

## ARGUMENTACIÓN Y RAZONAMIENTO EN LA CIENCIA COGNITIVA\*

MARÍA HORSSELLA y NELSON ALLENDES  
Universidad de Chile

La lógica clásica, como herramienta formal del razonamiento, ha significado un gran aporte para la ciencia. Recientemente, en el ámbito interdisciplinario de la ciencia cognitiva se ha investigado intensamente el razonamiento humano de sentido común. Los numerosos estudios desarrollados tratan el razonamiento no-monótono o revisable y han diseñado formalismos, es decir, lenguajes y reglas para implementar el razonamiento del hombre común, expresado en su lenguaje natural, en programas computacionales.

En este trabajo se entrega una síntesis de los aportes de la ciencia cognitiva, mediante la revisión de los nuevos modelos lógicos y las aproximaciones lógico-semánticas, aplicadas al razonamiento humano, evaluando su potencial y limitaciones. Por último, se presentan ejemplos de razonamientos comunes y de cómo ellos se formalizan en la ciencia cognitiva.

### 1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo entrega una síntesis de los principales aportes de los estudios cognitivos al problema del razonamiento del hombre común. Las aproximaciones y modelos examinados tienen como denominador común el propósito de formalizar el razonamiento y el discurso argumentativo con el fin de implementarlo en máquinas. Este trabajo busca presentar dichas formalizaciones en forma accesible para el no especialista, finalizando con algunos ejemplos de razonamiento natural formalizado.

A modo de introducción, examinaremos algunos conceptos y nociones con que los estudiosos del lenguaje se encuentran constantemente y que provienen de los avances en los estudios cognitivos.

El modelo de pensamiento y cognición de mayor aceptación en la actualidad es el de 'procesamiento de la información', en el cual se establece una

\*Este trabajo es parte del proyecto de investigación "La Argumentación en el Discurso Científico", Proyecto DTI, S3081-9333, realizado con aportes del Departamento Técnico de Investigación de la Universidad de Chile.

analogía entre lo que ocurre en el cerebro humano y lo que ocurre en el “cerebro” o unidad de procesamiento de un computador.

Para los interesados en los procesos de comprensión y lectura es frecuente encontrar modelos basados en la ‘teoría de esquemas’. Pocos saben, sin embargo, que Minsky (1975) y Winograd (1975) estaban tratando de dar una explicación, teóricamente formalizable, de los procesos que ocurren en el pensamiento y en la comprensión al hacer simulaciones del conocimiento humano en un computador y de cómo se almacena y procesa la información. Según Minsky, científico dedicado a la computación, el conocimiento de los seres humanos se almacena en la memoria como un esquema o ‘marco’ que tiene constantes y variables, lo cual permite mantener una base estable (las constantes) y adiciones particulares flexibles (las variables). Nótese la influencia de las matemáticas en la terminología.

El enfoque del conocimiento, memoria, comprensión y razonamiento como computación simbólica, es decir, manipulación de símbolos basada en reglas que operan en forma secuencial, es el que predomina actualmente en la ciencia cognitiva. Sin embargo, en años recientes se han postulado nuevas teorías que definen el sistema cognitivo no a partir de reglas y símbolos, sino de componentes simples de tipo neuronal que se conectan directamente entre sí de manera densa, es decir, interactiva y masiva (Varela, Thompson y Rosch 1992). En este sistema, cada componente opera local e individualmente formando una red (neuronal) de la cual emergen propiedades nuevas. Este nuevo modelo de cognición es responsable de la incorporación de términos tales como ‘autoorganización’, ‘propiedades emergentes’ o ‘globales’, ‘redes neuronales’, ‘sistemas complejos’ y ‘procesamiento paralelo’, entre otros.

El mayor valor de todos estos estudios, en nuestra opinión, reside en que, al desarrollarlos, fue preciso formular una conceptualización implementable de los procesos básicos de la mente humana y que dicha implementación requirió el rigor de la formulación matemática.

La ciencia cognitiva intenta explicar cómo funciona la mente bajo la suposición de que ésta es un sistema simbólico. La hipótesis central de la cognición es que la inteligencia, tanto artificial como humana, consiste en la computación y la manipulación de símbolos. Así, el hombre y el computador comparten la capacidad de crear, manipular y procesar símbolos. Los símbolos se definen como los elementos o las entidades abstractas que representan aquello que denotan, a saber, procesos mentales tales como ideas, valores, creencias, pensamientos, razonamientos y otros.

Un aporte fundamental para la ciencia cognitiva lo constituye el trabajo del matemático británico Alan Turing. En 1936, Turing concibió el diseño de una máquina simple, capaz de realizar cualquier cálculo concebible. La “máquina de Turing” es un modelo matemático abstracto constituido por un conjunto de reglas, una memoria que es una cinta de longitud infinita y un dispositivo escrutador que lee o escribe sobre la cinta mencionada, la que a su vez se encuentra dividida en cuadrados o casillas. Los cuadrados pueden contener un solo símbolo perteneciente a un alfabeto previamente definido. La máquina recibe instrucciones para hacer cuatro clases de movimiento con el dispositivo

escrutador: moverse a la derecha, moverse a la izquierda, escribir un símbolo o borrarlo. Con estas operaciones sencillas, se podía ejecutar cualquier clase de programa que se expresara en un código binario de ceros y unos, la forma física más simple de representar información en el computador. Turing también sostuvo que esta máquina se podía programar de tal modo que nadie diferenciaría las respuestas que ella diera a un examinador de las que brindaría un ser humano. Este aserto se conoce como la prueba de la máquina de Turing y es el fundamento principal para demostrar que las máquinas *piensan*.

## 2. EL RAZONAMIENTO HUMANO

El razonamiento humano incluye procesos mentales de la más variada índole. De éstos, sólo los procesos del pensamiento que muestran una estructura clara y estable y que sirven para resolver problemas por principios generales son los que reciben normalmente el nombre de razonamiento. En forma similar, se llama argumentación a la cadena de razonamientos efectuados de manera sistemática.

Los métodos del razonamiento humano se han ido perfeccionando durante siglos. Se debe a Aristóteles la distinción entre un razonamiento de carácter lógico, que examinó en la Analítica, y uno de carácter persuasivo, estudiado en la Retórica. En el siglo XVII, con Descartes, el razonamiento *more geometrico*, es decir, demostrativo, adquiere la categoría de modelo de racionalismo, condición que conserva hasta hoy en las ciencias exactas. Recientemente, a partir de los estudios en la ciencia cognitiva se ha postulado que el hombre común puede razonar sin lógica (Johnson-Laird 1986).

En un trabajo anterior (Horsella y Allendes 1995), tratando de combinar razonamiento y argumentación, hemos propuesto la siguiente definición ampliada de argumentación, que incluye el razonamiento de sentido común, además de elementos de lógica y de retórica actuales:

La argumentación es un modo de organización del discurso (una superestructura del discurso) formado por una secuencia de enunciados, llamados premisas, que justifican o refutan una afirmación, y por el desarrollo de un conjunto de procedimientos discursivos, cuyo objeto es persuadir o buscar la adhesión de una audiencia a la tesis o afirmación (a posteriori, conclusión) presentada a ese auditorio. (p. 92)

Los investigadores en cognición y en Inteligencia Artificial buscan caracterizar los patrones de razonamiento que utiliza el hombre común en su relación con el mundo e implementarlos computacionalmente. Estos estudios han sido de gran valor para llegar a la definición anterior. Los desarrollos formales acerca de los tipos de razonamientos cubren un amplio rango. Entre éstos, destacan: el razonamiento no-monótono o revisable, propuesto principalmente por Reiter (1978) y McCarthy (1980) con el fin de conocer mejor los razonamientos sin uso de la lógica clásica; los *modelos mentales* elaborados por Johnson-Laird (1983), marcos teóricos dentro de los cuales es posible razonar con resultados apropiados; y la semántica de Montague (1974), que unifica la sintaxis y la

semántica bajo un modelo unitario. Estas propuestas se presentan en detalle más adelante.

Se reconocen, además, otros tipos de razonamiento: el probabilístico (Bundy 1985, Nilsson 1986), en que se asocian probabilidades a diferentes ítemes de información, que requiere el cálculo de las probabilidades apropiadas para la información inferida, y que se basa en las probabilidades de la información usada para apoyar la inferencia; el razonamiento borroso (Zadeh 1981), diseñado para caracterizar conceptos vagos tales como "alto" o "joven" y para asignar grados de vaguedad a las conclusiones inferidas al usar estos conceptos; el razonamiento inductivo (Michalski 1983), que está relacionado con la determinación de generalizaciones plausibles a partir de un número finito de observaciones; y el razonamiento deductivo, que se caracteriza por usar los métodos axiomáticos de las matemáticas.

### 3. EL RAZONAMIENTO NO-MONÓTONO O REVISABLE

Los sistemas de razonamiento convencional, como la lógica matemática, han sido diseñados para trabajar con una información que reúne tres propiedades importantes:

1. Son completos con respecto al dominio de interés. Es decir, todos los hechos que son necesarios para resolver un problema determinado están presentes en el sistema o pueden ser derivados de él por medio de reglas de inferencia convencionales.
2. Son consistentes, lo que significa que están libres de contradicciones.
3. Son monótonos. El único cambio que permiten en su base de datos es la adición de eventuales nuevos hechos disponibles. Si estos nuevos hechos son consistentes con los ya afirmados, entonces nada puede ser retractado o invalidado del conjunto de hechos conocidos como verdaderos. Esta propiedad se llama *monotonidad*. Es decir, si se afirman nuevos axiomas, se pueden probar nuevas fórmulas, pero no se invalida ninguna prueba antigua. Por lo tanto, si alguna de estas propiedades no se satisface, estos sistemas resultan inadecuados para el razonamiento de sentido común. En cambio, los sistemas de razonamiento no-monótono están diseñados para resolver problemas en donde estas tres propiedades pueden estar ausentes.

Como señaláramos anteriormente, un importante tema de investigación en la Inteligencia Artificial está constituido por el estudio del problema de la formalización del razonamiento natural o razonamiento de sentido común. El razonamiento de sentido común se diferencia del razonamiento lógico matemático o formal clásico en la necesidad de efectuar inferencias basadas en una información disponible que es parcial o incompleta. En matemáticas, las conclusiones se aceptan sólo si han sido probadas de acuerdo con leyes de deducción y axiomas previamente establecidos. En la vida real, a menudo debemos razonar en presencia de un conocimiento limitado, imperfecto o incompleto. Así, nuestros razonamientos son sólo tentativos, o aproximadamente correctos, y por lo tanto *revisables* ante nueva información.

facultades de percepción, tales como la visión (Minsky 1975), puede aportar al análisis y reconocimiento de imágenes. De igual modo sucede con la formalización del razonamiento sobre planes y acciones para el desarrollo de máquinas inteligentes que puedan efectuar tareas de resolución de problemas (Georgeff y Lansky 1986, Brown 1987). Igualmente puede ser útil para el desarrollo de la teoría de los actos de habla (Perrault 1987, Appelt y Konolige 1988), y para los procesos de comunicación humana basados en información implícita y convenciones (McCarthy 1986).

Entre los numerosos estudios desarrollados para abordar el problema de la formalización del razonamiento revisable, podemos mencionar el razonamiento no-monótono, que examinaremos a continuación.

#### 4. FORMALISMOS PARA EL RAZONAMIENTO NO-MONÓTONO

Se han propuesto varias lógicas no-monótonas para la formalización del razonamiento de sentido común. Entre éstas, están las siguientes:

##### 4.1. Razonamientos mínimos

Estas estrategias se basan en el hecho de que un individuo tiene en su memoria, o base de conocimientos, solamente enunciados verdaderos, ya que sería poco económico almacenar ahí enunciados falsos, que de hecho constituyen la mayoría de los enunciados presentes en un razonamiento natural. Al incorporarse sólo los enunciados verdaderos a la base de conocimientos, ésta mantiene su consistencia. Este tipo de razonamiento es aplicable a información muy específica y altamente útil. Ilustremos este caso con un ejemplo típico.

Supongamos que toda nuestra información disponible consiste en el hecho siguiente: Tweety es un pájaro. Y, además, en el conocimiento de la regla: Los pájaros normales vuelan.

Podemos inferir que Tweety puede volar, si Tweety no es un pájaro anormal. Pero esta última aserción y su negación no pueden deducirse lógicamente de la información inicial. Sin embargo, por convención podemos minimizar o delimitar el conjunto de individuos que satisfacen el predicado anormal sólo a los casos conocidos y entre los cuales no se encuentra Tweety. En consecuencia, como no se puede deducir que Tweety es anormal, inferimos que es falso que Tweety es anormal y así podemos concluir que Tweety puede volar. En este caso, la convención que aplicamos es que si Tweety fuera anormal, el enunciado lo habría establecido en las premisas.

Estos métodos se apoyan en la idea de modelos mínimos. En este caso, un modelo de un conjunto de fórmulas es una interpretación que las satisface. Un modelo es mínimo si no hay otros modelos en los que menos cosas sean verdaderas.

##### 4.2. La suposición de mundo cerrado

Una clase de razonamiento mínimo es la *suposición de mundo cerrado* (SMC), propuesta por Reiter (1978). En la práctica, a menudo es difícil explicitar todos los

hechos que describen un mundo por medio de su modelo. Los hechos que no son ciertos constituirían un enorme volumen de información y su completa enumeración no resulta conveniente.

Una solución consiste en considerar este conocimiento no verdadero como implícito, por medio de la suposición de mundo cerrado. La forma más básica de su enunciación es:

Si P no es deducible, entonces es falso que P.

Este tipo de suposición es útil en aplicaciones donde *la mayoría de los hechos relevantes son conocidos* y, por lo tanto, es razonable suponer que si una proposición no puede ser probada, entonces es *falsa*.

Un ejemplo clásico de este tipo de suposición es el siguiente.

Consideremos una base de datos que provee una relación de los vuelos que conectan diferentes ciudades.

VUELO (PARÍS, BRUSELAS)

VUELO (TOKIO, PARÍS)

VUELO (LONDRES, BRUSELAS)

VUELO (PARÍS, AMSTERDAM)

Y efectuemos la pregunta: ¿Existe un vuelo entre Londres y Amsterdam?

Aunque la existencia del vuelo VUELO(LONDRES,AMSTERDAM) no puede ser inferida o refutada lógicamente a partir de la base dada, ya que no está contenida en las afirmaciones, es natural que nos inclinemos a responder que no a la pregunta planteada, debido a que no está explícitamente afirmada en la base de datos. En un caso como éste, es razonable negar cualquier hecho positivo que no esté explícitamente representado en la base de datos. De este modo, el principio de suposición de mundo cerrado nos evita la representación explícita de la información negativa.

La SMC posee la característica de ser simple y poderosa, pero ella no es siempre exitosa en la producción de respuestas adecuadas. Sus suposiciones no son siempre verdaderas en el mundo real; algunas partes del mundo no son mundos cerrados. Hay hechos de información relevantes que pueden no haber sido descubiertos y, por tanto, no estar presentes en la base de conocimientos. Un segundo problema que surge en la SMC proviene del hecho de que es un proceso de razonamiento puramente sintáctico: opera con predicados individuales sin tomar en cuenta las interacciones entre ellos. Por esto, sus resultados dependen de la forma en que se presentan las aserciones.

#### 4.3. *Completación de predicados*

Un procedimiento por el cual, mediante la incorporación de axiomas especiales a la base de conocimientos, se restringe la aplicabilidad de predicados específicos es *la completación de predicados*. Esta técnica se basa en el principio de que el conjunto de fórmulas escritas sobre algunos predicados P corresponde a las condiciones suficientes para la verificación de esos predicados. Entonces, es natural suponer que estas expresiones, presentes en la base de conocimientos, representan todas las

condiciones suficientes para la verificación de esos predicados P. Por convención, estas condiciones se interpretan como las condiciones necesarias y suficientes para la verificación de los predicados P. Así, formalmente, los axiomas adicionales establecen que un predicado se satisface únicamente cuando una de las condiciones suficientes se satisface.

#### 4.4. *Circunscripción*

Para generalizar el procedimiento de la completación de predicados se recurre a la técnica de *circunscripción*. Propuesta originalmente por McCarthy (1980, 1986), es actualmente una de las áreas de investigación más activas en el campo de las lógicas no-monótonas.

La circunscripción es una regla de conjetura que puede ser usada por una persona o por un programa para “llegar a ciertas conclusiones”. Circunscribir una propiedad en una base de conocimientos es restringir su interpretación por medio de la introducción de un axioma específico a esa base (se minimiza el dominio de verificación de la propiedad contenida en la base). Alternativamente, podemos decir que todos los objetos que admiten la demostración de que tienen una cierta propiedad P son, en efecto, los únicos objetos que satisfacen P.

Un ejemplo interesante usado por McCarthy para ilustrar su explicación se refiere a la tarea de cruzar un río con un bote a remos. Para un problema como éste, sólo debería ser necesario considerar aquellos objetos calificados como importantes para realizar la tarea y no las innumerables contingencias posibles, como presencia de un hoyo en el bote, ausencia de remos, choque con una roca, existencia de un puente en las cercanías que impida usar el bote, etc. Se puede postular que un bote puede ser usado para cruzar un río a menos que algo explícito en la base de conocimientos lo impida, y si los hechos disponibles no indican que existe tal impedimento la circunscripción genera la conjetura (hipótesis) de que no existen. La circunscripción nos permite conjeturar que las únicas entidades que pueden impedir usar el bote son aquéllas cuya existencia se sigue del enunciado del problema y del conocimiento de sentido común.

### 5. LÓGICA MODAL NO-MONÓTONA

McDermott y Doyle (1980) definen una lógica no-monótona a partir de la extensión (modificación) de la lógica modal clásica con la introducción de un operador modal *M* que puede leerse o interpretarse como: *es consistente*. Por ejemplo, la inferencia no-monótona sobre pájaros que pueden volar se formularía de la siguiente manera:

$$\forall X(\text{PÁJARO}(X) \wedge M(\text{PODER-VOLAR}(X)) \rightarrow \text{PODER-VOLAR}(X))$$

Esta fórmula se lee: “Para todo X, si X es un pájaro y si es consistente afirmar que X puede volar, entonces X puede volar. La regla general de inferencia no-monótona presente en esta teoría es: “MP es derivable si  $\neg P$  no es derivable”. (“Es consistente que P es derivable si no P no es derivable”.  $\neg P$  se lee: no P, o es falso que P).

## 6. LÓGICA POR OMISIÓN

En esta lógica no-monótona (Reiter 1980) se captura una forma de razonamiento no-monótono *en el que se hacen inferencias plausibles a partir de evidencias poco concluyentes, en ausencia de información que establezca lo contrario*. El ejemplo sobre pájaros que pueden volar es de este tipo. Si sabemos que Tweety es un pájaro, entonces este hecho nos da alguna evidencia de que Tweety puede volar; pero este dato no es concluyente. Sin embargo, en ausencia de información contraria, podemos ir más lejos y tentativamente concluir que Tweety puede volar. La representación formal de este razonamiento es:

PÁJARO(TWEETY):  $M \text{ VOLAR(TWEETY)} / \text{VOLAR(TWEETY)}$

La interpretación de esta expresión es: Si Tweety es un pájaro y si es consistente suponer que Tweety puede volar, entonces inferimos que Tweety puede volar. Esta regla recibe el nombre de regla por omisión y corresponde a la expresión formal de enunciados del tipo “La mayoría de los pájaros puede volar”. En este caso, M se lee como “es consistente suponer”. Las excepciones a la propiedad de volar se formalizan mediante representaciones estándar de la lógica clásica, como puede verse en el siguiente ejemplo:

$\forall X \text{ PINGÜINO}(X) \rightarrow \neg \text{VOLAR}(X)$

La expresión anterior dice claramente que: Para todo X si X es pingüino, entonces X no puede volar. En el ejemplo visto, X se reemplaza por Tweety.

## 7. LÓGICA AUTOEPISTÉMICA

Esta lógica no-monótona constituye una reconstrucción de la lógica modal no-monótona de McDermott (Moore 1985, 1988). La lógica autoepistémica *se refiere a los razonamientos acerca de nuestras creencias*. Ella intenta modelar el razonamiento de un agente racional ideal considerando, en forma especial, sus propias creencias. Este razonamiento es no-monótono porque el significado de un enunciado autoepistémico es sensible al contexto; éste depende de la teoría y del contexto en el cual el enunciado está inserto. Si tenemos una teoría cuyos únicos dos axiomas son:

TWEETY ES UN PÁJARO,  
 PARA TODO X, SI X ES UN PÁJARO Y SI ES CONSISTENTE SUPONER QUE  
 X PUEDE VOLAR, ENTONCES X PUEDE VOLAR,

Entonces *es consistente suponer P* no significa simplemente que P es consistente; también significa que P es consistente con la teoría no-monótona que contiene solamente esos dos axiomas. Además, nosotros esperaríamos que la expresión TWEETY PUEDE VOLAR sea una afirmación demostrable (teorema) de esta teoría. Por otra parte, si cambiamos la teoría agregando TWEETY NO PUEDE VOLAR como axioma, entonces cambiamos el significado de *es consistente suponer P*, porque ahora P debe ser consistente con una teoría que contiene tres axiomas:



TWEETY NO PUEDE VOLAR,  
 TWEETY ES UN PÁJARO,  
 PARA TODO X, SI X ES UN PÁJARO Y SI ES CONSISTENTE  
 SUPONER QUE X PUEDE VOLAR, ENTONCES X PUEDE VOLAR,

Nosotros no esperaríamos que TWEETY PUEDE VOLAR sea un teorema del sistema anterior. El operador M cambia su significado si cambia el contexto, de la misma manera como lo hacen las palabras indiciales del lenguaje natural, tales como “yo”, “aquí”, y “ahora”, las que son totalmente dependientes del contexto y de la situación, puesto que “yo” va a depender de quien sea el orador que hace el enunciado.

## 8. OTROS TIPOS DE RAZONAMIENTO NO DEDUCTIVOS

Existen otras clases de razonamiento definibles como razonamientos no-monótonos o no deductivos que están menos difundidos en el estudio del razonamiento de sentido común.

### 8.1. *Inferencia por abducción*

La abducción es un razonamiento que usa un conocimiento de naturaleza causal conocido para explicar o justificar una conclusión. Su esquema es el siguiente:

Dada la verdad de la proposición: Q  
 y de la relación de implicación:  $P \rightarrow Q$   
 entonces concluimos: P

Ejemplo:

Q: Juan no fue al trabajo.

$P \rightarrow Q$ : Si la gente está enferma, entonces no va al trabajo.

Luego,

P: Juan está enfermo.

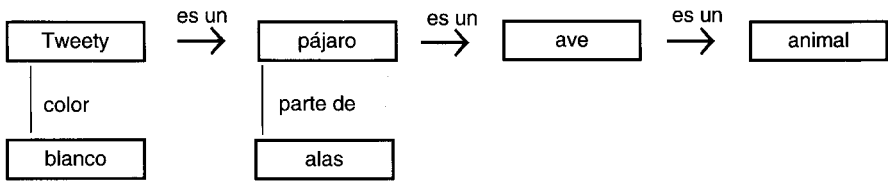
La abducción es una explicación posible de sentido común, no necesariamente verdadera y proporciona una hipótesis que puede ser verificada.

### 8.2. *Inferencia por herencia*

Esta forma de inferencia se refiere a la herencia de propiedades. Ella establece que los elementos de una clase específica heredan los atributos de una clase más general en la cual están incluidos. Este concepto es de gran utilidad en el uso de redes semánticas para la representación del conocimiento.

Una red semántica es una representación gráfica de las relaciones entre los elementos de un dominio. Los componentes básicos de una red semántica son los nodos y los enlaces. Los nodos se emplean para representar elementos del dominio. La forma gráfica de simbolizarlos es mediante circunferencias o rectángulos rotulados con los nombres de los elementos representados. Los enlaces representan relaciones entre los elementos y se indican con flechas que van de un nodo a otro.

*Ejemplo:* En el diagrama siguiente las líneas representan atributos. Los rectángulos son nodos que representan objetos y valores de atributos de objetos.



En el ejemplo, observamos que, junto al hecho de que Tweety es blanco, se da el caso de que también él hereda la propiedad de tener alas, porque las alas son una parte de los pájaros y como Tweety es un pájaro, entonces las alas son también parte de Tweety.

### 8.3. Razonamiento por marcos

Un marco es una colección de atributos y de valores asociados que describen alguna entidad en el mundo. Introducidos por Minsky (1975), los marcos son estructuras de datos para representar una entidad desde un punto de vista absoluto o particular (e.g., el marco que denota un automóvil o una fiesta de cumpleaños). Se los puede visualizar como una red de nodos y relaciones en la cual existen niveles superiores que representan atributos que son siempre verdaderos y niveles inferiores con terminales que se pueden llenar con descripciones individuales específicas o datos. Los terminales de un marco normalmente se llenan con asignaciones por omisión fácilmente removibles. La posibilidad de construir sistemas de marcos a partir de marcos simples permite la codificación de la información y sirve de ayuda al razonamiento. El conocimiento acerca de un objeto o evento se almacena como un marco o una unidad en la memoria. Entonces, cuando una situación nueva se presenta, se selecciona un marco apropiado de la memoria para usarlo en el razonamiento acerca de la situación. Con este tipo de representación del conocimiento es posible razonar aun en el caso de que la información esté incompleta y se pueden inferir con rapidez hechos que no se observan directamente. Por ejemplo, a partir de la identificación de que un objeto es un auto podemos asumir que tiene volante. Uno de los inconvenientes de la representación con marcos es la dificultad para establecer con precisión cuáles son sus valores por omisión. En efecto, la visión de las características típicas de cualquier objeto varía de acuerdo con la experiencia personal del observador. Sin embargo, podría aducirse que para todo observador existen atributos que deben estar siempre presentes para que un auto sea un auto y no un barco.

### 8.4. Razonamiento por guiones

Un guión es una estructura que describe una secuencia estereotipada de eventos en un contexto particular (Schank y Abelson 1977) y constituye una especialización del concepto general de marco. Consiste en un conjunto de atributos que

contienen información de carácter necesario o posible e información por omisión. Para construir un guión, se pueden emplear diferentes componentes. Algunos de los más comunes incluyen:

**Condiciones de entrada:** condiciones que deben existir para que se pueda aplicar el guión pertinente.

**Resultados:** condiciones que serán verdaderas después que hayan ocurrido los eventos en el guión.

**Utilería:** atributos que representan objetos que están involucrados en el guión.

**Papeles:** atributos que representan agentes que realizan acciones en el guión.

**Escenas:** secuencias específicas de eventos que constituyen el guión.

El razonamiento con guiones empieza con la búsqueda y elección de un guión adecuado que satisfaga las condiciones de la situación dada, entregando una interpretación que parezca razonable. Luego se recupera de la memoria un guión específico que se adapta a la situación existente. Después de encontrar el guión apropiado, se pueden usar las escenas para inferir la existencia de eventos no observados. La inferencia es llevada a cabo llenando los atributos o propiedades con valores por herencia y por omisión que satisfagan las condiciones existentes. Por ejemplo, si se sabe que Juan se dirige a un supermercado llevando dinero consigo, se puede inferir que Juan necesita mercaderías, que pasará por la caja, y que saldrá del supermercado con mercaderías y con menos dinero del que llevaba, de acuerdo al guión de "ir a comprar al supermercado".

## 9. BASES COGNITIVAS DEL RAZONAMIENTO

En búsqueda de una teoría del razonamiento basada en la lógica, Fodor (1980) postula que la competencia lógica es innata. Todos los seres poseemos una lógica mental de la misma manera que poseemos los principios de la gramática universal. Otros teóricos, inspirados en las teorías de Chomsky, han establecido un paralelo entre la adquisición de la lógica y la adquisición del lenguaje (e.g., Falmagne 1980). Piaget sostiene que la lógica no es ni innata ni aprendida sino que se construye a través de la internalización de las acciones que realizan los niños y que reflejan en cada paso un desarrollo operacional (Inhelder y Piaget 1958).

Johnson-Laird (1983) opina que la lógica mental innata, postulada por Fodor, no existe; el hombre, al igual que el niño, razona construyendo modelos de estados de asuntos en el mundo. Estados de asuntos acerca de hechos, entidades, eventos y situaciones que el hombre debe interpretar o a los cuales hay que atribuir un significado. Existe, por lo tanto, una estrecha relación entre razonamiento y semántica. Tal es así que este autor propone un modelo basado en el principio semántico de la validez. Johnson Laird es mentalista: para él el léxico, es decir, la representación verbal de los significados, se encuentra en la mente porque la semántica depende de la capacidad de la cognición humana. En su opinión, es posible razonar sin usar reglas formales por medio de procesos simples como, por ejemplo, la analogía. Los niños aplican el concepto

de conjunción o de disyunción a partir de la aplicación de los conectivos a las condiciones de verdad de las oraciones que contienen conjunciones o disyunciones. Si se dice, por ejemplo, que “Juan es rico y trabajador”, los dos predicados son verdaderos sobre la base del conectivo “y”. El esquema de razonamiento propuesto por Johnson-Laird, al igual que en lógica clásica, está estructurado en forma de premisas y conclusiones, y las conclusiones son el resultado del proceso de inferencias válidas. Las inferencias válidas en su modelo no se deducen en forma axiomática, como en las matemáticas, sino por las representaciones mentales de los estados de asuntos considerados, que él llama *modelos mentales*, que tienen mucho en común con la concepción de esquemas o marcos de Minsky (1975) y de guiones de Schank y Abelson (1977).

El razonamiento sin lógica de Johnson-Laird consiste en tres pasos simples. Primero, se interpretan las premisas construyendo un modelo basado en las condiciones de verdad de las premisas; es decir, si las premisas son verdaderas respecto al estado de asuntos y a las entidades en cuestión. Segundo, se formula una conclusión informativa. Tercero, se verifica la conclusión buscando otros modelos diferentes que representen a las premisas. Una vez que se aceptan las condiciones de verdad de las premisas, pueden usarse como base para razonar.

Un ejemplo de razonamiento con proceso de inferencias usado por Johnson-Laird es el siguiente:

La persona A pregunta: ¿Dónde está la universidad?

La persona B responde: Algunas de esas personas son de ahí.

La persona A se dirige al grupo y hace la misma pregunta.

El comportamiento de A se basa en la cadena de inferencias que incluye el silogismo:

Algunas de esas personas son de la universidad.

Cualquier persona de la universidad probablemente sabe dónde está la universidad.

Por lo tanto, es probable que algunas de esas personas sepan dónde está la universidad.

El proceso de inferencias está basado en la representación verbal de los significados en la mente, seguida de una representación proposicional y de la formación de un modelo mental de la situación.

Cabe destacar que el razonamiento del hombre común presenta a menudo una estructura visible aun más parsimoniosa, donde para interpretar la validez de este razonamiento es necesario rescatar premisas implícitas.

Para explicar la amplia gama de procesos mentales presentes en el individuo, Johnson-Laird (1983) postula que existen al menos tres tipos de representaciones mentales: representaciones proposicionales, que son cadenas de símbolos que corresponden al lenguaje natural; modelos mentales, que son análogos estructurados del mundo; e imágenes, que son correlaciones perceptuales de un punto de vista particular.

El modelo propuesto por Johnson-Laird asigna un énfasis especial a la mente humana, intentando volcar los procedimientos que él reconoce en algoritmos computacionales, es decir, implementándolos en programas de computadores.

#### 10. SEMÁNTICA DE MONTAGUE

Otro enfoque para interpretar y formalizar el razonamiento humano está representado por la semántica formulada por Montague (1974), quien postula que los métodos de la semántica formal también pueden ser aplicados al lenguaje natural, en contradicción con las aseveraciones de Russell (1923). En efecto, Montague desarrolló para el lenguaje natural una sintaxis y una semántica, es decir, un sistema de reglas y un conjunto de símbolos interpretados que tenían el mismo rigor y precisión que la sintaxis y la semántica de los lenguajes lógicos usados en las ciencias exactas. Es a partir de su propuesta que se desarrollan vertiginosamente los nuevos formalismos para el lenguaje natural.

Para llevar a cabo su programa, elaboró una gramática especial, llamada *gramática categorial*. Esta gramática usa como conceptos primitivos las categorías de Oración (S) y de Nombre (N). Todas las demás categorías (verbos transitivos, verbos intransitivos, adverbios, etc.) son derivables de aquéllas mediante la utilización de un conjunto de reglas sintácticas que pueden ser aplicadas en forma recursiva a las categorías básicas y sus derivadas. Por ejemplo: Si S es la categoría Oración y N es la categoría Nombre, la regla de formación de categorías establece que S combinada con N también es una categoría y se representa por S/N, que corresponde aproximadamente a la categoría verbo intransitivo, la más simple de la gramática tradicional.

De igual forma, la categoría S/N combinada con S/N produce la categoría S/N / S/N, la que a su vez equivale a la clasificación de adverbios. La razón de esta gramática categorial responde a la necesidad de mantener un paralelismo entre la estructura gramatical y la interpretación semántica de las oraciones, problema que preocupaba a lingüistas y filósofos, como Chomsky (1970) y Katz y Fodor (1963). El paralelismo consiste en representar la sintaxis del lenguaje natural con reglas recursivas similares a las que se usan en el lenguaje lógico al cual las oraciones del lenguaje natural deben ser traducidas para efectuar la representación de su significado. Montague consideró que la sintaxis y la semántica del inglés requerían una variedad de categorías semánticas y lógicas que no se encontraban en las lógicas clásicas, tales como la lógica proposicional y la lógica de predicados, y que no permitían, desde un punto de vista teórico y práctico, su aplicación al análisis del lenguaje natural. Por esta razón, Montague elaboró una lógica nueva, llamada lógica intensional. Con ella se pueden explicar los conceptos de extensión (referencia, denotación) y de intensión (significado).

En el trabajo de Montague, el análisis semántico del lenguaje natural está basado en la teoría de la verdad, la cual establece que saber el significado de una oración declarativa es saber a qué tiene que parecerse el mundo para que la oración sea verdadera. En otras palabras, dar el significado de una oración es especificar sus condiciones de verdad. Más precisamente, la semántica de

Montague está basada en la noción de verdad en un *modelo*, es decir, en un estado de asuntos en el mundo.

La traducción a un lenguaje lógico es un paso necesario para la representación del significado de una oración, pero esto no constituye una teoría semántica. Para completar la tarea, se requiere interpretar las fórmulas del lenguaje lógico en términos de sus condiciones de verdad.

La traducción e interpretación de un lenguaje lógico se efectúa por intermedio de una teoría matemática que representa al mundo real en una forma idealizada. El procedimiento de interpretación se realiza en dos etapas.

En primer lugar, la interpretación se hace con respecto a una representación de algún estado de asuntos. Tal representación se llama modelo. Éste *representa los eventos, propiedades y relaciones que constituyen la situación que se modela*. El modelo provee una descripción de las denotaciones de todas las expresiones del lenguaje bajo análisis, llamado también lenguaje objeto (la denotación de una expresión es la relación entre las expresiones y las cosas que existen en el mundo). Se dice que el modelo tiene una ontología, que define lo que existe, entidades, y lo que se puede decir acerca de ellas, y una función, que asigna denotaciones a las expresiones del lenguaje objeto.

En segundo lugar, la teoría provee las reglas para interpretar expresiones en el lenguaje objeto con respecto a un modelo arbitrario cualquiera, lo que hace proveyendo una definición recursiva que especifica cómo las denotaciones de expresiones compuestas, no básicas, se construyen a partir de sus partes componentes de acuerdo con el principio de composicionalidad. En otras palabras, la teoría de modelos provee una especificación de las condiciones de verdad de las oraciones en el lenguaje objeto.

En el siguiente ejemplo, ilustremos la aplicación de los conceptos de la teoría de modelos tomando como lenguaje objeto no un lenguaje lógico sino la lengua española y eliminando los complejos tecnicismos que involucra la traducción del lenguaje natural al lenguaje lógico.

Supongamos una situación simple en la cual hay tres entidades u objetos no lingüísticos: un libro, una silla y un niño. En esta escena, el niño está sentado en la silla leyendo el libro.

Según el modelo de interpretación, las palabras del español *libro*, *silla* y *niño* denotan los objetos no lingüísticos en el mundo real: el libro, la silla y el niño, respectivamente. El modelo especifica también que los verbos transitivos *leer* y *sentarse* denotan una relación entre el niño y el libro, en el primer caso, y el niño y la silla, en el segundo. Además, los verbos *sentarse* y *leer* denotan acciones que el niño está realizando.

La descripción anterior corresponde a un modelo formado por tres entidades no lingüísticas y una función que pone en correspondencia las expresiones de la lengua española con las entidades del modelo en el contexto de la situación descrita.

A continuación se debe afirmar la verdad o falsedad de la expresión bajo análisis. La forma de hacerlo es aportada por la segunda parte de la teoría de modelos, al proveer las reglas necesarias para llevar a cabo el procedimiento de interpretación. En esta etapa, se especifica cómo las denotaciones de las

expresiones compuestas del lenguaje estudiado se determinan a partir de las denotaciones de sus partes constituyentes, de acuerdo con el principio de composicionalidad.

Una forma de realizar este procedimiento, aunque sin la precisión de un lenguaje lógico, es la siguiente: la expresión “El niño está sentado en la silla leyendo un libro” es verdadera en nuestro modelo si existen las tres entidades no lingüísticas (niño, silla y libro) y si hay un conjunto de niños sentados leyendo un libro y si la entidad no lingüística “niño” pertenece a este conjunto, es decir, tiene las propiedades que caracterizan a este conjunto.

### *Ejemplificaciones de la formalización del razonamiento de sentido común*

El hombre común razona para llegar a un convencimiento respecto a la verdad o bondad de sus afirmaciones. También razona y argumenta para persuadir a otros y así definir cursos de acción óptimos. Estos razonamientos, apoyados por una lógica de sentido común, que está aún en pleno estudio, requieren de una formalización para ser implementados en máquinas.

Para un estudioso del discurso argumentativo, las herramientas de análisis –modelos, lógicas, semánticas– permiten conocer, en profundidad, el proceso de razonamiento al revelar supuestos, convenciones, información implícita, estructuras no aparentes y otros. En los siguientes ejemplos, intentamos mostrar el uso de estas herramientas usando un formalismo simple.

### *Ejemplos:*

En los dos razonamientos siguientes, emplearemos lógica no-monótona y el operador modal M.

1. Juan es un trabajador que razona que si realiza un curso de capacitación, podrá conseguir un aumento en sus ingresos.

$\forall X$ : trabajador (X)

$\wedge M$  razona[realizar (X, curso de capacitación)]

→ conseguir aumento (X, ingreso)

→ consigue aumento (X, ingreso)

Esta formulación se lee así:

Para todo X, si X es un trabajador y si el hecho de que X razone que si realiza un curso de capacitación *es consistente con las suposiciones siguientes*:

1. Normalmente las personas que realizan cursos de capacitación pueden aumentar sus ingresos.
2. En su caso personal, no tiene información que le señale que si realiza un curso de capacitación no obtendrá un aumento en sus ingresos.

Entonces, se concluye que X conseguirá un aumento en sus ingresos (en nuestro caso, X = Juan).

2. La mayoría de los habitantes del pueblo son mujeres.

La mayoría de los habitantes del pueblo saben leer y escribir.  
Entonces, algunas mujeres saben leer y escribir.

$$\begin{aligned} \forall X: & \text{habitante del pueblo}(X) \\ \wedge M & \text{mujer}(X) \\ \rightarrow & \text{mujer}(X) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \forall Y: & \text{habitante del pueblo}(Y) \\ \wedge M & \text{saber}(Y, \text{leer-escribir}) \\ \rightarrow & \text{sabe}(Y, \text{leer-escribir}) \end{aligned}$$

$$\rightarrow \exists X: [\text{mujer}(X) \wedge \text{sabe}(X, \text{leer-escribir})]$$

La traducción al lenguaje natural de este simbolismo es la siguiente:

Para todo X, si X es habitante del pueblo y si es consistente suponer que X es mujer, entonces X es mujer.

Para todo Y, si Y es habitante del pueblo y si es consistente suponer que Y sabe leer y escribir, entonces Y sabe leer y escribir.

Entonces, existe al menos una mujer (X) que sabe leer y escribir.

En lógica monótona existe un razonamiento similar que es erróneo. Tiene la forma siguiente:

La mayoría de los habitantes del pueblo son mujeres.

La mayoría de los habitantes del pueblo saben leer y escribir.

Por lo tanto, la mayoría de las mujeres saben leer y escribir.

3. Supongamos que tenemos las afirmaciones siguientes:

Los profesores son trabajadores.

Juan es profesor.

Pablo no es trabajador.

Entonces, Juan es trabajador.

En este ejemplo usaremos la técnica de circunscripción.

$$\begin{aligned} \forall X: & \text{profesor}(X) \wedge \neg \text{anormal}(X) \rightarrow \text{trabajador}(X) \\ \text{profesor}(\text{Juan}) & \wedge \neg \text{trabajador}(\text{Pablo}) \\ \rightarrow \forall X: & \text{profesor}(X) \wedge (X \neq \text{Pablo}) \rightarrow \text{trabajador}(X) \end{aligned}$$

La lectura del formalismo es la siguiente:

Para todo X, si X es trabajador y si X no es anormal, entonces X es trabajador.

Juan es profesor y no se da el caso de que Pablo sea trabajador.

Entonces, para todo X y X distinto de Pablo, se concluye que X es trabajador.

La conclusión precisa es: si Juan y Pablo no representan la misma persona, entonces Juan es trabajador.

La formalización de los razonamientos anteriores se complementa poderosamente.



samente con las Rejillas de Análisis desarrolladas en el marco de un enfoque semántico del discurso argumentativo (Horsella y Allendes 1995), ya que es posible visualizar las realizaciones lingüísticas y su correspondiente representación simbólica formal en cada paso del razonamiento.

## 11. COMENTARIOS FINALES

La formalización del razonamiento de sentido común es una de las principales áreas de investigación en la Inteligencia Artificial. Esta tarea no puede realizarse con los métodos de la lógica clásica, cuyo objeto es la formalización del *razonamiento estrictamente correcto*; por esto, este campo requiere del desarrollo de otros métodos que permitan modelar el modo de razonar del hombre común. El proceso de formalización se lleva a cabo tomando en cuenta los *componentes lógicos propios del razonamiento no-monótono*, ya que las máquinas y programas en los que se implementan los razonamientos naturales aún no poseen la versatilidad del cerebro humano y están, por lo tanto, limitados en cuanto a las operaciones que pueden realizar.

Las lógicas de los razonamientos no-monótonos han desarrollado herramientas formales para universalizar estos razonamientos.

Una importancia indiscutible de la teoría de modelos mentales de Johnson-Laird reside en su capacidad para explicar los procesos mentales que subyacen al razonamiento. Esta teoría se apoya en formalismos que buscan la implementación de los razonamientos en algoritmos computacionales. Sin embargo, en el caso de razonamientos más complejos, este procedimiento es de difícil uso, al igual que los métodos formales clásicos.

Por otra parte, Montague, quien combina elementos de filosofía, lenguaje y formalismo matemático, realiza una muy importante contribución a la lingüística teórica. Tal es la construcción de una semántica recursiva y composicional que explica tanto los conceptos de intensión como de extensión, conceptos que son fundamentales en el razonamiento. Una característica importante de su trabajo es que recoge, en forma conjunta, los aspectos sintácticos, semánticos y pragmáticos del lenguaje natural que están normalmente dispersos en modelos ya sea semánticos, pragmáticos o sintácticos.

En resumen, los modelos de Johnson-Laird, Montague y aquellos del razonamiento no-monótono han permitido concebir la argumentación como un conjunto estructurado y formalizable de pasos en el lenguaje natural, pasos que llevan a una conclusión que haría posible una acción óptima.

En este trabajo, hemos revisado un amplio rango de modelos de razonamiento que parece usar el hombre común. Muchos de ellos son aplicables a situaciones de la vida diaria (en los negocios, los viajes, las comunicaciones, la salud, las opiniones, las conversaciones), donde es preciso tomar decisiones, seguir cursos de acción, evaluar opciones, argumentar, etc., sobre la base de razonamientos con información incompleta. Sin embargo, se admite que son los *factores subjetivos* –siempre personales y cargados de afectividad– los que, a menudo, determinan el esquema de razonamiento que finalmente se decide emplear en una situación determinada.

## REFERENCIAS

- APPELT, D. y K. KONOLIGE. (1988). A practical nonmonotonic theory for reasoning about speech acts. *Proceedings 26th Annual ACL Meeting*. Nueva York.
- BUNDY, A. (1985). Incidence calculus: A mechanism for probabilistic reasoning. *Journal of Automatic Reasoning* 1: 263-83.
- BROWN, F.M. (Ed.). (1987). The frame problem in Artificial Intelligence. *Proceedings of the 1987 Workshop*. Los Altos: Morgan Kaufmann.
- CHOMSKY, N. (1970). *Current issues in linguistic theory*. París: Mouton.
- FALMAGNE, R.J. (1980). The development of logical competence: A psycholinguistic perspective. En R. H. Kluwe y H. Spada (Eds.), *Developmental models of thinking*. Nueva York: Academic Press.
- FODOR, J.A. (1980). Fixation of belief and concept acquisition. En M. Piatelli-Palmarini (Ed.), *Language and learning: The debate between Jean Piaget and Noam Chomsky*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- GEORGEFF, M. y A. LANSKY (Eds.). (1986). Reasoning about actions and plans. *Proceedings of the 1986 Workshop*. Los Altos: Morgan Kaufmann.
- HORSELLA, M. y N. ALLENDES. (1995). Expresiones lingüísticas en el discurso argumentativo: Una aproximación semántica. *Lenguas Modernas* 22: 89-104.
- INHELDER, B. y J. PIAGET. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. Londres: Routledge and Kegan Paul.
- JOHNSON-LAIRD, P.N. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- JOHNSON-LAIRD, P.N. (1986). Reasoning without logic. En T. Hyers, K. Brown y B. McGonigle (Eds.), *Reasoning and discourse processes*. Londres: Academic Press.
- KATZ, J. y J. FODOR. (1963). The structure of a semantic theory. *Language* 39: 179-210.
- MCCARTHY, J. (1980). Circumscription: A form of nonmonotonic reasoning. *Artificial Intelligence*, Vol. 13, 1-2: 27-39.
- MCCARTHY, J. (1986). Applications of circumscription to formalizing common-sense knowledge. *Artificial Intelligence* 28: 89-116.
- MCDERMOTT, D. y J. DOYLE. (1980). Nonmonotonic logic I. *Artificial Intelligence*, Vol. 13, 1-2: 41-72.
- MICHALSKI, R.S. (1983). A theory and methodology of inductive learning. En R.S. Michalski, J.G. Carbonell y T. M. Mitchell (Eds.), *Machine learning*. Pp. 83-129. Palo Alto: Tioga Publishing.
- MINSKY, M. (1975). A frame for representing knowledge. En P. Winston (Ed.), *The psychology of computer vision*. Pp. 211-77. Nueva York: McGraw Hill.
- MONTAGUE, R. (1974). English as a formal language. En R. Thomason (Ed.), *Formal philosophy: Selected papers of Richard Montague*. Pp. 108-221. New Haven, Con.: Yale University Press.
- MOORE, R.C. (1985). *Semantical considerations on non-monotonic logic*. *Artificial Intelligence*, Vol. 25, 1: 75-94.
- MOORE, R.C. (1988). Autoepistemic logic. En P. Smets et al. (Eds.), *Non-standard logics for automated reasoning*. Pp. 105-136. Londres: Academic Press.
- NILSSON, N. (1986). Probabilistic logic. *Artificial Intelligence* 28: 71-87.
- PERRAULT, C. (1987). An application of default logic to speech act theory. *SRI International Technical Report*. Menlo Park.
- REITER, R. (1978). On closed-world data base. En H. Gallaire y J. Minker (Eds.), *Logic and data bases*. Pp. 55-76. Nueva York: Plenum Press.
- REITER, R. (1980). A logic for default reasoning. *Artificial Intelligence*, Vol. 13, 1-2: 81-131.
- REITER, R. (1987). A theory of diagnosis from first principles. *Artificial Intelligence*, Vol. 32, 1: 57-95.
- RUSSELL, B. (1923). Vaguedad. En M. Bunge (Ed.), *Antología semántica*. Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión.
- SCHANK, R. y R. AELSON. (1977). *Scripts, plans, goals, and understanding*. Nueva York: Lawrence Erlbaum Associates.
- VARELA, F., E. THOMPSON y E. ROSCH. (1992). *De cuerpo presente*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- WINOGRAD, T. (1975). Frame representations and the declarative-procedural controversy. En

D.G. Bobrow y A.M. Collins (Eds.), *Representation and understanding: Studies in cognitive science*. Nueva York: Academic Press.

ZADEH, L. (1981). PRUF-a meaning representational language for natural language. En E. Mamdani y B. Gaines (Eds.), *Fuzzy reasoning and its applications*. Nueva York: Academic Press.

## BIBLIOGRAFÍA

ALLWOOD, J., L. ANDERSEN y O. DAHL (1977). *Logic in linguistics*. Cambridge: Cambridge University Press.

CANN, R. (1993). *Formal semantics. An introduction*. Cambridge: Cambridge University Press.

DOWTY, R.D., R.E. WALL y S. PETERS. (1981). *Introduction to Montague semantics*. Dordrecht: Reidel.

GARDNER, H. (1988). *La nueva ciencia de la mente*. Barcelona: Paidós.

GRAUBARD, S.R. (Ed.). (1993). *El nuevo debate sobre la Inteligencia Artificial*. Barcelona: Editorial Gedisa.

LYONS, J. (1986). *Language, meaning and context*. Bungay, Suffolk: Fontana Paperbacks.

PATTERSON, D. (1990). *Introduction to Artificial Intelligence and expert systems*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall International.

RICH, E. y K. KNIGHT. (1991). *Artificial Intelligence*. Nueva York: McGraw Hill.

SOMBÉ, L. (1990). *Reasoning under incomplete information in Artificial Intelligence: A comparison of formalisms using a single example*. Nueva York: John Wiley.

THAYSE, A. (Ed.). (1989). *From modal logic to deductive databases. Introducing a logic based approach to Artificial Intelligence*. Chichester: John Wiley and Sons.

THOMASON, R. (1977). *Ensayos de filosofía formal de Richard Montague*. Madrid: Alianza Universidad.