricción es que se deben analizar menos modelos con la consiguiente simplificación de los procesos de decisión⁷¹.

En la *Lógica no Monótona* si se busca decidir si B se sigue de A_1, \dots, A_2 , ya no se deben explorar exhaustivamente todos los factores en juego (todos los modelos de A_1, \dots, A_2), sino que se trasladan a las reglas “no monótonas” un problema de decisión aún más complejo como es el de probar que una sentencia no se deriva de otras. Se ha visto que muchas veces el motivo de dicha inferencia no monótona es la falta de conocimiento y la imposibilidad de inferencia alguna. Pero el problema del test de consistencia ha hecho que los formalismos de raciocinio no monótono carezcan, en general, de implementaciones efectivas, salvo en caso particulares⁷².

De esta manera, es posible extraer conclusiones por defecto en forma rápida. El costo computacional a pagar reposa en los controles de calidad. Este resultado es paradójico si con el “salto a las conclusiones” se intenta imitar el razonar de la gente cuando evita el análisis de todas las circunstancias posibles⁷³.

La inteligencia Artificial trata de buscar heurísticas que eviten los análisis de todas las posibles alternativas. De hecho, estas heurísticas son “inferencias por defecto ad hoc”. Sin embargo, la IA se enfrenta al problema del fracaso en construir marcos formales generales de estas inferencias, que sean “naturalmente computables”. Aunque en la práctica existen casos particulares en los que los formalismos son implementables de modo que realicen inferencias en

⁷¹ Cfr. *Ibid.*, p. 176.

⁷² Cfr. *Loc cit.*

⁷³ Cfr. *Loc cit.*

tiempos razonables. Dichos casos surgieron al imponer restricciones al lenguaje en que se expresan las premisas del razonamiento o al tipo de teoría expresables⁷⁴.

Por ejemplo, las restricciones que se hacen para computar ciertos casos de circunscripción en Gelfond y Lifschitz⁷⁵, o las que hace Shoham⁷⁶ sobre la expresividad de las teorías representadas, o el éxito del procedimiento de negación por fallas en programas Prolog. O el uso de valores por defecto en redes semánticas representado por taxonomías⁷⁷.

En el trabajo de Shoham se demuestra que ciertas restricciones expresivas en las teorías formuladas llevan a restringir el análisis a un único modelo. Una de las restricciones consiste en no permitir reglas *Default* con efectos opuestos y donde las premisas puedan ser consistentes⁷⁸. El caso conocido del *Nixon Diamond*, expuesto anteriormente:

Los cuáqueros son pacifistas,
Los republicanos son no pacifistas,

En el que las premisas son consistentes representa el tipo de situaciones que no pueden ser expresadas para asegurar condiciones de computabilidad. En particular, esta restricción evita el tener que establecer criterios de preferencias y tener que optar entre distintos conjuntos de *Defaults* consistentes⁷⁹.

Dicho esto, la complejidad sólo puede ser resuelta por una combinación de inferencias *Default* y restricciones expresivas. El proceso de control para poder aplicar una regla no monótona es más tratable en lenguajes pobres. Mientras que, en los lenguajes más ricos expresivamente, las inferencias no monótonas conocidas constituyen operaciones de alta complejidad⁸⁰.

⁷⁴ Cfr. *Ibid.*, p. 177.

⁷⁵ Cfr. GELFOND, Michael y LIFSCHITZ, Vladimir, "Compiling Circumscriptive Theories into Logic Programs", en *Proceedings AAAI-88*, California, Morgan Kauffman, 1988.

⁷⁶ Cfr. SHOHAM, Yoav, *Reasoning about Change*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988.

⁷⁷ Cfr. *Op. cit.*, CARNOTA, Raúl, p. 177.

⁷⁸ Cfr. *Loc cit.*

⁷⁹ Cfr. *Loc cit.*

⁸⁰ Cfr. *Loc cit.*

La pragmática.

Se puede afirmar que el razonamiento no monótono se inscribe dentro del razonamiento pragmático en el sentido en que es particular a un contexto, en el cual la información es limitada y que utiliza criterios heurísticos para llegar a sus conclusiones. Sus reglas son, en realidad, meta reglas para razonar sobre dichos contextos particulares. La monotonía se considera una propiedad característica del libre contexto, por lo tanto, no puede caber en este tipo de raciocinio⁸¹.

Cada *Lógica no Monótona* está definida en una sola estructura de modelo y las inferencias en este modelo se caracterizan por la verdad del antecedente en un solo subconjunto preferido pragmáticamente de los estados del modelo. Estas restricciones hacen que tal vez sea más adecuado hablar de “Procedimientos inferenciales No Monotónicos basado en Lógica” y que el problema de la no monotonía, más que un problema con la lógica sea un problema acerca de cómo la lógica es usada⁸².

Conclusiones

El sentido común es un tipo de razonamiento inductivo, cuya relación entre las premisas y la conclusión es mucho menos estricta, y de un tipo muy diferente, a la que se presenta en el razonar deductivo. En otras palabras, mientras que en los argumentos deductivos la relación entre premisas y conclusión es definitiva (por lo que pueden ser calificados como válidos o inválidos); la relación entre premisas y conclusiones de los razonamientos inductivos se basan en grados de probabilidad, por lo que tienden a ser calificados como mejores o peores.

En cuanto a la modelación del razonamiento del sentido común, se ha demostrado que la *Lógica Clásica* no es la herramienta más adecuada para lograr este cometido. Por lo que se ha recurrido a otras lógicas más idóneas para formalizar este tipo de razonamiento. Una de ellas son las lógicas no monótonas que, a pesar de poseer sus bondades, también presentan sus limitaciones. Una de ellas es el tema de la complejidad, ya que la computabilidad para poder aplicar una regla no monótona es más tratable en lenguajes pobres. Mientras que, en los lenguajes más ricos expresivamente, las inferencias no monótonas conocidas constituyen operaciones de alta complejidad.

⁸¹ Cfr. *Ibid.*, p. 178.

⁸² Cfr. *Loc cit.*

De manera que, la modelación del razonamiento del sentido común debe efectuarse con lenguajes relativamente pobres, en donde muy posiblemente se escapen la formalización de razonamientos que cualquier ser humano podría ser capaz de llevar a cabo. Dicho esto, esta lógica estaría fracasando en la consecución de uno de sus metas principales: imitar o modelar el sentido común.

Sin embargo, con lo dicho no se busca minimizar el papel que juega la *Lógica no monótona* en la formalización del razonamiento del sentido común, sino más bien se puede ver esta incapacidad desde otra perspectiva: el hecho de representar y manipular formalmente este tipo de conocimiento es algo sumamente complejo, y la pretensión de querer imitarlo resulta una meta difícil de alcanzar, por no decir imposible. Muy bien lo afirma el profesor Alberto Castillo en el siguiente pasaje:

De nuevo el problema de adquirir y usar el conocimiento de la vida diaria se hace necesario para los sistemas expertos, como para cualquier otra área de la inteligencia artificial que tenga que ver con el conocimiento de la vida cotidiana, del sentido común, donde los humanos ejercitamos la inteligencia. Así que, a partir de mediados de 1977 hasta la fecha, la comunidad de la inteligencia artificial se ha enfrentado con el difícil problema de cómo representar y usar el conocimiento del sentido común. Y éste ha sido un problema que ha acompañado a la inteligencia artificial desde sus principios⁸³.

⁸³ CASTILLO, Alberto, *Critica a la Teoría Computacional de la Mente*, Venezuela, Universidad Centro Occidental “Lisandro Alvarado”, 1996, p. 96.