

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

I. OBJETO Y PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

El propósito de este artículo es ofrecer una visión sucinta de la disciplina que actualmente ha sido acuñada como Inteligencia Artificial (IA).

La Inteligencia Artificial es una ciencia interdisciplinaria que tiene por objeto investigar el funcionamiento de la inteligencia humana, para aplicar luego estos modelos teóricos a una máquina que deberá ser capaz de reflejarlos.

La IA intenta construir máquinas que muestran un comportamiento inteligente, entendiéndose por inteligencia un complejo de actividades que pueden ser resumidas como capacidad de abstracción, con la adecuada representación de este saber en la psique, y como elaboración de información.

Así un ser inteligente debe ser capaz de:

- a) Elaborar información y no sólo reproducirla (un loro sería exponente de esto último).
- b) Ser capaz de abstraer y obtener símbolos para esta abstracción.

La meta que la IA persigue es, pues, construir computadoras «útiles» e «inteligentes». Por tanto, esta ciencia colaborará estrechamente con la informática por un lado, y con la psicología cognitiva por otro.

Se plantea, pues, la problemática de:

- cómo hacer explícitos los mecanismos del pensamiento humano
- cómo hacer explícitos los mecanismos del lenguaje humano.

II. ÁREAS DE INVESTIGACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Según la orientación que las investigaciones en el campo de la Inteligencia Artificial (IA) siguen pueden distinguirse las siguientes áreas:

1. Reconocimiento de formas (*pattern recognition*).
2. Solución de problemas (*problem solving*): investigación sobre métodos heurísticos.
3. Sistemas de comprensión del lenguaje.
4. Robots.

2.1. Reconocimiento de formas.

Por razones metodológicas, quiero agrupar en este apartado tanto a las técnicas de reconocimiento acústico (*speech recognition*), como a las de reconocimiento visual (*visual recognition*).

El objetivo de esta área es desarrollar sistemas que puedan interpretar impulsos visuales o auditivos. Estos sistemas comportan dos componentes:

- un extractor de rasgos que aísla las características del mundo físico a partir de determinados criterios = proceso de discriminación. (Por ej.: extracción de rasgos de una foto satélite)
- un evaluador que caracteriza los rasgos extraídos a partir de determinadas muestras o patrones ya dados.

Estos sistemas identifican o diferencian aspectos y al igual que el hombre clasifican según unos principios. Véanse las teorías de Nilsson, Uhr y otros. Es, no obstante, en el área del reconocimiento visual *computer vision* donde la IA ha obtenido los avances más significativos. Prueba de ello son los trabajos de Sacerdoti, Guzmán, Wilson, Walz, etc.

El reconocimiento de formas es en definitiva un problema de clasificación de vectores en un espacio de «n» dimensiones. Su campo de aplicación es muy vasto; se extiende desde la pura motivación científica a los propósitos de estrategia militar (misiles, decodificación de fotos satélite...), o a la exploración espacial.

2.2. Solución de problemas.

Se denomina solución de problemas o *problem solving* a todos aquellos sistemas que logran dar una solución útil a determinados problemas: demostración de teoremas, *theorem proving*, realización de juegos (ajedrez...) solución teórica de planteamiento de problemas, técnica de exposición y su adecuada representación, etc.

El proceso que lleva al modelo desde el inicio del planteamiento del problema a su solución puede exponerse de diversas formas:

- modelos lógicos (Lawaly, etc.)
- redes semánticas (Quillian, Rummelhart, etc.)
- modelos procedurales (Woods, Winograd, etc.)
- modelos entorno (= *framework*) (Minsky, Charniak, etc.).

Es decir, antes de programar se debe elegir una técnica estratégica que capacite a la computadora para solucionar el problema dado. A menudo se exigirá para ello seguir complicados caminos en una red o en un árbol estructural. El método escogido se distinguirá según interese cómo el sistema busca una solución, o cómo la elige. En el primer caso se trata de búsqueda (*search*), en el segundo de *control*.

Los métodos más usados en el planteamiento solucionador de un problema son: *depth-in-first*, *breadth-in-first*, ascenso heurístico, alfabeta.

Exponentes de los logros obtenidos en esta área son los diagnósticos médicos que ofrecen MYCIN, los misiles exploradores y las computadoras que juegan al ajedrez o al super-cerebro entre otros.

2.3. Sistemas de comprensión del lenguaje.

Ya que la Inteligencia Artificial persigue la construcción de máquinas inteligentes éstas deberán en primera línea comprender y elaborar información.

Descubrir la estructura y procesos de la elaboración de información que subyacen al acto de comprender es el aspecto más difícil a afrontar por la investigación de la IA. Ésta debe desarrollar por tanto, y ante todo, una teoría del procesamiento de información que incluya asimismo el significado de las lenguas naturales.

Los sistemas de comprensión del lenguaje surgieron cuando el hombre sintió la necesidad de comunicarse con la computadora en su

propia lengua y no a través de lenguas formatadas o codificadas especialmente para la máquina. Así surgieron a la luz los primeros sistemas «pregunta-respuesta» (= *question-answering*).

Los sistemas pregunta-respuesta deben:

- aceptar datos y preguntas, y a su vez proporcionar la respuesta adecuada en una lengua natural
- utilizar de forma eficiente un banco de datos grande, siendo capaz de almacenar y recuperar datos
- responder preguntas que sobrepasan el saber almacenado
- operar en forma de diálogo.

La mayor o menor complejidad de los sistemas «pregunta-respuesta» depende de si su saber es fáctico o dinámico. De mayor a menor complejidad tenemos sistemas pregunta-respuesta:

1. El sistema es sólo capaz de combinar el saber que se ha almacenado en la memoria del ordenador, y de contestar a las preguntas que a ello se refieren. Por ej.: BASEBALL-System, DEACON, etc.
2. Sistemas que por el contrario contienen operadores —de implicación, intersección, etc.— para así poder deducir nuevos hechos. Por ej.: STUDENT, etc.
3. Sistemas que, aunque espectaculares a primera vista, trabajan con enorme sencillez y evitan la elaboración de la lengua natural. Es decir, el significado no es tenido en cuenta, sino que respuestas preformatadas se accionan y seleccionan a partir de palabras clave que aparecen en las preguntas. De esta forma consigue el sistema ELIZA imitar a la perfección un diálogo psiquiátrico.
4. Sistemas de cálculo de predicados en los que el saber está organizado en forma de expresiones lógicas. El sistema extrae los significados, luego los transforma al lenguaje lógico y más tarde utiliza el lenguaje formal para sacar deducciones.
5. Programas que almacenan el saber en redes semánticas. Una red semántica consta de nudos y arcos. Los nudos son conceptos y los arcos las propiedades y/o relaciones que enlazan a éstos. Véase SIR, SAD-SAM, etc.
6. Sistema de aprendizaje y comprensión de lenguas naturales. Estos son los sistemas más complejos y más elaborados. Llevan a cabo un procesamiento morfo-sintáctico y semántico de las lenguas naturales.

A causa de su relevancia lingüística voy a tratar con detalle sólo los sistemas agrupados bajo el apartado 6, es decir, aquellos que «comprenden» las lenguas naturales.

Wilks (1976) ya hace acertadamente una distinción de dos generaciones entre los trabajos de IA que tratan de la «comprensión» del lenguaje.

Los sistemas de la primera generación han realizado una elaboración de las lenguas naturales que más bien se puede calificar de lógico-matemática. Aquí se habrían de incluir los sistemas 1-5 arriba apuntados e incluso los modelos independientes del contexto, los transformacionalistas y el modelo de Winograd, estos últimos agrupados en el apartado 6.

La distinción de Wilks de dos generaciones es acertada por imponer un meridiano que separa investigaciones tanto de dos épocas como de dos modalidades.

Los sistemas de la segunda generación se distinguen por utilizar para la exposición de textos estructuras semánticas complejas —Schank, Colby, etc.— que o bien distan mucho de las estructuras superficiales, o bien incluso son estructuras elevadas, adecuadas para exponer y recuperar el saber enciclopédico —Weltwissen— que no se encuentra de forma explícita en el texto. Por tanto, estos sistemas de comprensión del lenguaje para ser eficientes deben utilizar además el saber pragmático que subyace a todo acto lingüístico. Modelos de este tipo son los de Minsky, Charniak y Wilks entre otros.

Lo común a todos estos sistemas es la elaboración del lenguaje cara a su comprensión. Unos parten de estructuras superficiales mediante el análisis sintáctico; otros parten de estructuras más profundas o significacionales.

2.3.1. *La primera generación.*

Los proyectos más importantes para el procesamiento de lenguas naturales se han apoyado desde el principio en las últimas teorías lingüísticas. Esto es ante todo resultado de la relación recíproca existente entre la IA y la Lingüística; en primer lugar porque la lingüística, alrededor de los años 50, experimentó un impulso que le vino dado por los métodos utilizados por las matemáticas y la lógica —lenguas formales—, y en segundo lugar porque la IA, para su ulterior evolución, recurre a las teorías lingüísticas.

Tampoco se debe olvidar la estrecha relación existente entre los tipos de autómatas y las lenguas formales. Así por ejemplo una gra-

mática independiente del contexto es equivalente a un autómata *push-down* —autómata de recursión subsumida—, es decir, toda cantidad de oraciones generada por reglas de recursión independientes del contexto será aceptada por un autómata *push-down* y a la inversa.

Una gramática está concebida como un mecanismo formal creado para describir una lengua natural o artificial. Una gramática independiente del contexto es el camino más corto para representar, mediante una cantidad pequeña de reglas, una cantidad infinita de oraciones. Por eso una gramática de este tipo es suficientemente fuerte para describir lenguas artificiales, pero inadecuada para las lenguas naturales por no tomar en consideración el significado. Una de las primeras gramáticas independientes del contexto que fue implementada en una computadora fue la llevada a cabo en la Universidad de Harvard en 1960.

Las gramáticas transformacionales (GT) al contrario que las gramáticas independientes del contexto, conservan la sencillez estructural del aparato generativo de estas últimas, pero son más adecuadas para describir las lenguas naturales, cosa que se consigue gracias a las reglas transformacionales.

Una GT consta del componente de base, que genera la estructura profunda, y de las reglas transformacionales que transforman la estructura profunda en estructura superficial. Una gramática transformacional es básicamente generativa y, al contrario que las gramáticas independientes del contexto, tiene la capacidad de una máquina de Turing.

La capacidad de una GT es, por tanto, mucho mayor que la de una gramática independiente del contexto. No obstante, la GT presenta una desventaja a la hora de ser utilizada por la lingüística computacional o por la Inteligencia Artificial, y es la siguiente: La GT fija cómo se ha de usar el componente de base, pero no prescribe cómo analizar una oración. Así mientras la GT parte de la estructura profunda y mediante reglas transformacionales obtiene la estructura superficial, una máquina electrónica por el contrario para «comprender» ha de poner en funcionamiento mecanismos lingüísticos inversos; es decir, el punto de partida para la máquina es la estructura superficial. El ordenador debe poseer inicialmente modelos de los procesos que subyacen a las acciones verbales. Una vez realizado esto estará capacitado para asignar a una oración (dentro de un texto) su

estructura profunda. Así, pues, el proceso de «comprensión» o decodificación es inverso al de codificación o generación.

El enfoque de los modelos informáticos, y con ello me refiero a la Lingüística computacional y a la Inteligencia Artificial, tiene que estar centrado forzosamente en un modelo del comportamiento de la comunicación, lo que implica por ende, del comportamiento del emisor-receptor. La diferencia entre la lingüística teórica y la lingüística computacional radica esencialmente en sus diferentes posiciones frente al modelo de comunicación.

Kuno en 1965 ya apuntó la posibilidad de ampliar la GT de modo que la gramática fuera capaz de reconocer la estructura profunda al mismo tiempo que analizara la estructura superficial. La red de transición ampliada (*augmented transition network*) de Woods es la mejor realización de este proyecto.

Hay también otros *parsers* —análisis automático de oraciones— que, apoyándose en modelos de redes recursivas de transición —véase Thorne 1968, Bobrow & Fraser 1969—, reflejan los principios de la gramática transformacional. En estos sistemas la representación de los constituyentes corre isomorfa a la estructura recursiva del análisis. La representación de la estructura profunda la realiza la computadora gracias al algoritmo del *parsing*.

El modelo más conocido, dadas sus excelentes características, es el lanzado por los científicos de la NASA Kaplan y Woods en su sistema «pregunta-respuesta» LSNLIS que debía ofrecer respuesta a las preguntas acerca del tipo geológico de las piedras lunares y de las publicaciones hechas al respecto.

Este sistema estaba pensado para capacitar a una computadora para comprender las preguntas que cualquier persona deseara hacer a la NASA sobre el tema.

La transformación de una pregunta en una respuesta-retrieval, es decir, respuesta obtenida a partir de la información almacena *a priori*, tiene lugar del modo siguiente:

- a) La oración inglesa es transformada en una forma canónica que contiene de forma explícita las relaciones sintácticas.
- b) Esta forma canónica es interpretada semánticamente.
- c) La interpretación semántica es comparada con la base de datos para poder generar la respuesta adecuada.

Sistemas similares de los llamados de la primera generación —tanto modelos de «pregunta-respuesta» como de traducción automática— excepto en raras ocasiones, no son más que implementaciones de modelos sintácticos. Actualmente es la ATN (= red de transición ampliada) el modelo más elaborado en distintos centros europeos para su adaptación a las características de otras lenguas naturales. (Véase en el siguiente apartado las características de este modelo.)

2.3.1.1. La red de transición ampliada.

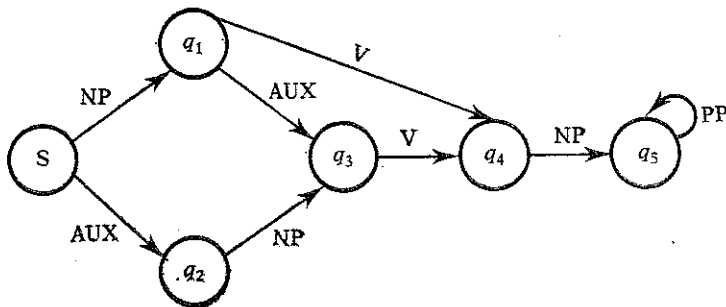
La ATN es una ampliación de una red de transición de estados finitos. La red consta de nudos y de los arcos que los unen. Los nudos corresponden a los estados finitos de un autómata, los arcos a las transiciones.

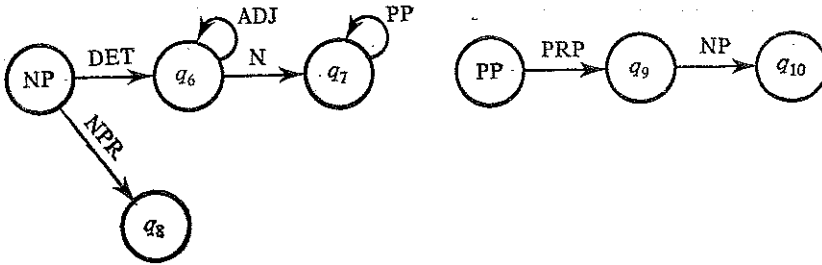
Woods al crear su modelo sorteó el grave problema que ofrecen las redes de estados de transición finitos, a saber, poder procesar oraciones incrustadas del tipo:

1. La señora que tú dices es insoportable.

La ATN etiqueta sus arcos con símbolos terminales y no terminales; de esta forma surge el mecanismo de recursión al lograr que una red de estados finitos pueda llamar a otra. La gramática será pues un conjunto de redes de estados finitos, y éstas son el *parsing* de un componente no terminal.

Los siguientes gráficos de Woods son un equivalente de una gramática independiente del contexto en redes de transición: (Abreviaturas: S = oración, NP = sintagma nominal, AUX = auxiliar, V = Verbo, PP = sintagma preposicional, DET = determinante, ADJ = adjetivo, N = nombre, NPR = nombre propio, q = estado).





Los estados q_4 , q_5 , q_7 , q_8 , q_{10} son posibles estados finales.

La ATN no sólo posee el mecanismo recursivo, sino que dota a sus arcos de transición de condiciones y operaciones estructurales. De esta forma el sistema puede almacenar y comprobar datos y recurrir o no, según el caso, a determinadas operaciones.

Las condiciones en los arcos exigen que se compruebe la categoría en cuestión (si es artículo, nombre, etc.); si la condición se cumple son llevadas a cabo las consiguientes operaciones estructurales para así paso a paso llegar a obtener una categoría de rango superior.

El aspecto más relevante de la ATN es su capacidad de construir la estructura profunda a medida que se analiza la estructura superficial. Esto se consigue mediante registros.

Los registros controlan el análisis mecánico de la oración (*parsing*) en la medida en que guardan la información acerca de los resultados de las operaciones realizadas (p. ej.: si el SV ha sido identificado o no).

La ATN es, por tanto, una gramática basada en el principio de recursión y además equivalente a una GT, sin que para ello necesite un componente transformacional.

El análisis de una cadena escrita se realiza de izquierda a derecha y de forma secuencial¹. Hay dos niveles:

- a) A través de los arcos de transición, que identifican a las palabras, es reconocida la estructura superficial.
- b) La estructura profunda es conformada con la ayuda de los valores de los registros y de las operaciones. Mediante la operación POP se transfiere el control a la red originaria una vez analizadas sub-cadenas. Por ejemplo, una vez reconocido y analizado un sintagma preposicional se pasa el control a la red de jerarquía superior.

¹ En sus últimos trabajos Woods propone el análisis mecánico de la oración (*parsing*) simultáneo de izquierda a derecha y a la inversa.

La representación formal de la ATN es una gramática independiente del contexto ampliada²:

Red → ⟨conjunto de arcos⟩ ⟨conjunto de arcos⟩ *
 conj. de arcos → ⟨estados⟩ ⟨arcos⟩
 arcos → CAT ⟨categoría⟩ ⟨test⟩ ⟨operación⟩ ⟨operación final⟩
 PUSH ⟨estado⟩ ⟨test⟩ ⟨operación⟩ ⟨operación final⟩
 TEST ⟨etiqueta⟩ ⟨test⟩ ⟨operación⟩
 POP ⟨forma⟩ ⟨test⟩
 operación
 categoría
 ...

Al trabajar un ordenador con este modelo, en todo momento durante el *parsing*, posee diferentes configuraciones. Una configuración en cada estado del *parsing* consta de:

un *pointer* que señala la palabra que momentáneamente se lee
 un estado actual (a donde se ha llegado por la red)
 un conjunto de configuraciones ya vistas
 una lista de los registros hasta el momento valorados.

En la ATN se observan estrategias fáciles de ser aprovechadas por el lingüista. Por ejemplo hay que destacar que se sigue el orden determinado por los arcos, tal y como la gramática lo prescriba; de este modo el orden puede fijarse según la lengua a analizar. Así el castellano impondrá cambios al orden previsto para el inglés.

Otra estrategia la ofrece el contenido de los registros que puede ser cambiado a medida que avanza el *parser*, es decir, los valores de un registro cambian sin que ello atañe al resto de los registros de la configuración ya vistos.

2. He estado trabajando.

he recibiría el registro AUX. Estado sería llevado inicialmente al registro V ya que el *parser* buscaría tras AUX un verbo. Sin embargo, el registro «V» se verá más tarde ocupado por *trabajando* y para estado se creará un nuevo registro modal borrándose el asiento anterior. De esta forma la estructura profunda se va conformando paso

² W. A. Woods, «Transition Network Grammars for Natural Language Analysis», *Communications of the ACM*, 13, 1970.

* Significa repetición arbitraria de constituyentes.

a paso y a medida que avanza el análisis de la estructura superficial, a partir de los valores o asientos de los registros.

Si el ordenador se encuentra con palabras polisémicas, todos los posibles valores son tratados paralelamente como un conjunto de configuraciones activas (a la vez el método *depth-in-first* y *breath-in-first*).

Si una oración presenta atributos difíciles de asignar el sistema posee un modificador selectivo del orden. Éste toma el constituyente en cuestión y comprueba las alternativas preferentes para agruparlo con otro constituyente con el que forme sintagma. Por ej.:

3. Vi al señor *con los prismáticos* en el parque.

El sistema debe tratar de determinar si *con los prismáticos* es un especificador de *señor* o de *ver*.

Woods introduce este modificador selectivo del orden como ejemplo de un *parser* que está orientado semánticamente. No obstante, y al contrario que Winograd, opina que la interpretación semántica debe ir aparte y debe tener lugar una vez realizado el *parser*.

La interpretación semántica del LSNLIS (cf. pág. 141) opera sobre las estructuras sintácticas que le da el *parser* —de modo similar a la gramática generativa interpretativa de Katz y Fodor—. Las reglas semánticas que fijan el significado usan dos tipos de información: la información estructural sintáctica, y la información semántica acerca de los constituyentes organizada en el léxico.

La ATN es aplicable a cualquier lengua dada su *transparencia* (como gramática independiente del contexto), su *capacidad* (es equivalente a una GT), *flexibilidad* (las operaciones pueden ampliarse), y debido a que se puede *optimizar* el sistema sin que por ello se haya de reformular el modelo base.

2.3.1.2. *La gramática sistemática: comprensión del lenguaje natural de T. Winograd.*

El sistema creado por T. Winograd simula un robot que puede manipular objetos de un mundo también simulado.

La capacidad que tiene el sistema de elaborar e interpretar oraciones de una lengua natural, concretamente del inglés, hay que atribuirlo a la gramática sistémica de Halliday (véase *Systemic Grammar*).

La clave del éxito de este sistema reside en el hecho de poner en estrecha relación la sintaxis y la semántica y, por ende, en limitar su saber a un mundo muy reducido: un mundo de figuras geométricas.

La razón por la que este mundo geométrico sea tan útil para el estudio de las lenguas naturales se debe ante todo, a que todo aquello sobre lo que se puede hablar está limitado de antemano:

objetos: pirámides, bloques y cajas
 relaciones entre los objetos: delante de, apoyado sobre, etc.
 características de los objetos: tamaño y color
 acciones: tomar, poner, apilar.

Con este programa, que verdaderamente logra que una computadora simule comprender, se consigue explicitar procesos que normalmente para un lingüista pasan inadvertidos.

«Comprender» significa relacionar expresiones con el mundo. El ser humano designa los objetos normalmente con descripciones, no con nombres. Por el contrario, un sistema artificial sólo puede trabajar con nombres, es decir, con asientos de datos.

En este modelo «comprender» es un proceso a través del cual una descripción se transforma en otra. La primera es una descripción de la lengua natural, la segunda está formatada cara al modelo, y es útil para la generación de la respuesta. Si la primera descripción la equiparamos a la estructura superficial de una gramática generativa, la segunda equivale a la estructura profunda pero acoplada al sistema generativo de la máquina.

Veamos un fragmento del diálogo que una persona puede tener con el robot de Winograd: (la letra gruesa son las oraciones que da un usuario, las oraciones en mayúscula son las respuestas de la computadora)³.

³ Terry Winograd, *Understanding Natural Language*, N. York y Londres, 1972.

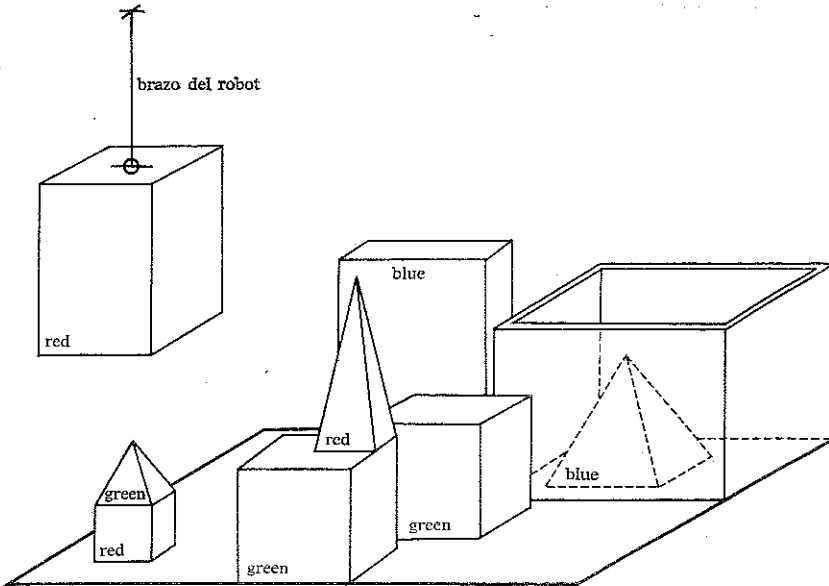


FIGURE 6

1. Pick up a big red block.
OK.

The system answers «OK» when it carries out a command. In order to pick up the red block, it had to clear it off by finding a space for the green one and moving the green one away. Figure 4⁴ shows the scene when the command was given, Figure 5 shows the green block being put out of the way, and Figure 6 shows the end result.

2. Grasp the pyramid.
I DON'T UNDERSTAND WHICH PYRAMID YOU MEAN.
There are three pyramids in the scene, so the program does nothing.
3. Find a block which is taller than the one you are holding and put it into the box.

The system has to figure out what is meant by «one» and «it», as well as using deduction to decide which block it is holding.

BY «IT», I ASSUME YOU MEAN THE BLOCK WHICH IS TALLER THAN THE ONE I AM HOLDING.

Printed out to keep us informed.

⁴ Las figuras 4, 5 y 7 del original no se reproducen aquí.

OK.

The hand has to set down the red block to pick up the taller blue one. Figure 7 shows the result.

4. What does the box contain?

THE BLUE PYRAMID AND THE BLUE BLOCK.

5. What is the pyramid supported by?

Earlier the system responded to «the pyramid» by saying «I don't understand which pyramid you mean» now, it knows that we must mean the one which was just mentioned.

THE BOX.

6. How many blocks are not in the box?

Negatives such as «not» and «no» are handled whether they appear in clauses or noun groups (such as «no boxes»).

FOUR OF THEM.

Vemos en el fragmento anterior que cuando el dialogante da información insuficiente a la computadora, ésta reacciona pidiéndole más detalles que la capaciten para actuar.

En el mundo simulado hay cuatro bloques de diferentes colores y tamaño. A estas características individuales de cada objeto le corresponden internamente a la computadora un valor. Por ejemplo el cubo verde equivale a BLOCK1; el bloque azul BLOCK2; el bloque rojo BLOCK3, etc.

Igualmente el hablante al decir:

4. Dame el libro rojo

designa con varias palabras a un objeto concreto. El que en muchas lenguas naturales se necesiten dos o tres palabras para designar un objeto es una arbitrariedad. La lexicalización de tal concepto es totalmente factible.

El robot de Winograd sigue dos pasos:

1. Realiza un análisis de las descripciones de los objetos (análisis de la estructura superficial) y asigna nombres a estas descripciones.
2. Utiliza estos nombres y determinados verbos para llevar a cabo una acción.

El robot simulado, tal como se ha visto en el diálogo, puede realizar acciones tales como quitar y poner objetos, o deducir y dar la

respuesta adecuada. El programa central MONITOR regula los siguientes subprogramas:

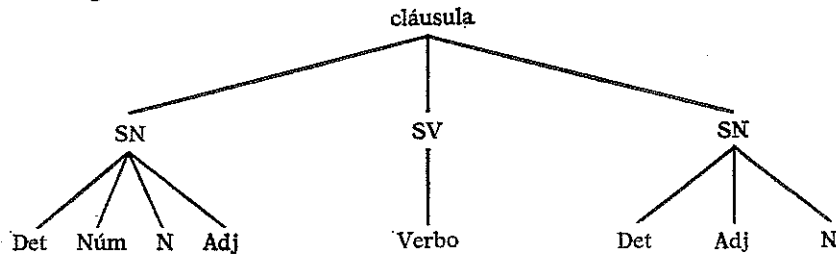
- a) Entrada de datos, análisis morfológico y búsqueda en el diccionario.
- b) Gramática que reúne los grupos sistemáticos (véase gramática de Halliday).
- c) Semántica que trabaja conjuntamente con la gramática, programas de deducción y rasgos semánticos.
- d) Control de las respuestas que se van obteniendo para montar con ellas el discurso y así posibilitar referencias posteriores.

Interesante en este sistema es la diferenciación de: cláusula, unidad y palabra.

Cada una de estas unidades tiene un papel determinado cara al significado. Winograd distingue las siguientes unidades: grupo nominal, grupo adjetivo, grupo verbal y grupo preposicional. Para él no existe la oración como categoría sintáctica, sino unidades significacionales que van siendo confrontadas paso a paso con la información almacenada. La exposición sistémica de la oración

5. Los tres lingüistas recalcitrantes despedazaron la bella oración.

es la siguiente:



El concepto básico que guía este modelo es la idea de diferentes niveles de análisis y la búsqueda del significado mediante un constante ir y venir del análisis semántico al sintáctico y a la inversa.

En el modelo de Winograd el significado de las expresiones lingüísticas no se obtiene aplicando el componente semántico a la estructura profunda, como en el modelo de Woods o en la teoría standard de Chomsky, sino que el significado de una cláusula (= frase) viene dado por la estrecha interacción entre la semántica y la sintaxis.

2.3.2. *La segunda generación.*

Se consideran sistemas de la segunda generación aquellos que para la representación de textos utilizan o bien estructuras semánticas que se diferencian totalmente de la estructura superficial, o bien representaciones que contienen información que no se encuentra de forma explícita en el texto.

Estos planteamientos consideran que todo sistema de comprensión del lenguaje ha de tratar forzosamente estructuras semánticas muy complejas. Se basan por tanto en: la semántica, en la psicolingüística, y en las teorías del comportamiento, de la percepción y del conocimiento. A su vez, y evidentemente, parten de función comunicativa y social de la lengua. Se trata de buscar procedimientos que obtengan el significado de las expresiones de una lengua a partir de unidades significativas, y de su mutua interacción tanto a nivel textual (intra-lingüístico) como extralingüístico (saber inferencial, saber experiencial...).

El modelo de Winograd anteriormente visto, está, por esta razón, a caballo, ya no sólo en el tiempo sino también por el método, entre la primera y la segunda generación de las investigaciones de sistemas de comprensión del lenguaje.

2.3.2.1. *«Parsing» conceptual.*

Si el *parsing*, tal como se ha apuntado arriba, es el análisis mecánico de oraciones de una lengua natural, el *parsing* conceptual tendrá como meta al llevar a cabo el análisis de una oración el control de éste a través del significado.

El *parsing* conceptual trata de sistematizar o captar los mecanismos por los que el hombre comprende. Con ello nos hallamos en el extremo opuesto de la gramática generativa. Ya no se trata de generar expresiones que posean un significado, sino de captar y ordenar en las casillas de nuestro cerebro aquello que una situación lingüística nos ofrezca.

Comprensión equivale a engranaje. Comprensión es análogo a determinar qué función tiene un objeto del mundo real o mundo posible, y qué relación tienen las partes con el todo.

Esta gramática recuerda en muchos aspectos a la gramática tesneriana con sus conceptos regidor / subordinado (*regissant / subordonné*), y a la fillmoriana con su teoría del caso.

Indiscutiblemente los modelos de la IA no son brotes surgidos independientemente de lo que hasta ahora se ha venido haciendo en otras áreas científicas (lingüística, psicología, etc.). Así en la convención de las flechas del gráfico anterior vemos relaciones que nos son conocidas.

Un aspecto criticable de este modelo es la extremada complicación teórica que lo hace casi impracticable y difícil de implementar en un ordenador. En todo caso el propósito de Schank es poder dar forma explícita a las relaciones que existen entre los conceptos, y esto llevado a todos los niveles de la expresión lingüística: a la palabra, a la oración y al texto. La meta final de Schank es ofrecer un *parsing* conceptual equivalente a una gramática universal del sistema que subyace al pensamiento.

El *parsing* conceptual de Schank es, a grandes rasgos, una adaptación de la gramática del caso de Fillmore a los modelos informáticos pero elaborando más los aspectos psicolingüísticos.

2.3.2.2. Charniak, Colby y otros.

Charniak, Colby y otros autores se ocupan de relaciones semánticas más complejas —todavía no resueltas por la teoría lingüística— tales como las relaciones implícitas o causales que son necesarias para resolver los problemas de referencias textuales —pronominalización—.

La pronominalización es uno de los caballos de batalla que más esfuerzo está costando a los modelos informáticos, ya que las referencias implícitas para el ser humano, a causa de la experiencia, son difícilmente recuperables para un sistema artificial que debe simular «comprender».

Piénsese por ejemplo en los malentendidos. Éstos surgen cuando las implicaciones obvias para el emisor no lo son para el receptor. El malentendido surge si no hay correspondencia entre el objeto y la referencia.

Es fácil imaginarse el grado de distorsión del significado que una computadora puede dar a un texto lingüístico, si ésta no atribuye

las referencias de forma correcta. Por ejemplo en la siguiente oración:

6. Me acerqué a la despampanante hija de la vecina y la besé.

Si la máquina almacena esta oración y más tarde se le pregunta: ¿a quién besé? probablemente la pobre computadora atribuirá al pronombre *la* la referencia de *vecina*. Lo que probablemente la máquina no sabe es si la madre es tan apetecible como la hija.

Estos problemas de referencia de los pronombres los solucionaba Winograd de forma sorprendente (cf. § 2.3.1.2.), pero este autor se limitaba a un mundo cerrado de pocos objetos.

En una novela o en el lenguaje coloquial la problemática de asignar mecánicamente una referencia correcta, tanto anafórica —como catafóricamente— es sumamente difícil si el modelo no posee saber experiencial e inferencial.

2.3.2.3. *Wilks y la traducción automática.*

Wilks es uno de los autores que más impacto ha causado en los medios de la IA. En sus trabajos sobre traducción automática (TA) su sistema para la comprensión del lenguaje natural ofrece representaciones unificadas que contienen al mismo tiempo información sintáctica, semántica, fáctica e inferencial.

La unidad básica con la que trabaja es el «patrón» o «matriz» que está formatado de forma inflexible y corresponde al concepto intuitivo AGENTE – ACCIÓN – OBJETO.

Evidentemente no toda expresión ofrece estas características, pero el sistema puede adaptarlo a este patrón mediante posiciones vacías (*dummies*).

Lo que con ello persigue el autor es construir una teoría que le posibilite detectar formas semánticas directamente, no a través de un análisis sintáctico convencional⁷.

El modelo trabaja con cuatro categorías a las que asigna una representación o mecanismo formal:

<i>categorías</i>	<i>representación</i>
significados léxicos	— fórmulas semánticas
mensaje	— patrones
fragmento textual	— parapatrones entre los mensajes
compatibilidades semánticas	— parapatrones entre los mensajes

⁷ Cf. Y. Wilks, *Grammar, meaning and machine analysis of language*, Londres, 1972.

Una fórmula consta de primitivos semánticos (equivalente a componentes semánticos) y paréntesis. Asombrosamente el autor con sólo unos 60 primitivos puede traducir fidedignamente la biografía de Hitler del inglés al francés.

Su modelo posee un diccionario en el que se ha dotado a cada rúbrica de tantas fórmulas como significados tiene el lexema en cuestión:

policeman —: ((FOLK SOUR) (((NOTGOOD MAN)OBJE)PICK) (SUBJ MAN))
interrogates —: ((MAN SUBJ) ((MAN OBJE) (TELL FORCE)))
crook —: (((NOTGOOD ACT)OBJE)DO) (SUBJ MAN))
 —: ((((((THIS BEAST)OBJE)FORCE) (SUBJ MAN))POSS) (LINE THING)).

El diccionario parafrasea *policía* de la siguiente forma: agente, ser humano (= MAN) que coge (= PICK) a personas no buenas (= NOTGOOD MAN) que proceden (SOUR) del pueblo (= FOLK).

Crook por ser polisémico tiene dos fórmulas una para cada significado.

Relevante para la traducción es el último primitivo de las fórmulas o cabeza —HEAD— a partir de las cuales se forma el patrón base (*bare template*). Los núcleos de los lexemas anteriores son, pues: MAN para *policeman*, FORCE para *interrogate*, y THING o MAN, según el caso, para *crook*.

Inicialmente habrían dos patrones base posibles para la oración:

7. The policeman interrogates the crook

extraídos a partir de los núcleos de cada lexema. Según el modelo AGENTE — ACCIÓN — OBJETO tenemos:

- a) MAN — FORCE — MAN
 b) MAN — FORCE — THING.

El sistema, sin embargo, sólo puede tomar como bueno uno de los patrones, aquí el *a*) ya que la fórmula del verbo contiene la condición de que el objeto ha de ser un ser humano (MAN OBJE).

Hasta aquí la capacidad de esta gramática semántica sería casi la misma de la de una gramática chomskiana. Wilks, por el contrario, va más lejos. Si el texto a traducir no cumple las exigencias de las

fórmulas del diccionario, el sistema no rechaza como «inaceptables» o «agramaticales» metáforas o expresiones creativas del tipo:

8. Le pregunté al viento si te ha visto pasar.

El modelo de Wilks trabaja sólo con estructuras semánticas del tipo AGENTE – ACCIÓN – OBJETO, pero estas estructuras antes de ser traducidas han de pasar por programas de expansión (= asignación de adjetivos, artículos, morfología...) y de ligazón (coordinación, subordinación) para los fragmentos textuales.

La importancia de este proyecto de traducción automática, realizado por la Universidad de Standford, reside en el hecho de haber demostrado que traducir según unas pautas puramente semánticas es totalmente factible.

2.3.2.4. *Minsky y la teoría del entorno.*

El modelo más revolucionario de los últimos años es, sin embargo, el de Minsky que con su teoría del entorno (= *Frame Theory*)⁸ ofrece un planteamiento nuevo para la comprensión del funcionamiento de los sentidos y del cerebro humano.

La teoría del entorno es una teoría unitaria y global de los procesos cognitivos del ser humano, y por tanto también aplicable al lenguaje como vehículo de expresión de estos mecanismos.

El entorno es una estructura de datos que sirve para exponer situaciones estereotipadas. A un nivel general un entorno representa una situación típica (p. ej.: una habitación standard, una fiesta de cumpleaños...). El entorno, como concepto orgánico de las cosas, consta de «reellenos» (lugares ocupables) que en cada situación concreta pueden verse ocupados por un valor concreto (= terminal) o por un valor standard (*default*). Un entorno, a su vez, puede ser un componente, es decir, estar incluido, de otro entorno. Eso dependerá del nivel en que nos movamos.

Veamos un ejemplo. Tómese el entorno correspondiente a *habitación*. Una habitación es para todo hablante un concepto orgánico en

⁸ Cf. M. Minsky, «A framework for representing Knowledge», en R. Schank y B. L. Nash-Weber (eds.), *Theoretical Issues in Natural Language Processing*, Cambridge, 1975, págs. 118-130.

el que entran en juego normalmente cuatro paredes, un techo que cierra el espacio por arriba —si no fuera así sería un patio— y el suelo (toda persona que abre una puerta cuenta con que el suelo no desaparezca bajo sus pies). También el hablante cuenta con que la habitación tenga ventanas o balcón. Otros detalles pueden entrar también en juego, p. ej.: unas dimensiones determinadas, color —tal vez con las paredes encaladas—, algún mueble dentro, etc.

Como vemos el hablante cuenta con determinadas cosas que hacen que una habitación sea una habitación, un todo orgánico. Ese todo que conforma una habitación es el *frame*.

Un *frame* o entorno tiene su consistencia a partir de determinadas presuposiciones o valores standard que el hombre posee gracias a la experiencia. Así si al abrir una puerta el suelo desaparece bajo los pies el entorno que mi cerebro posee para puerta no encuadra con la realidad del momento. El entorno de *puerta* debe ser sustituido por otro probablemente por el de *balcón*.

Se trata de ver que, a causa de nuestro saber experiencial, como hablantes cuando expresamos o pensamos un concepto tenemos ya de antemano unos valores y el andamiaje en el que son insertos. Obviamente, en cada caso concreto los valores standard (= *default* en la teoría minskiana) se ven ocupados por valores concretos o terminales que dependen de la situación. Por lo tanto los terminales de *mi* habitación serán diferentes de los de *tu* habitación ya que hay habitaciones rosas, blancas, grandes, pequeñas, etc.

En los «rellenos» o lugares ocupables hay señalizadores que exigen unas condiciones semánticas a cumplir para que tenga lugar un acoplamiento. Si las condiciones no se cumplen el sistema busca hasta encontrar el andamiaje adecuado. Si la habitación no tiene techo será un patio, si no tiene ventanas será un sótano, etc.; al no cumplirse las condiciones semánticas para elegir un entorno o andamiaje de valores, el sistema ofrecerá otro entorno (*frame*) a comprobar.

Igualmente ocurre con las subclases de elementos. Si veo una pizarra en la habitación a mi mente acudirá el *frame* para *aula* que cuenta con que haya sillas o bancos duros. Si por el contrario hay mullidas sillas o butacas entonces el *frame* adecuado será el de *sala de conferencias*; y si de nuevo le quitamos a la habitación la pizarra, entonces el *frame* adecuado será el de *sala*. Puede verse que la exis-

tencia de determinados frames —entornos— y su sustitución al ser comprobado, según el caso, no es arbitraria sino que cada uno tiene una extensión determinada, delimitándose genuinamente un concepto de otro.

Dentro del entorno *habitación* hay otros entornos, tal como se ha visto: *ventana, pared, puerta, etc.*, es decir, todos sus componentes son a la vez entornos de otro nivel. Estos entornos tienen sus lugares ocupables y así hasta llegar a frames o entornos mínimos.

Un conjunto de *subframes* —subentornos— que formen sistema es una agrupación (*cluster*), y el *frame* base que subyace a todos ellos es el elemento base (*capitol*). Por ejemplo *habitación* sería un elemento base y *sala, cine, aula, etc.*, forman una agrupación (*cluster*).

Esto les recordará a muchos los conceptos «hipónimo», «hiperónimo», etc., de los estructuralistas. No obstante, este saber «a niveles» es propio de la gramática tagmémica de Pike con la que este sistema tiene muchos paralelismos no sólo en la terminología, sino también en la base teórica (véase: *slot, filler-class, standard-hypermeaning* y compárese con *slot, terminal, capitol, etc.*, de Minsky).

Una vez más se puede ver que este continuo ir y venir de los modelos lingüísticos a los informáticos, y de éstos a los lingüísticos. Relevante es, en el caso de la teoría de Minsky, que la teoría del entorno hace un planteamiento nuevo de lo que hasta ahora se ha venido haciendo en el campo de la Inteligencia Artificial. Este planteamiento implica globalización y atomización al mismo tiempo, en tanto en cuanto su modelo intenta reproducir las interacciones entre la percepción humana y sus representaciones simbólicas en el cerebro. De esta interacción surge el saber.

Las reflexiones de Minsky están orientadas hacia la creación de un modelo teórico de la organización del saber para su posterior aplicación a seres artificialmente inteligentes: la computadora y el robot.

III. RESUMEN

La Inteligencia Artificial como ciencia autónoma no es fruto espontáneo ni esporádico. Su nacimiento lo debe por doble partida al

avance técnico, sobre todo de la informática, y a la evolución que han experimentado las ciencias humanísticas. Por ello ha habido un intercambio de métodos entre las ciencias enriqueciéndose mutuamente.

La lingüística transformó sus aparatos descriptivos inicialmente con la gramática estructural (siguiendo métodos antropológicos) y más tarde con la chomskiana y otras aportaciones del campo de las matemáticas y la lógica.

No es por tanto una coincidencia la equivalencia existente entre los diversos tipos de autómatas y las lenguas formales y entre éstas y los tipos de gramáticas. Esto es importante a la hora de comparar teorías lingüísticas y modelos informáticos.

Este enraizamiento común de la gramática moderna y de los modelos informáticos, las lenguas formales, hace pensar a veces que la lingüística copia de la informática o a la inversa. Pensar así es equivocado. Lo correcto es desvelar los aspectos comunes y sus razones.

En los modelos actuales de IA el punto de partida es psicológico; se trata ante todo de descubrir qué es «comprender» y cómo explicitar y operacionalizar este saber. Es necesario desvelar «cómo el proceso de comprensión tiene acceso a estructuras amplias de conocimiento. Al comprender una oración no estamos simplemente apoderándonos de una nueva pieza de estructura cognitiva, sino que estamos haciendo cambios dentro de las grandes estructuras ya existentes»⁹. Si el hombre logra saber «cómo» comprender podrá aplicar ese modelo a una máquina.

Actualmente hay dos tendencias en la IA: la de los que abogan por una mayor generalidad en los tipos de representación y métodos (Standford University, Carnegie Mellon, etc.), y la de aquellos que consideran necesario trabajar en sistemas concretos aunque más complejos como lo es la comprensión del lenguaje o la manipulación algebraica (MIT, etc.).

La IA posee modelos con saber descriptivo (pasivo) y con saber modular (activo) —Sánchez de Zavala los denomina «sistemas de producción» / «sistemas de programación»—. Es decir, los sistemas aprenden la adición de saber nuevo y son capaces de utilizar deducciones y resultados como saber nuevo operable. Aprender es un proceso de acumulación operable.

⁹ T. Winograd, «Five lectures on Artificial Intelligence», en A. Zampolli (ed.), *Linguistic structures processing*, Amsterdam, 1977, pág. 409.

De la mano de IA han surgido modelos tanto en el campo de la lingüística —procesamiento de lenguas naturales—, como para la programación automática, procesamiento de información médica —análisis de electrocardiogramas, diagnósticos—, o automatización industrial aunque se esté todavía lejos del robot ideal.

Relevante en los modelos discutidos en este artículo ha sido establecer relaciones entre sus bases teóricas y las de ciertos modelos lingüísticos. Así la ATN —red de transición ampliada— es equivalente a una gramática transformacional, el sistema de Winograd a la gramática sistemática de Halliday, el *parsing* conceptual de Schank a la gramática del caso de Fillmore y a la tesneriana, y la teoría del entorno de Minsky tiene planteamientos similares a la gramática tagmémica de Pike.

En estos modelos no se trata de «comprender» palabras u oraciones, sino «unidades significacionales» que en muchos casos saltan las fronteras de lo explícito y recurren al saber experiencial, inferencial y pragmático. Se necesitará, por tanto, un aparato formal nuevo para aprehender y operacionalizar los significados. Este aparato formal lo ofrece la teoría del entorno con sus *frames* y *scenarios*, los «Actores» de Hewitt o los *demons* de Charniak, falta, no obstante, hacer una aplicación meditada de las teorías aquí vistas al material lingüístico.

M. MEYA

