

La lingüística en el contexto de la inteligencia artificial

POR

BERNARDO MORALES ASCENCIO

Departamento de Lingüística
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



En el presente artículo se reseñan algunos conceptos fundamentales sobre Inteligencia Artificial que sirven de base para reconocer la identidad y las proyecciones de la lingüística en el área de la informática, en consonancia con las exigencias de la tecnología moderna. Se destacan la posibilidad e importancia del procesamiento automático del lenguaje natural y el sentido que para ello tienen los conocimientos pragmáticos. Por último, se reseñan algunas ideas sobre las llamadas industrias de la lengua.

Palabras clave: Inteligencia Artificial (IA), Sistemas Expertos (SE), ciencias cognitivas, lingüística computacional, Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN), industrias de la lengua.

0. INTRODUCCIÓN

La dimensión investigativa y aplicada de la lingüística en el contexto de la Inteligencia Artificial (IA), cuenta ya con alguna tradición y existe en nuestro medio un buen número de autoridades en esta disciplina. Sin embargo, quizá por falta de una manifestación efectiva por parte de la comunidad lingüística, el análisis del lenguaje natural en el

contexto de la informática moderna no ha sido entre nosotros suficientemente contextualizado y desarrollado. Desde la perspectiva lingüística, en el presente trabajo nos proponemos reseñar algunas ideas fundamentales de la IA. Nos anima el interés de destacar la importancia de abordar la temática del lenguaje natural en relación con la informática en el contexto de la IA y de disponernos a participar en actividades interdisciplinarias que esta tarea implica.

Podría pensarse que el contexto más adecuado para la integración de la lingüística con la informática fuese la Teoría Matemática de la Comunicación o Teoría de la Información desarrollada por C. Shannon a mediados del presente siglo. Pero no es así. El contexto de tal integración no es otro que el de la IA. Efectivamente, a partir de la Teoría de la Información se introdujeron en la lingüística algunos conceptos fundamentales y se teorizó sobre las principales funciones del lenguaje. Pero bien se sabe que la Teoría de la Información es una rama de la matemática aplicada y las relaciones entre lingüística y matemáticas no son de aplicación sino de fundamentación teórica. Por otra parte, la Teoría de la Información se integra dentro del cálculo de probabilidades y el lenguaje natural no tiene una estructura estadística, sino sintáctico-semántica. Mientras que al tratar mensajes la IA se preocupa por llegar a dar con su significado y principalmente con su sentido, la Teoría de la Información en últimas se ocupa de cuantificar la información del mensaje. Para la Teoría de la Información, la información de un mensaje no es su contenido semántico, sino una característica de los mensajes en su origen. Esta característica está determinada por el número de mensajes que tienen la misma probabilidad de ser emitidos. Dos o más mensajes pueden tener la misma cantidad de información y ser semánticamente diferentes; un mismo enunciado puede ser portador de una gran cantidad de información o de muy poca (incluso cero), dependiendo de la incertidumbre que elimine. La cantidad de información no es inherente al mensaje mismo, sino que depende del conjunto de posibles mensajes que elimine. En la Teoría de la Información se define la comunicación como el proceso de transmisión de información, y la información como el proceso de eliminación de posibilidades por la aparición de un elemento (señal, secuencia de señales) del conjunto. El concepto de información se asocia con los de disminución de la entropía (2ª ley de la termodinámica), la eliminación del caos, en la teoría de sistemas; la eliminación de la incertidumbre o del suspenso, en la narrativa. Una cosa es el estudio del proceso de transmisión de los mensajes y la cuantificación de información en un contexto probabilístico, y otra muy distinta es el análisis algebraico de su estructura, funciones y usos de los enunciados en el contexto de la interacción comunicativa.

1. UN CONCEPTO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Desde el punto de vista técnico, por IA se entiende la rama avanzada de la informática. Para Haton (1991), la IA es el conjunto de estudios y aplicaciones orientados a dotar al computador de las capacidades que habitualmente se le atribuyen a la inteligencia humana, tales como: la adquisición de conocimiento, la percepción, el razonamiento, la toma

de decisiones, etc. En este sentido, un objetivo de la IA es emular mediante programas de computación el comportamiento inteligente sin reproducir necesariamente el funcionamiento correspondiente del ser humano (Haton, 1991: 9). Para Rolston, la IA es una técnica mediante la cual se busca la solución de problemas complejos con el apoyo del computador, siguiendo procesos análogos al proceso de razonamiento humano (Rolston, 1990: 15).

El fundamento teórico de la IA es un área interdisciplinaria constituida por la convergencia de las llamadas ciencias cognitivas: lógica matemática, lingüística, informática, psicología, etnología, sociología, etc., y, en un futuro próximo, la biología y las neurociencias. En este sentido, la IA se ocupa del estudio de los fundamentos del desempeño inteligente del ser humano, la manera como los humanos utilizan el lenguaje, el desarrollo de los procesos de inferencia, la comprensión de los fenómenos, los procesos de aprendizaje, las formas de percepción, la manera como los humanos adquieren, aplican, transfieren conocimientos sobre el mundo; los procesos de planeación, ejecución y evaluación de planes de acción; las formas de comportamiento del hombre con los demás y ante la máquina, etc.

En el desarrollo de la IA se suelen distinguir cuatro etapas. La primera corresponde a los años 50; es la etapa de nacimiento; se caracteriza por un exagerado optimismo de los investigadores, quienes, sin haber percibido en su exacta medida la enorme dificultad de los problemas que encaraban (la traducción automática (TA), el reconocimiento del habla, etc.), pronto se encontraron con el descrédito debido a los múltiples fracasos. La segunda, decenio de los años 60, es la etapa de despegue; aparecen múltiples programas y algunos resultados significativos. La tercera corresponde a una explosión de trabajos que permiten establecer las bases de la IA actual en lo relacionado con la representación del conocimiento y el razonamiento, los sistemas expertos, la irrupción de la pragmática, la comprensión del lenguaje natural y la robótica avanzada. La cuarta, década de los 80, está relacionada con el ingreso de la IA a la vida económica, gracias a realizaciones prácticas, y a un creciente número de proyectos investigativos (Haton, 1991: 12-13).

1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA COMPUTACION EN LA IA

Las características esenciales de la IA están relacionadas básicamente con el tipo de información que manipula, los procedimientos metodológicos que sigue en la solución de problemas, la forma de adaptarse a las situaciones y el tipo de lenguajes de programación. La informática clásica fue desarrollada casi exclusivamente para operar con información discreta o discontinua, que por naturaleza es exacta y precisa; los computadores con que opera fueron concebidos para realizar cálculos numéricos. Por el contrario, la tecnología de IA manipula información mucho más simbólica que numérica. La información con que opera la IA está más relacionada con objetos, hechos, conceptos y reglas; es más semejante a la que habitualmente tiene en cuenta un ser humano cuando razona. Los computadores tradicionales rinden resultados muy pobres o se adaptan mal al procesamiento de datos simbólicos. Mientras

que en la informática clásica es común caracterizar la potencia de un computador en millones de operaciones realizadas por segundo, para la IA esta medida tiene poco interés; a menudo se prefiere hablar del número de inferencias lógicas realizadas por segundo.

Mientras que la computación tradicional sigue procedimientos algorítmicos, la IA sigue particularmente procedimientos **heurísticos**. Un procedimiento algorítmico es el arreglo determinístico y exhaustivo de la secuencia de operaciones que aseguran llegar a la solución de un tipo dado de problemas. Un procedimiento heurístico es un procedimiento no determinístico de búsqueda; puede o no dar con la solución deseada. Mientras que del seguimiento de un procedimiento algorítmico conclusivo, es decir, el que siempre termina, puede esperarse que en un número finito de pasos se llegue a la solución esperada, del seguimiento de un procedimiento heurístico no siempre puede esperarse lo mismo; este puede fracasar. Cuando esto ocurre, el procedimiento consiste en volver atrás y ensayar otras soluciones, de manera similar a como procede el ser humano. La clave de un procedimiento heurístico, a menudo, consiste en hacer una poda del conjunto de posibles formas de solución al problema, para luego abordar únicamente las que parecen o son valoradas como las más promisorias. De esta manera, cuando todo marcha bien, se logra una aproximación a la solución del problema con una gran economía de tiempo y de cálculo. Los procedimientos heurísticos permiten abordar problemas que no pueden ser tratados algorítmicamente, como la toma de decisiones.

Al igual que del ser humano, de la tecnología de la IA no se espera siempre un desempeño necesariamente óptimo, sino una solución **satisfactoria**, lo suficientemente buena para hacer el trabajo. Generalmente se equipara una solución computacional con una solución precisa y exacta. Pero esperar tal solución es únicamente válido en la informática clásica, la cual opera con datos numéricos que por naturaleza son precisos y exactos. Con las técnicas de la IA no puede esperarse tal resultado, entre otras razones porque los datos de entrada pueden ser imprecisos, contradictorios o incompletos. El nivel de exactitud y precisión logradas deriva de la calidad y cantidad de conocimientos con que se enfrente el problema (Rolston, 1990: 20-21).

Quizá el rasgo más fascinante de la IA, que es el fundamento de la potencia de su tecnología y que la diferencia de las formas tradicionales de computación, es su capacidad para abordar problemas complejos mediante la aplicación de conocimientos y el desarrollo de procesos de inferencia (Rolston, 1990: 1). El conocimiento y la posibilidad de desarrollar procesos de inferencia a partir de conocimientos formalizados constituyen la piedra angular del edificio de la IA y el fundamento de la potencia de sus técnicas. Utilizando una metáfora, mientras la informática clásica actúa mediante instrucciones de cumplimiento riguroso, esto es, procedimientos algorítmicos, la IA, como el ser humano, actúa más por conocimientos que por instrucciones. Las técnicas de la IA se acercan más al desempeño del ser humano, quien en la solución inteligente de problemas actúa más por conocimientos que por instrucciones.

Otra característica de las técnicas de la IA es la posibilidad de acomodarse a situaciones cambiantes y adecuarse a datos conflictivos, es decir, inseguros, incompletos o inexactos. Por ejemplo, problemas de diag-

nóstico, de la gestión empresarial, etc. En estas condiciones, aunque el problema no quede totalmente resuelto, los resultados son eficaces en cuanto permiten evidenciar técnicas de razonamiento muy aproximativo y no monótono. Por último, también se puede añadir como característica de la IA el abandono definitivo de la pretensión de estructurar procedimientos de solución para toda clase de problemas. Así como en la práctica concreta el ser humano siempre se enfrenta con problemas específicos de una determinada área, la IA se preocupa por concebir mecanismos para resolver problemas complejos, propios de un campo determinado. No es de esperar, entonces, por ejemplo, un mecanismo de Traducción Automática (TA), para todo tipo de textos, sino mecanismos de traducción para textos de áreas específicas del conocimiento.

Mientras los lenguajes de computación de la informática tradicional son de base sintáctica, los lenguajes de computación en la IA son de fundamentación, particularmente lógico-semántica. Uno de estos lenguajes es el PROLOG (lenguaje de programación lógica), el cual se fundamenta en el formalismo de la lógica de predicados. A su vez, la lógica de predicados es el formalismo en que se apoya el modelo de la Gramática de Casos. Este hecho permite reconocer una proximidad entre los formalismos de base de la descripción lingüística, la representación de los conocimientos y la programación.

Con respecto al rol que desempeñan las gramáticas de casos en el contexto de la IA, Carré y otros precisan: "Le modèle des grammaires de cas de Charles Fillmore a eu une grande influence sur les travaux en intelligence artificielle" (Carré, et al., 1991: 48). Dada su orientación semanticista, se ha considerado la gramática de casos como el modelo gramatical que más se adecua a las necesidades de la descripción de la estructura de la oración, la formalización de los conocimientos semántico-pragmáticos y, por ende, para la manipulación del sentido en la perspectiva del tratamiento automático del lenguaje natural. "Cette avancée vers la sémantique fut accentuée avec les grammaires de cas proposées par Charles Fillmore. Ces grammaires présentent deux avantages fondamentaux qui expliquent leur influence sur les travaux d'intelligence artificielle. Le premier est d'offrir un modèle de la structure profonde d'une phrase où la sémantique joue un rôle essentiel [...] "La théorie chomskienne des langues naturelles achoppe par ailleurs lourdement sur la formalisation du sens" (Idem: 60-49).

Para poder acomodarse a situaciones cambiantes, las técnicas de la IA aplican recursos provistos por las lógicas modales, entre ellas las lógicas no monótonas. **Grosso modo**, un razonamiento monótono es aquél en el cual una vez que se le ha asignado a una proposición un determinado valor de verdad (verdadera o falsa), tal proposición conserva dicho valor a lo largo de todo el proceso de inferencia. Un razonamiento no monótono es aquél en el cual una proposición valuada inicialmente, por ejemplo, como verdadera, puede revelarse como falsa en cuanto se tengan en cuenta nuevos conocimientos, o se confirmen o se completan otros conocimientos. Por así decirlo, en la lógica no monótona, una aseveración es verdadera hasta cuando se demuestre lo contrario. Si se advierte que una proposición cambia de valor, entonces se pone en discusión su veracidad y todos los conocimientos que de ella pudieron derivarse.

1.2. CAMPOS DE ACCION

Los campos de aplicación de la IA son muy variados; sin embargo, es posible agruparlos en cinco: a) las matemáticas, b) el procesamiento automático del lenguaje natural (oral y escrito), c) la interpretación de imágenes, d) la robótica y e) los juegos. Los problemas de estos campos tienen en común varios riesgos: a) no son solucionables algorítmicamente, o tal solución no es deseable; b) además de ser complejos, se integran en un campo restringido y bien delimitado; c) tienen un dominio que es o puede ser cambiante o dinámico; d) existe para ellos una gran cantidad de formas explorables de solución. Con respecto a su solución, tales problemas requieren: a) una implementación de procedimientos heurísticos; b) la puesta en acción de una gran cantidad y variedad de conocimientos, eventualmente incompletos e inciertos; c) la utilización de métodos generales de razonamiento; d) el desarrollo de técnicas de interpretación y procesamiento de información, tanto continua como discontinua, como la contenida en escanografías, espectrogramas, etc., pues el cálculo simbólico prima sobre el numérico. En términos generales, los problemas abordables mediante las técnicas de la IA son aquéllos que el hombre no puede resolver fácilmente, o en un tiempo razonable, pero que son completamente formalizables (Haton, 1991: 93).

De acuerdo con Singh, la IA se ocupa de los juegos por varias razones: a) en la mayoría de ellos el problema está bastante definido, tanto en los posibles movimientos como en la meta última; b) la tarea de ganar el juego puede ser descrita sin ambigüedades; c) la situación no es ni tan sencilla como para que resulte trivial, ni tan compleja como para que esté fuera de la capacidad del computador, que la tecnología actual puede construir; d) la teoría de los juegos provee nuevos enfoques a cuestiones aún no resueltas. En este sentido, los computadores con que se juega no son sólo juguetes, sino instrumentos que permiten reconocer procedimientos técnicos que tienen aplicaciones muy útiles. Enfrentando en el juego una computadora con un jugador humano se tiene una buena medida sobre la habilidad de la máquina para simular el tipo particular de inteligencia que mecaniza (Singh, 1982: 275).

No cabe duda de que el Procesamiento automático del Lenguaje Natural (PLN), cae genuinamente dentro del campo de problemas abordados por la IA. La lingüística es una de las ciencias cognitivas por excelencia; de hecho, el lenguaje natural es el sistema más genuino de representación del conocimiento; se ocupa de explicitar, mediante la formulación de reglas, tanto el sistema de conocimientos que son el fundamento de la competencia lingüística, como el sistema de conocimientos que son el fundamento de la competencia comunicativa. Siempre se ha considerado la lingüística moderna como una rama de la psicología cognitiva, ya que, de acuerdo con Chomsky, trata de descubrir una realidad mental subyacente a la conducta (Chomsky, 1970: 6). Problemas como los relacionados con la traducción automática y el procesamiento del habla (síntesis, análisis y reconocimiento), se caracterizan por que: a) no son siempre algoritmizables, y por tanto exigen la implementación de mecanismos heurísticos, acordes con situaciones cambiantes; b) sólo son solucionables en virtud del desarrollo de procesos de inferencia, en

los cuales es necesario hacer intervenir una gran cantidad y variedad de conocimientos (temáticos, lingüísticos, contextuales, culturales, psicosociales, etc.); c) no siempre se dispone de datos exactos y, por tanto, requieren un tratamiento tolerante de los fenómenos cambiantes; d) la información de base, no siempre es accesable en forma discreta, sino en forma de cadenas de sonidos, gráficas, espectrogramas de sonido, etc. A continuación reseñamos la estructura de los Sistemas Expertos (SE), pues son un ejemplo de los sistemas de computación utilizados en la IA.

1.3. LOS SISTEMAS EXPERTOS

Un SE es un conjunto estructurado de programas de computación diseñados para solucionar problemas complejos. De un SE estándar destacamos las siguientes características: a) es una muestra de la tecnología de la IA, que, por naturaleza, se basa en conocimientos. El conocimiento constituye la piedra angular del edificio de la IA, y el fundamento de la potencia de sus técnicas; b) opera mediante la explotación de un conjunto exhaustivo de conocimientos y la simulación de procesos de inferencia. La eficiencia con que se desempeña deriva de la cantidad de conocimientos específicos relativos al problema en cuestión con que se programe; c) está destinado para solucionar solamente una determinada clase de problemas, o que pertenecen a un área específica. Así como del experto humano se espera un alto grado de perfección y eficiencia en la solución de problemas de un campo específico, y que a él enfoque todas sus capacidades cognoscitivas, del mismo modo se destina un SE, para resolver problemas que pertenecen a un campo específico.

En la ejecución de los programas de un SE intervienen básicamente dos personas, o tipos representativos de personas: el experto y el ingeniero de conocimientos (IC). Los dos trabajan en estrecha colaboración en la estructuración y perfeccionamiento del sistema de almacenamiento de conocimientos. El experto es la persona que domina todo el conjunto de experiencias y conocimientos referentes a la especialidad, a la cual pertenece el problema. El IC, es el profesional de la informática cuya tarea fundamental consiste en hacer funcionar el computador mediante su adecuada programación; sus actividades están relacionadas, por una parte, con la representación del conocimiento proporcionado por el experto; por otra, con la estructuración de cada una de las partes del SE, de tal modo que sea posible el desarrollo de procesos automáticos de razonamiento; en cierto modo actúa como intermediario entre el experto y el computador. De los programas estructurados por el IC se espera que integren todos los conocimientos pertinentes al problema, las técnicas de análisis heurístico, los procedimientos de inferencia lógica, los mecanismos de procesamiento de datos y las formas de explicar su propio razonamiento. Aunque la arquitectura de un SE es objeto de debate, normalmente se lo considera constituido por cuatro componentes básicos: a) un sistema de almacenamiento de conocimiento, b) un sistema de medios de actualización de conocimientos, c) un sistema de explicación y d) un interfaz del usuario.

1.3.1. EL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CONOCIMIENTOS

Constituye el corazón del SE; su función consiste en almacenar confiablemente los conocimientos del experto de tal modo que sean fácilmente aceptables, procesables, recuperables y actualizables por la máquina en los procesos de inferencia; está constituido por una base de conocimientos y un motor de inferencias.

La base de conocimientos puede ser entendida como la organización del conjunto de conocimientos sobre los hechos relacionados con las distintas facetas del problema (o tipo de problemas) para el cual se destina el SE. Una base de conocimientos se diferencia de una base de datos clásica, en que mientras que de ésta solamente se puede extraer información que fue explícitamente incluida, una base de conocimientos es una memoria de trabajo que continuamente se enriquece con nuevos datos derivados de los procesos de inferencia realizados por el SE.

Por conocimiento se entiende todas las formas de saber del hombre: juicios, proposiciones, generalizaciones, estrategias de acción, procedimientos de razonamiento y heurísticos, confianza en los conocimientos, conocimientos sobre los conocimientos, etc. (Haton, 1991: 53). Los conocimientos pueden ser específicos, generales, profundos, superficiales, inciertos, imprecisos, incompletos, etc. Para efectos de la estructuración de una base de conocimientos se distinguen básicamente dos tipos de conocimientos: los factuales y los procedimentales.

Los conocimientos factuales son aquéllos que hacen referencia a hechos permanentes o estados de las cosas; permiten responder a preguntas como ¿qué es algo? Los conocimientos procedimentales hacen referencia al 'saber hacer', a procesos invariables, mediante los cuales se sortean situaciones o se resuelven problemas. Por ejemplo, 'Si trabajas en vacaciones, podrás costearte los libros'. Un tipo especial de conocimientos procedimentales son los conocimientos heurísticos. Estos conocimientos hacen referencia a pautas generales de eventos, que se pueden seguir cuando no existen disponibles reglas de procedimiento invariables; son producto de la experiencia; por ejemplo, 'A donde fueres, haz lo que vieres'; contribuyen grandemente a la potencia y flexibilidad de los SE y son base para la aplicación de conocimientos detallados.

No existe ni una técnica aceptada universalmente como la mejor para la representación de los conocimientos, ni tampoco una teoría para evaluar cualquiera de ellas. Un esquema puede ser muy productivo para un determinado problema, pero puede ser de escaso rendimiento para otro. El tipo de esquema seleccionado para la representación del conocimiento condiciona la estructura del motor de inferencia, la forma de los procesos de actualización y explicación de las deducciones, y la eficiencia global del sistema. Por lo general, los conocimientos factuales se representan en forma declarativa, es decir, mediante fórmulas primitivas de la lógica de predicados, junto con una información sobre la manera de emplear el conocimiento representado. Se utiliza la lógica de predicados, pues ésta se adapta al razonamiento exacto y permite introducir nuevas variables y su respectiva cuantificación. Los conocimientos procedimentales se representan mediante reglas de la forma **Si P, entonces Q** ($P \rightarrow Q$); donde, el antecedente (P) indica las condiciones que deben

cumplirse o la situación que debe darse como requisito para que el consecuente (Q) sea verificado, se pueda extraer una conclusión, se realice una acción, etc. En su conjunto, describen los procedimientos para utilizar los conocimientos en forma dinámica, con poca memoria y directamente como hechos. En la práctica, ambos tipos de esquemas se complementan. De todos modos, la representación de los conocimientos, ya de manera declarativa, ya de manera procedimental, es mucho más natural que cuando se codifican en forma de un algoritmo (Rolston, 1990: 32-33).

Una limitación de la lógica de predicados es que es esencialmente apofántica, asertórica y bivalente; los enunciados son verdaderos o falsos, sin discusión; no permite apreciaciones matizadas, ni permite tomar decisiones cuando se parte de información incompleta (contrariamente a la capacidad del hombre de razonar por defecto), ni facilita la representación de conocimientos procedimentales. Para obviar estas limitaciones de la lógica clásica, la IA ha integrado también algunos aportes de la lógica modal, no clásica, por ejemplo, de las lógicas polivalentes, y de las lógicas no monótonas. Estas lógicas son un fundamento de flexibilidad, pues permiten acomodarse a situaciones cambiantes, desarrollar razonamientos corrientes, no matemáticos y tratar conceptos "difusos". Con base en la lógica polivalente, ya no se opera únicamente con enunciados que son falsos o verdaderos a secas, sino caracterizables a partir de una gama de valores que indican la proporción en que una proposición es falsa o verdadera. La lógica modal establece mecanismos mediante los cuales se precisa cómo deben ser considerados los hechos: necesarios, posibles, contingentes, etc. (Carré, et al., 1991: 63).

El motor de inferencia es un mecanismo diseñado para manipular la base de conocimientos, y activar procesos de razonamiento en una situación de consulta; esto es, es un mecanismo para ubicar los conocimientos y a partir de ellos deducir otros nuevos. La capacidad del SE, para responder a situaciones cambiantes deriva de la eficiencia en el desarrollo de procesos de inferencia. Vistos en la perspectiva de la lógica formal, la base de conocimientos y el motor de inferencia, constituyen una entidad análoga a un cálculo. La separación entre la base de conocimientos y el mecanismo de razonamiento es total. Gracias a esta independencia es posible actualizar la base de conocimientos, sin tener que modificar necesariamente el mecanismo de razonamiento.

Puede parecer extraño que se hable de un autómatas que realice procesos de inferencia; pero para quien está familiarizado con el espíritu y contenido de la lógica formal es claro el carácter mecánico de la demostración y su afinidad con un algoritmo: a) por definición, la lógica es la ciencia de los principios de la inferencia formalmente válida; es la ciencia de la demostración; b) como ciencia de la demostración, la lógica busca estructurar sistemas (cálculos, sistemas axiomáticos, sistemas combinatorios, etc.), mediante los cuales es posible establecer la validez de un razonamiento, o la verdad de un conocimiento; c) la lógica formal favorece el seguimiento de procesos mecánicos en la obtención de la respuesta a un interrogante, a partir de un sistema de conocimientos formalizados. La descripción formal de los conocimientos y la formalización de los mismos están orientadas a la realización de procesos automáticos; d) la lógica moderna es ante todo el destierro de la intuición del reino del campo de la lógica, y del campo de la reflexión científica. En lugar de

la intuición, la formalización; y la formalización supone la explicitación de todo el desarrollo deductivo, la programación de todo el curso de la demostración: "el punto de partida, del término de la demostración de los pasos intermedios" (Deaño, 1983: 124). De hecho, una de sus tareas principales es proveer mecanismos para la deducción ordenada, exacta y precisa; es así como la teoría de algoritmos es un área esencial de la lógica matemática.

La lógica formal, en cuanto ciencia de los fundamentos del razonamiento exacto y preciso, tiene como tarea principal proveer mecanismos (formalismos sintácticos y semánticos) mediante los cuales un autómata puede realizar procesos de inferencia, solucionar problemas y, tratándose de manipulación de conocimientos, responder adecuadamente a situaciones específicas. Así como en un sistema formalizado, demostrar una proposición es mostrar como tal proposición se deriva de otras proposiciones cuya validez ya está constatada, demostrar un conocimiento es mostrar que tal conocimiento está construido a partir de los demás conocimientos del sistema.

La demostración es una secuencia de pasos orientada a establecer la validez de una proposición mediante la aplicación ordenada, rigurosa y mecánica de un conjunto de reglas de inferencia a un conjunto de axiomas o teoremas ya demostrados. Un algoritmo es una secuencia de instrucciones destinada a la solución de un problema o la realización de un proceso. Tales instrucciones deben ser tan exhaustivas, explícitas y coherentemente ordenadas, que deben ser ejecutadas por un autómata que no está en capacidad de intuir nada. El seguimiento mecánico de las instrucciones en procura de una respuesta es la esencia de todo algoritmo. Tanto la demostración como el algoritmo conclusivo son conceptos que se definen como procesos que siempre terminan y que se realizan con una finalidad: la verificación de una hipótesis, en la demostración; la solución de un problema, o la realización de algo, en el algoritmo. Tanto la demostración como el algoritmo son definitivos.

1.3.2. EL SISTEMA DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS

Es un mecanismo diseñado para captar y sistematizar nuevos conocimientos y así enriquecer constantemente la base de conocimientos. La actualización de conocimientos puede ser realizada por el experto directamente, por el IC quien interpreta la información ofrecida por el experto, o por el sistema mismo a partir de las inferencias realizadas. Puesto que la habilidad para aprender es un componente importante de la inteligencia, los investigadores de las ciencias de la cognición concentran sus esfuerzos en el estudio, descripción y formalización de los procesos de aprendizaje y de adquisición automática de conocimientos. Como la descripción del mundo es una tarea potencialmente infinita, en la medida en que los computadores sean capaces de aprender de las experiencias sólo será necesario administrarles los conocimientos iniciales para que a partir de ellos deduzcan otros de acuerdo con su funcionamiento (Carré, et al., 1991: 50).

1.3.3. EL SISTEMA DE EXPLICACIONES

Como referíamos antes, una preocupación de la lógica moderna es el destierro de la intuición; a cambio de la intuición, la explicitación de todo el desarrollo deductivo. Como en la vida real, del experto se espera que dé respuestas satisfactorias y que además esté en capacidad de explicar el razonamiento que lo condujo a ellas. De igual manera, de un SE se espera que esté en capacidad para explicitar los pasos seguidos y su justificación en el proceso de inferencia. La capacidad de explicar su propio razonamiento es un fundamento de la credibilidad que se le concede a un SE.

El sistema de explicaciones de un SE es la materialización de uno de los rasgos esenciales de la lógica formal en cuanto instrumento para la manipulación del conocimiento: su carácter reflexivo. Este rasgo de la lógica formal se entiende de dos modos: a) la lógica es la ciencia de la deducción formal y a la vez es una ciencia que se rige por los mismos principios que estudia; es la ciencia de la deducción y, a la vez, es la disciplina deductiva por excelencia, pues pretende deducirse con todo rigor a partir de un número reducido de axiomas y mediante el menor número posible de reglas; b) se presenta como un cálculo o sistema acumulado de cálculos y, a su vez, es una teoría sobre la construcción de cálculos, incluso de aquéllos que ella misma construye; es una teoría sobre la construcción de cálculos y es el resultado de interpretar los cálculos por ella misma contruidos (Deaño, 1983: 130).

1.3.4. EL INTERFAZ DEL USUARIO

Es un mecanismo que acepta información de parte del usuario y la traduce a una forma aceptable para el resto del sistema, por una parte; por otra, recibe la información proveniente del sistema y la traduce de tal forma que pueda ser comprendida por el usuario. Idealmente, este mecanismo integra un procesador de lenguaje natural que acepta y devuelve información del mismo modo que un experto humano recibe y ofrece información. La comunicación de información en lenguaje natural por parte de la máquina es una aplicación de los resultados del PLN, consistente en poder generar textos a partir de estructuras de datos. Aunque en la actualidad no existen sistemas que reproduzcan la potencia global del lenguaje humano, existen sistemas que han producido resultados impresionantes mediante la utilización de subdominios restringidos del lenguaje natural (Rolston, 1990: 6-11).

Nos hemos ocupado someramente de la presentación de las principales partes de un SE, porque es una muestra de los recursos de que dispone la IA para abordar el problema del PLN. Además, el conocimiento de su arquitectura permite reconocer el lugar y el papel del lenguaje natural en esta tecnología. No es gratuito afirmar que el lenguaje natural adquiere una importancia cada vez más creciente en la informática moderna, ya como objeto de estudio en sí, ya como instrumento de la interacción.

2. LINGÜÍSTICA E INFORMÁTICA

La informática moderna se articula fundamentalmente en tres dimensiones, cada una en rápida evolución: es una disciplina científica, una tecnología y una industria. De acuerdo con Hermes, la informática está constituida por un vasto conjunto de teorías y técnicas científicas, que van desde la matemática abstracta hasta la ingeniería, y la gestión administrativa y cuyo objeto es el diseño y uso de los computadores electrónicos (Hermes, 1984: 11). Como disciplina científica, la informática cubre los aspectos relacionados con la investigación de técnicas de programación, el diseño de dispositivos lógicos de computación, el almacenamiento de la información, etc.

La dimensión tecnológica de la informática es el resultado de la acumulación de los logros obtenidos en la dimensión investigativa; está dinamizada por el desarrollo industrial y la comercialización; es quizá el aspecto más representativo de nuestra época; se ocupa de la producción de una gran variedad de máquinas que amplían la potencia manual e intelectual del hombre en la solución de todo tipo de problemas: rutinarios, tecnológicos y científicos, etc. En este aspecto, apoyada en la explotación de sus propios descubrimientos, la informática no cesa de invadir nuevas dimensiones de la vida profesional y cotidiana, ni de batir sus propios récords. Por sus progresos, la informática se ha convertido en un campo de sueños, y en un campo donde los sueños más rápido se hacen realidad; son tan sorprendentes los bienes y servicios que ofrece, que no dejan de suscitar en el hombre medio cierto pensamiento mágico. La industria de la informática está dinamizada por la producción de máquinas lógicas y electrónicas, el mercadeo de los productos, el rápido consumo, el mantenimiento de bienes y servicios, la asesoría a los clientes, etc. Es también el fundamento tecnológico de las industrias de las comunicaciones y de la edición (Carré, et al., 1991: 9-10).

2.1. LA PROYECCION DE LA LINGÜÍSTICA EN LA INFORMÁTICA

En torno a la importancia de la proyección de la lingüística en el campo de la IA, se puede plantear que tal proyección es para el lingüista: a) una forma de reafirmarse en los puntos de referencia ya adoptados y, en algunos casos, familiarizarse con otros nuevos con respecto a su objeto de estudio de siempre, el lenguaje natural. Por ejemplo, la formalización, la condición *sine qua non* de la computación, se convierte en el norte de la descripción lingüística; b) una motivación para reconocer la necesidad de abordar el estudio del lenguaje en una nueva línea de investigación y de aplicación sin desmedro de las líneas ya establecidas; c) una manera de disponerse a una mejor comprensión de las posibilidades de desarrollo de la investigación y de la aplicación de la lingüística, de acuerdo con los progresos y desarrollos de la informática moderna; d) una oportunidad para reconocer que los esfuerzos investigativos ya no se orientan sólo al estudio del lenguaje en cuanto el vehículo de la comunicación, sino también como el sistema más genuino de representación del conocimiento; e) una forma de persuadirse de que no puede

desligarse de las necesidades tecnológicas de la época; de que está en mora de asumir con respecto al estudio del lenguaje natural las responsabilidades que le imponen los desarrollos de las ciencias cognitivas, so pena de convertir su área de estudio en una disciplina aislada, fragmentaria y anacrónica. De hecho, la informática ya ha llevado a un primer plano los problemas relacionados con el procesamiento automático del lenguaje natural.

Con respecto a la ubicación de la lingüística en la IA, vale tener en cuenta que la IA es una ciencia interdisciplinaria. Con la ubicación en esta área: a) la lingüística obtiene carta de ciudadanía en el contexto de la investigación interdisciplinaria, promovida por las necesidades y exigencias de la tecnología moderna; b) se explicitan y refuerzan mejor las relaciones de la lingüística con las demás ciencias de la cognición; c) se amplía al campo de investigación y de aplicación de la lingüística, pues la lingüística computacional se convierte en un campo de pruebas, no sólo de la lingüística general, sino también de otras disciplinas; d) a la par con el desarrollo de las industrias de la informática y de la lengua surgen y se desarrollan las llamadas industrias de la lengua, de las cuales surgen nuevas tareas y profesiones.

Son varias las dificultades y estereotipos con que se choca en la preocupación por salvar el hiato entre los desarrollos de la lingüística y de la informática. Es de anotar que: a) es notoria la ausencia de actividades programáticas, que permitan una interacción de los docentes y estudiantes de las áreas en cuestión; por ejemplo, en el área del estudio de lenguas la atención de docentes y discentes gravita particularmente sobre las disciplinas humanísticas de mayor trascendencia social, o de aplicación más inmediata como: a) la textolingüística, la sociolingüística, la psicolingüística, la etnolingüística, la didáctica de las lenguas, la estilística y la terapia del lenguaje; b) con frecuencia se considera la participación del lingüista en proyectos de investigación relacionados con la informática como un indicio de confusión de su identidad profesional; c) se piensa que el lingüista que quiera incursionar en la lingüística computacional, primeramente debe convertirse en ingeniero, o al menos en técnico en programación; d) se considera que el mundo de las matemáticas y el mundo del lenguaje son muy diferentes, y quizá antagónicos; que una cosa es el mundo del cálculo y de los números, y otra muy distinta, el de las letras; e) no siempre se entiende bien el sentido de la lingüística y su relación con sus áreas de estudio. Algunos estudiosos de la matemática y de la informática, por lo general, asocian lo lingüístico con lo filológico, lo normativo, lo etimológico o lo estilístico, etc. Recíprocamente, para quienes se están iniciando en la lingüística, lo matemático lo asocian meramente con lo aritmético o lo cuantitativo; f) cuando se admite la posibilidad de interrelacionar la lingüística y la informática, muchos lingüistas (quizá por una carencia de bases lógico-matemáticas) conceptualizan tal proyecto como una pretensión por matematizarlo (complicarlo) todo, o como un acto de imperdonable irreverencia al tratar de deshumanizar, en aras de la formalización, lo que es la más cara síntesis de la condición humana, el lenguaje.

Ante esta situación, se puede argüir que la integración de algunos dominios de la lingüística y de la informática es posible por cuanto:

a) Tanto la lingüística, como la informática comparten algunos fundamentos como la teoría de la recursividad, la teoría de las gramáticas generativas y la teoría de autómatas, etc.; por tanto, los lenguajes de que se ocupan se fundamentan en los mismos procesos. La lingüística y la matemática se identifican no en una dimensión cuantitativa, o aritmética, sino formal o algebraica. Esto hace que las relaciones entre lingüística e informática no sean de servidumbre, sino de complementariedad y de una constante interfertilización. De hecho, la teoría de las gramáticas generativas desarrollada por Chomsky es uno de los pilares de la informática. Por otra parte, a fin de describir y explicar en forma precisa la competencia lingüística, la lingüística moderna ha asimilado el resultado de algunas investigaciones realizadas en el ámbito de la lógica matemática y en los fundamentos de las matemáticas. En este sentido, la teoría de la recursividad, una rama de la lógica matemática, se ha convertido en un puente entre la matemática y la lingüística.

Con la nueva comprensión de los mecanismos recursivos y de la naturaleza de los algoritmos desarrollada en los últimos treinta años, es posible retornar al estudio del aspecto creativo del uso del lenguaje e intentar formular, de manera precisa, los mecanismos que cada lengua pone a disposición del hablante para el uso libre e independiente de su lengua (Chomsky, en prólogo a Gros y Lentini, 1967).

b) La orientación de la informática hacia el lenguaje natural obedece al objetivo de poner en contacto al gran público con los bienes y servicios de la tecnología de la computación y, obviamente, la forma más adecuada de cumplir con este cometido es construir computadores que acepten, procesen y operen con el lenguaje natural. Éstos son los llamados computadores de 5ª generación. "La utilización de una lengua natural para interactuar con una máquina representa, en verdad, uno de los desafíos mayores de la IA, y puede esperarse que el procesamiento del lenguaje natural adquiera una importancia creciente en el terreno de la informática" (Haton, 1991: 109). De otra parte, la orientación de la lingüística hacia la informática obedece a que ésta provee al lingüista de recursos teóricos y técnicos necesarios para validar, refutar y modificar (mediante la simulación) sus hipótesis formalizadoras sobre la estructura y funcionamiento de la lengua; se concibe el computador como el soporte más adecuado para poner a prueba los modelos de la lengua y los modelos del ser humano parlante. La orientación de la lingüística hacia la informática es, entonces, una forma de posibilitar el progreso de la investigación lingüística mediante el progresivo afinamiento de los conocimientos sobre los distintos dominios del lenguaje (Carré, et al., 1991: 30).

c) La participación en la investigación interdisciplinaria no es ni pérdida de identidad profesional, ni una forma de evadir responsabilidades, sino la oportunidad para adentrarse en un proceso de interfertilización de las disciplinas que entran en contacto y para persuadirse mejor de las responsabilidades propias de su área de estudio. La identidad del lingüista siempre estará referida al análisis de la estructura, funcionamiento, funciones y usos del lenguaje natural. Por otra parte, si bien la informática ha fijado parte de su identidad y razón de ser en el Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN), esto no quiere decir que haya

perdido su identidad; sencillamente se ha dispuesto a asumir los retos que le plantean sus propios desarrollos y las necesidades de nuestra época. Por último, la investigación interdisciplinaria es un proceso de continua interacción de saberes. La interacción de la lingüística y la informática en torno al lenguaje no está dirigida por ninguna de estas disciplinas en particular, sino por otra de mayor alcance integrador, la Inteligencia Artificial.

De acuerdo con lo anterior, la integración de la lingüística y la informática no deriva ni de una pérdida de la identidad profesional, ni de una preocupación gratuita de complicar el estudio del lenguaje; ni es una aventura de la lingüística; sino que es una necesidad científica y tecnológica de nuestra época. Además de la importancia que les corresponde a disciplinas como la textolingüística, la sociolingüística, la psicolingüística, la etnolingüística, la didáctica de las lenguas y la terapia del lenguaje, el lingüista también debe asumir una actitud que propicie y dinamice la conciencia de una necesaria interrelación entre lingüística e informática.

2.2. LA LINGÜÍSTICA COMPUTACIONAL

Si la IA es el resultado del desarrollo de la informática, la lingüística computacional es el resultado de la integración de la informática con la lingüística. A su vez, la lingüística computacional es un área interdisciplinaria cuyo principal objetivo es especificar una teoría sobre la producción y comprensión del lenguaje natural, tan definida y exhaustiva que sirva de base para diseñar modelos computables, y a partir de éstos sea posible escribir programas mediante los cuales un computador pueda producir y comprender lenguaje natural. El objeto de estudio de la lingüística computacional es entonces la competencia lingüística y el conjunto de factores que determinan la actuación lingüística.

Son líneas de principal interés de la lingüística computacional:

a) El análisis de los componentes (y su respectiva interacción), fonético-fonológico, morfológico, sintáctico y semántico.

b) El análisis de la manera como los usuarios de una lengua producen e interpretan enunciados.

c) La construcción de sistemas de representación del conocimiento que sirvan de base para el análisis pragmático que dé cuenta de cómo el contexto determina la interpretación de los enunciados.

d) La modelización de los procesos de inferencia.

e) La especificación de algoritmos de **parsing** (análisis sintáctico) y el estudio de sus propiedades computacionales.

f) La construcción de interfaces en lenguaje natural para la consulta de bases de datos.

g) El diseño de técnicas de análisis tolerantes que acepten los errores, datos incompletos, redundancias.

h) La construcción de sistemas de traducción automática, de análisis y de generación de textos.

i) La construcción de sistemas de comprensión del habla, y

j) La construcción de sistemas de instrucción asistida por computador, etc.

Teniendo en cuenta las anteriores líneas de interés, se deduce que el desarrollo de la lingüística computacional tiene dos motivaciones: una cognoscitiva, compartida por las ciencias cognitivas, y otra tecnológica. Desde el punto de vista cognitivo, la lingüística computacional es el estudio del lenguaje natural realizado con el fin de lograr una mejor comprensión de la manera como los seres humanos se comunican mediante él; desde el punto de vista tecnológico, está orientada a la obtención de conocimientos sobre la manera como los seres humanos procesan el lenguaje a fin de que el computador exhiba un comportamiento lingüístico análogo al de ellos, y el diálogo entre el hombre y la máquina vaya más allá del simple intercambio de frases aisladas (Haton, 1991: 115). Su instrumental técnico es el mismo de la IA: algoritmos, procedimientos de búsqueda, grafos, estructuras de datos, modelos de representación del conocimiento, modelos de representación del proceso de razonamiento, modelos de representación del proceso de aprendizaje, etc. (Allen, 1988: 1-2).

3. EL PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL (PLN)

Procesar algo es tratarlo, adecuarlo o transformarlo a un estado tal que con ese algo sea posible obtener determinados resultados. La razón de ser del PLN deriva del proyecto de construir computadores que acepten el lenguaje natural y operen eficientemente con él; que los enunciados mediante los cuales se desarrolla una interacción comunicativa, puedan ser captados por el computador y éste tenga un comportamiento comunicativo análogo al de un hablante oyente normal. El PLN comienza con la formalización. Sin embargo, como no son los objetos o los procesos los que se formalizan, sino la descripción que se hace de ellos, lo que es objeto de formalización, y consecuentemente, de procesamiento, no es el lenguaje, sino los conocimientos que de él tiene el hablante oyente. Para tratar automáticamente la lengua, primero es necesario conocerla: "*Connaître la langue pour la traiter automatiquement*" (Carré, et al., 1991: 57).

Formalizar una teoría o la descripción de un objeto o proceso es presentarla en la forma de una estructura lógico-matemática: cálculo, sistema axiomático, sistema formal, sistema combinatorio, gramática generativa, etc. Estos formalismos son estrictamente sintácticos. Existen otros esquemas menos formales y más flexibles de carácter semántico, como los marcos, los guiones, las redes semánticas, etc. (Haton, 1991: 61). Formalizar el conocimiento expresado por una oración es presentarlo, por ejemplo, en una fórmula del cálculo de predicados, una red semántica, etc.

Es obvio que los conocimientos que le corresponde formalizar al lingüista no son otros que los relacionados con los componentes de la estructura de la lengua y sus interrelaciones, el funcionamiento, las funciones y los usos del lenguaje, es decir, los que constituyen el contenido de la lingüística general, la fonética, la fonología, la morfología, la sintaxis,

la semántica y la pragmática. En otras palabras, los conocimientos que al lingüista le corresponde formalizar no son otros que aquéllos que capacitan al hablante oyente, para interactuar adecuadamente en las distintas situaciones comunicativas.

Para poder hablar de 'desempeño lingüístico' satisfactorio por parte del computador es necesario que éste exhiba un comportamiento similar al del ser humano parlante, es decir, que desarrolle las inferencias apropiadas a partir de lo que se le dice y, además, le permita al interlocutor realizar las inferencias que habitualmente realiza cuando habla. Conociendo la complejidad del lenguaje natural, cabe preguntarse: ¿cómo es posible que una máquina pueda manipularlo adecuadamente? Si la interacción lingüística se fundamenta particularmente en la captación y manipulación del sentido, ¿cómo es posible que una máquina comprenda el sentido de los enunciados? Ante la expectativa que generan tales interrogantes se podría aducir que:

a) No es que la máquina comprenda estrictamente el sentido de los enunciados y en consecuencia resuelva problemas. No. La máquina trata los enunciados únicamente en función de su forma y de un conjunto de reglas de inferencia o de reescritura y realiza una serie de cálculos hasta dar con el enunciado (o acción), que puede ofrecer como respuesta. En otras palabras, en la medida en que la máquina puede almacenar conocimientos y puede manipularlos para realizar inferencias, en esa medida también puede simular la comprensión del sentido de los enunciados y actuar en consecuencia. La eficiencia de su desempeño deriva de la calidad y cantidad de conocimientos con que se alimenta su memoria, de la funcionalidad y flexibilidad de su organización y de la naturaleza de los dispositivos de deducción con que se programe.

b) El proyecto del PLN se ubica en un campo donde se integra el aporte de las ciencias cognitivas y de la computación. Un postulado de la IA es que los procesos del pensamiento son mecanizables, esto es, que todo lo que el pensamiento percibe como entrada, todo lo que elabora y todo lo que produce o se manifiesta como salida, así como las operaciones realizadas entre la 'entrada' y la 'salida', es simulable por una máquina, aunque ésta no tenga principios de funcionamiento similares a los del cerebro humano (Carré, et al., 1991: 42).

c) Los computadores equipados con la tecnología de IA están habilitados para aprender gramáticas formales, captar y almacenar una gran cantidad de conocimientos (gramaticales, pragmáticos, temáticos, del mundo en referencia, etc.) y realizar procesos de inferencia con ellos. Es decir, están en capacidad de reconocer no sólo la gramaticalidad de los enunciados, sino también de realizar procesos lógicos de inferencia para establecer el sentido de los enunciados con base en las inferencias realizadas a partir de los conocimientos pragmáticos. En función de las gramáticas formales que aprenden, están en capacidad para generar, aceptar y operar con lenguajes formales, PROLOG por ejemplo. Así como existe la gramática española que caracteriza todas las oraciones del español, y nada más que esas oraciones, así también existe la gramática del PROLOG que caracteriza (enumera y acepta), todos los programas de computación en PROLOG. Un programa de computación estructurado con base en una gramática formal, es análogo a una oración caracterizada

por la gramática de una lengua particular. Si además de la gramática formal, por la cual resulta funcional el programa de computación, se le añade la gramática de una lengua particular, el computador podrá procesar gramaticalmente los enunciados de esa lengua. Y en la medida en que el computador esté en capacidad de procesar conocimientos pragmáticos en esa medida estará en capacidad de manipular el sentido de los enunciados de esa lengua.

Con lo anterior queremos destacar que, si bien los conocimientos gramaticales son necesarios para reconocer la gramaticalidad y el significado literal de los enunciados, no son suficientes para reconocer su sentido. Si los conocimientos gramaticales son el fundamento de la competencia lingüística, los conocimientos pragmáticos son el fundamento de la competencia comunicativa, es decir, capacitan a los participantes para desarrollar deducciones adecuadas sobre el contexto y así, por ejemplo, poder mantener una conversación eficiente. No nos detenemos en los conocimientos gramaticales, pues, por una parte, son de la competencia del lingüista. Por otra parte, se estaría expuesto a privilegiar en su presentación un determinado enfoque, contrariamente al espíritu de la lingüística computacional, que como rama aplicada de la lingüística general, se preocupa no tanto por la naturaleza de un conocimiento en cuanto al enfoque teórico o metodológico con que fue obtenido, sino por su funcionalidad y pertinencia para la solución de un problema dado; son las necesidades concretas de aplicación las que determinan la pertinencia de un contenido seleccionado. Por el contrario, nos detendremos someramente en algunos aspectos de los conocimientos pragmáticos, pues, como se sabe, la irrupción de la pragmática fue para la IA una fuente de progresos significativos.

El papel de la pragmática consiste en explicitar los conocimientos intuitivos no gramaticales en función de los cuales los participantes del evento comunicativo (hablante oyente, hombre-computador), logran una adecuada interpretación de los enunciados y, en consecuencia, una interacción satisfactoria por medio del lenguaje natural de acuerdo con la situación y los principios generales del comportamiento social. Los conocimientos pragmáticos constituyen la cultura tácita en virtud de la cual es posible la comunicación; hacen referencia a lo que saben los participantes en torno a los componentes del evento comunicativo; están relacionados con lo que saben los participantes en torno a:

a) **Los participantes mismos.** Este conocimiento les permite a cada uno de ellos reconocer sus capacidades, sus intenciones comunicativas, sus creencias, sus estatus, sus roles, estrategias de interacción, etc., y actuar en consonancia con ellas. El nivel de dificultad seleccionable en algunas máquinas de juegos es un indicador de cómo el conocimiento de las habilidades de la persona que interactúa es fundamental para la interacción eficiente.

b) **El mensaje, sus presuposiciones y sus implicaciones.** La teoría de la información nos enseña que un enunciado no es portador de información por sí mismo, sino por la posibilidad de ser emitido entre muchos otros. El lenguaje funciona como instrumento de la comunicación en cuanto que emisor y receptor comparten una gran cantidad de presuposiciones; que la relevancia de un enunciado deriva de los presupuestos que lo fundamentan y de las implicaciones que suscita. Por esta razón,

la pragmática no se ocupa tanto de enunciados aislados, sino de estructuras mayores, como el diálogo.

c) **El contexto y la situación específica de la interacción.** La noción de contexto es bastante amplia; su umbral inferior está constituido por los enunciados que le suceden o anteceden al texto; su umbral superior es mucho más difuso; está constituido por la situación del evento comunicativo, el mundo a que se hace referencia y, en términos generales, la cultura. Toda interacción verbal está sustancialmente contextualizada; gran parte de los enunciados son elípticos y, por lo tanto, portadores de información lingüística parcial; sin embargo, resultan comunicativamente funcionales porque el contexto, como unidad portadora de la información, aporta la información necesaria para la construcción del sentido. El contexto es un factor de economía lingüística; habla por el hablante y actualiza una serie de supuestos y presuposiciones. Dada la complementariedad necesaria entre la información aportada por los enunciados y la información aportada por el contexto, se define la pragmática como el estudio de las relaciones entre el contexto y el enunciado.

Un lenguaje formal se caracteriza por su total independencia del contexto; es un lenguaje muy restringido en su estructura, su funcionamiento, sus funciones y su uso; sirve para representar conocimientos formales; por ejemplo, una fórmula de la lógica formal representa una ley de inferencia de carácter universal, es decir que es válida en todo contexto; para describirlo basta con explicitar su vocabulario y su sintaxis, razón por la cual es fácilmente mecanizable. Por el contrario, el lenguaje natural se caracteriza por una total dependencia del contexto, del cual derivan su gran flexibilidad y su potencia expresiva; cada uno de sus distintos componentes constituye un sistema estructural y funcionalmente complejo; una lengua es un sistema en el cual se estructura la cultura de la comunidad que la habla, y un enunciado es válido de acuerdo con el contexto donde se actualiza. Bien puede esperarse que en la medida en que un lenguaje formal se asemeje cada vez más al lenguaje natural, mayor serán su potencia, flexibilidad y alcance.

d) **El mundo en referencia y el mundo en general.** Los referentes de los enunciados del lenguaje cotidiano no son referentes en abstracto, sino referentes inmersos en múltiples sistemas de relaciones: cognoscitivas, emotivas, sociales, culturales, etc. A propósito de la traducción automática, ya desde 1964 Bar-Hillel demostró que es imposible procesar automáticamente una frase sin disponer de los conocimientos contextuales y enciclopédicos correspondientes. Un ejemplo de cómo los conocimientos contextuales y enciclopédicos son imprescindibles para la comprensión del sentido de un texto es la cantidad de glosas con que aparecen algunos textos clásicos antiguos. Parece que la filología se haya originado por el interés de los estudiosos, por allegar los conocimientos necesarios para comprender y valorar los textos clásicos. Por algún tiempo el análisis escolar del texto literario casi se agotaba en el estudio de los factores externos en función de los cuales el estudioso se aproximaba a su comprensión y valoración.

e) **Los actos de habla realizados por los participantes y los fundamentos que rigen su coherencia.** Hablar una lengua es una forma del comportamiento social regido por un conjunto de reglas socioculturales que determinan el comportamiento comunicativo de los participantes. En

este sentido, se define la pragmática como el estudio de los distintos actos que realiza el hablante cuando utiliza una lengua en el seno de una sociedad. Como se deduce, los conocimientos pragmáticos: a) llevan a establecer cómo la información aportada por el enunciado se integra en un sistema más amplio de conocimientos; b) ayudan a precisar la representación del mundo de referencia de los enunciados; c) son el fundamento para realizar inferencias conducentes a dar con el sentido de los enunciados concretos; d) ayudan a inferir cómo el contexto influye en el significado literal y cómo conviene modificar este significado para hacer aparecer la significación que depende de la situación (Carré, *et al.*, 1991: 64).

Una fórmula de la lógica como 'aprobar (Juan, año)', representa un enunciado como 'Juan aprobó el año', y referencia a un conocimiento factual. A partir de los conocimientos estructurados en la base de conocimientos sobre, por ejemplo la legislación educativa, el reglamento estudiantil, la institución donde estudia Juan, el horario, los programas escolares, las asignaturas, etc., el computador estará en capacidad de realizar inferencias más completas y responder a otras preguntas como: ¿Juan aprobó el año? ¿Cuándo se gradúa Juan? ¿Tiene disposición para las matemáticas? ¿En una determinada fecha y hora estará Juan en la institución?, etc. En la medida en que el computador está en capacidad de resolver un problema o responder preguntas a partir de un conjunto de conocimientos y la realización de procesos de inferencia, mejor estará en capacidad de manipular enunciados y simular la comprensión de su sentido y, en consecuencia, simular un comportamiento inteligente. Teniendo en cuenta la gran cantidad de conocimientos necesarios y que la descripción del mundo es una tarea potencialmente infinita, se entiende el porqué de la importancia de las investigaciones conducentes a la formalización y modelización de los procesos de aprendizaje.

4. LAS INDUSTRIAS DE LA LENGUA

La preocupación de la tecnología por algunos aspectos del lenguaje natural data de la década de los años 30, cuando profesionales de la ingeniería de telecomunicaciones, y posteriormente de la electrónica, abordaron el problema de cómo aprovechar al máximo un mismo canal para la transmisión de mensajes orales y lograr un máximo de eficiencia en la codificación, transmisión y descodificación de tales mensajes. Obviamente, este problema motivó el estudio de los sonidos del habla con el fin de que, conociendo los rasgos esenciales y eliminando los rasgos no pertinentes y reforzando los estrictamente funcionales, fuese posible decidir procedimientos para una adecuada codificación y descodificación, y aprovechar un mismo canal para transmitir varios mensajes simultáneamente. Dada esta tradición, los conocimientos fonético-fonológicos son los que mejor están formalizados y los que gozan de mayor tradición dentro del campo técnico.

Durante los años 50, época del surgimiento de la IA, ocurre una verdadera preocupación por el PLN, relacionada particularmente con la Traducción Automática. Esta primera aproximación se caracterizó por un exagerado optimismo de los investigadores, que en cierto modo los

llevó a subestimar la enorme dificultad de los problemas que encaraban. Tal subestimación pronto se tradujo en fracasos y se creó un ambiente de decepción y descrédito. Actualmente, con el desarrollo de la IA, las expectativas en torno al PLN han cambiado notablemente. Las investigaciones se ocupan tanto de la manipulación de los sonidos del lenguaje, la forma y sintaxis de las unidades lingüísticas portadoras de significado, como de la manipulación del sentido de los enunciados; además, han surgido con notable respaldo tecnológico y comercial las llamadas **Industrias de la lengua**.

Las investigaciones sobre la señal acústica, y en general sobre la señal lingüística, se orientan en dos direcciones: el análisis y la síntesis mecánica de sonidos del habla. El análisis corresponde a la situación del oyente, es decir, a la descodificación y la interpretación de su contenido lingüístico; la síntesis corresponde a la situación del hablante: está relacionada con la generación o producción de habla. En la lingüística computacional, las investigaciones sobre el proceso de análisis se orientan a la construcción de sistemas computables de recepción, comprensión y reconocimiento del habla, es decir, a 'hacer oír y comprender al computador', a que el ser humano le hable al computador y sea oído, reconocido y comprendido por éste. Las investigaciones sobre el proceso de síntesis se orientan a la construcción de sistemas computables de generación de textos, a partir de grafos conceptuales; esto es, a 'hacer hablar al computador'. De estas dos líneas de investigación, la que cuenta con mayor tradición y ha ofrecido resultados más concretos es la del análisis.

L'analyse du langage, est étudié depuis les années 1950. Il exist à nos jours des interfaces en langue naturelle permettant a l'utilisateur de dialoguer avec l'ordinateur. Au contraire, l'étude de la communication de la machine vers l'homme, la génération de langage, est un domaine plus récent (Noiger, 1991: 15).

Por analogía con la expresión **Industrias de la informática** fue acuñada en 1984 en el ámbito del CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), la expresión **Industrias de la lengua**, para designar un conjunto de actividades tendientes a hacer posible la generación, interpretación y manipulación automática del lenguaje natural con una orientación industrial y altamente comercial. Estas actividades van desde la investigación teórica, hasta la investigación tecnológica, pasando por el diseño y producción industrial de dispositivos lógicos y electrónicos que operan con el lenguaje natural (Carré, et al., 1991: 10).

A partir del supuesto de que todo progreso tecnológico se traduce de inmediato en una mejora del desempeño laboral y en un incremento de la productividad, el ideal de la tecnología y las industrias de la lengua, es la puesta en circulación de una gran cantidad de máquinas, mediante las cuales sea posible mecanizar muchas de las tareas rutinarias realizadas con el lenguaje natural en el contexto de la vida cotidiana y profesional. De hecho, es tan abrumadora la cantidad de textos que en algunas instituciones es necesario procesar, que frecuentemente amenaza la eficiencia de tales instituciones; ya es una necesidad absoluta que algunas actividades que antes se realizaban manualmente sean actualmente realizadas automáticamente. Por otra parte, se hace necesario que la productividad institucional sea cada vez menos dependiente de las limitaciones

propias del trabajo humano: actitudes emotivas, fatiga, errores, costos salariales, etc.

No hay dimensión humana donde no esté involucrado el lenguaje natural; por tanto, es lógico que las aplicaciones de las industrias de la lengua no tengan un área específica; están inmersas en todas las dimensiones de vida diaria y profesional. Entre las principales aplicaciones de la tecnología de la lengua se destaca la construcción de:

a) Sistemas de bases de datos complejas que recitan información vía telefónica sobre, por ejemplo, el estado de cuentas bancarias, el estado del tiempo en las distintas regiones de un país, la llegada y salida de aviones, el curso de la bolsa, los resultados deportivos, etc.

b) Sistemas de diálogo oral o escrito entre el hombre y la máquina.

c) Sistemas que pueden ser accionados por la voz: robots que con base en SE, funcionan como auxiliares inteligentes (de cirugía, por ejemplo), sillas de ruedas, selectores de frecuencia de radio, programación de máquinas, sistemas que captan y almacenan datos mediante la voz en conteos o escrutinios, etc. Estos sistemas son útiles cuando el usuario tiene vista o manos ocupadas, está a distancia, o es discapacitado.

d) Sistemas destinados a reconocimientos de formas y la identificación de personas: recolección de información a partir de manuscritos, lectura óptica de textos, reconocimiento óptico de caracteres tipográficos o manuscritos, reconocimiento de firmas, sistemas de cerraduras de seguridad (pues el timbre de la voz es tan peculiar a cada individuo, como sus huellas digitales), verificación y corrección de textos, la detección de errores ortográficos e incoherencias, etc. (Haton, 1991: 115-117). Tratándose de entrada oral, la mayor dificultad encontrada es la gran variación de los sonidos del habla y la gran cantidad de información que vehiculizan.

e) Sistemas de transformación del texto oral en texto escrito: máquinas de escribir con entrada oral.

f) Sistemas de traducción de textos escritos asistida por computador (TAC).

g) Sistemas de enseñanza de lenguas y otras asignaturas, asistida por computador (EAC).

h) Sistemas de generación de textos: sistemas de redacción automática de informes, resúmenes, índices, etc.

i) Diccionarios multilingües de bolsillo.

j) La asistencia a discapacitados (Carré, et al., 1991: 77-79).

Tradicionalmente se distinguen dos tipos de profesiones relacionadas con el lenguaje natural: las que se desempeñan con base en la lengua como medio de comunicación, por ejemplo, el periodismo, y las que se desempeñan a partir del conocimiento explícito de la lengua misma, como la docencia de lenguas. Con el desarrollo de la industria de la información y de la lengua, es previsible el surgimiento de nuevas profesiones o el deslinde de otras, basadas en el saber lingüístico, por ejemplo, la traducción, la corrección de estilo, la corrección de pruebas de imprenta, etc. Estas profesiones, que hasta ahora se han desarrollado en forma

artesanal, han de convertirse en actividades profesionales en una línea de producción empresarial, donde permanentemente se emplean técnicas complejas. En palabras de Carré y otros:

On peut également parler d'industries parceque les acteurs du domaine du traitement automatique des langues naturelles ont des activités qui les place clairement dans le champ de l'industrie et non dans celui de l'artisanat. A cet égard, l'exemple de la traduction est significatif (et peut être généralisé): on est passé d'un stade artisanal (des experts travaillant de façon isolée, avec une productivité exclusivement fonction du temps passé par le traducteur humain) à la mise en place d'organisations complexes utilisant de façon permanente les technologies avancées (Carré, et al., 1991: 11).

Otras nuevas profesiones pueden ser las relacionadas con la asistencia a computólogos en la construcción, adecuación y perfeccionamiento de programas y autómatas que operen con el lenguaje natural y la asistencia lingüística a usuarios de sistemas basados en la tecnología de la lengua. Con el progreso tecnológico es previsible que los usuarios se vean en la necesidad de ampliar sus destrezas lingüísticas para interactuar con la máquina; por ejemplo, es previsible que para poder interactuar eficientemente con la máquina de escribir, de entrada oral o los robots accionados por la voz, se intensifique la docencia de fonética y fonología para enseñarles a los operarios a hablarle a la máquina, de forma semejante a como actualmente es corriente la docencia de mecanografía y de ortografía.

El campo de la tecnología de la lengua es un campo donde subsisten tanto el escepticismo como el optimismo. El lenguaje es de naturaleza compleja; es lógico que las soluciones a los problemas planteados tengan distinto grado de satisfactoriedad y que las industrias de la lengua tengan un desarrollo desigual. En algunos dominios el progreso es rápido; en otros, lento. Una situación de escepticismo, por cuanto aún resuenan los fracasos iniciales de la traducción automática, y es posible que algunos de los actuales proyectos también estén destinados al fracaso; la automatización completa de los procesos lingüístico-comunicativos, aún está lejos de ser realidad; por ahora, los conocimientos disponibles son fragmentarios y el panorama general de la lingüística presenta muchos vacíos. Aún no se cuenta con una teoría del lenguaje natural, suficientemente decantada e integrada; el nivel de conocimientos sobre los procesos cognoscitivos es muy bajo. Algunos autómatas imponen numerosas restricciones para su uso y solamente funcionan en ambientes específicos; su desempeño puede parecer poco significativo en ambientes que tengan la complejidad de la realidad; otros productos proyectados y largamente esperados están pendientes de interrogantes aún no resueltos; otros no existen sino en el laboratorio. Algunos objetos que invaden la vida cotidiana, como los relojes parlantes, crean falsas ideas sobre las capacidades lingüísticas de las máquinas. A esto se le añade el papel de la prensa que ávida de espectacularidad, frecuentemente mezcla fantasía, realizaciones efectivas y proyectos más o menos razonables. Todo esto puede llevar a que las dificultades encontradas en el PLN sean mal evaluadas y se cree un ambiente de descrédito sobre las realizaciones efectivas (Carré, et al., 1991: 77).

Paralelamente a una situación de escepticismo también se asiste a una especie de euforia nacida de la confianza en los alcances de la tecnología moderna. La tecnología de la informática, el campo donde se inscribe la tecnología de la lengua, se concibe como un campo privilegiado de sueños y donde los sueños más pronto se convierten en realidad. De hecho, la palabra 'magia' está relacionada etimológicamente con 'máquina'. El pensamiento mágico que suscita la tecnología no siempre se compagina en el vulgo con los avatares de la investigación. También es cierto que los conocimientos disponibles no han dado todavía los frutos industriales, ni los servicios y productos ofrecidos han saturado aún el mercado. Los avances tecnológicos de la informática hacen retroceder cada vez más el límite de las dificultades; los problemas que antes se planteaban como irresolubles, hoy día son barreras que poco a poco van cediendo ante los pequeños, pero continuos avances de la investigación y de la tecnología. Aunque la investigación actual no pueda aportar soluciones definitivas a algunos problemas, continuamente está presentando innovaciones sorprendentes; se han acumulado conocimientos y experiencias; se han madurado algunos proyectos; de una actitud negativa se ha pasado a una actitud mucho más realista. Las aplicaciones de las técnicas de comprensión del lenguaje oral, hasta hace poco tiempo incipientes, han entrado en una fase comercial; continuamente están apareciendo numerosos dispositivos con perfeccionamientos cada vez más importantes. Algunos autómatas que operan con lenguaje natural ya están en el mercado rindiendo resultados satisfactorios.

Dado que el grado de perfección del trabajo realizado por los autómatas, en contraste con el rendimiento humano, es relativamente bajo, es más adecuado hablar de asistencia que de automatización completa; por ejemplo, ya no se habla de traducción automática de alta calidad y eficiente en todo contexto, sino de traducción asistida por computador y para contextos temáticos específicos. Pero tal grado de perfección no constituye un obstáculo para el desarrollo de las industrias de la lengua; la baja calidad de desempeño es el precio que hay que pagar por la automatización. A pesar de lo mediocres que puedan parecer, algunos autómatas ya tienen asegurados mercados, real y potencial, cada día más considerables, pues, de todos modos son una garantía de la mejora de la productividad. Dada la complejidad de algunos problemas y el estado de los conocimientos, es previsible que en los próximos años las industrias de la lengua se inscriban en un proceso de acumulación de conocimientos y que las estrategias comerciales se orienten hacia la satisfacción de necesidades particulares y de esta manera vayan generando efectos de tronera en distintos campos.

CONCLUSIONES

— En una perspectiva programática, la IA es el marco de referencia de mayor trascendencia para el desarrollo de la investigación y la aplicación de la lingüística. La IA es la rama avanzada de la informática; su fundamento teórico es un área interdisciplinaria constituida por la convergencia de las ciencias cognitivas. La lingüística desempeña un papel central en el contexto de estas ciencias, puesto que se ocupa del

análisis del sistema más genuino de representación de los conocimientos y de la manera como el hombre los utiliza adecuadamente en su comportamiento comunicativo.

— El conocimiento se constituye en el fundamento de la potencia de las técnicas de la IA; una de estas técnicas son los SE; éstos están diseñados para solucionar problemas complejos con base en conocimientos y mediante la simulación del razonamiento humano.

— La tarea fundamental de la lingüística en el campo de la IA consiste en proporcionar los conocimientos lingüísticos que capacitan al hablante oyente para interactuar adecuadamente en los distintos eventos comunicativos. La exhaustividad y formalización de los conocimientos gramaticales y pragmáticos es la condición fundamental para obtener resultados eficaces en el PLN.

— La integración en el contexto de la IA es para la lingüística una forma de ponerse en consonancia con las exigencias de la tecnología moderna y de ampliar su radio de aplicación de acuerdo con los desarrollos de la informática y de las industrias de la lengua. Es además una forma de reafirmarse en los derroteros de su investigación y de disponer de los recursos técnicos en el propósito de validar sus hipótesis formalizadoras sobre los aspectos esenciales del lenguaje natural. Por último, con la lingüística computacional, el área del lenguaje natural se convierte en un campo de aplicación no sólo de la lingüística general sino también de las ciencias cognitivas.

REFERENCIAS

- ALLEN, J. (1988). *Natural Language Understanding*, Menlo Park, California, The Benjamin/Cummings Publishing Company.
- BAR-HILLEL, J. (1960). 'Una demostración de la impracticabilidad de traducciones completamente automáticas y de alta calidad'. En GRACIA, F. (1972). *Presentación del lenguaje*, Madrid, Taurus, págs. 405-414.
- CARRÉ, R. J., DÉGREMONT, M. GROSS, J. M. PIERREL y G. SABAH. (1991). *Langage humain et machine*, Paris, CNRS.
- CHOMSKY, N. (1970). *Aspectos de la teoría de la sintaxis*, Introducción, versión del inglés y apéndice de C. P. Otero, Madrid, Aguilar.
- DEAÑO, A. (1983). *Introducción a la lógica formal*, Madrid, Alianza Editorial.
- HATON, J. P., y M. C. HALTON. (1991). *La inteligencia artificial, una aproximación*, traducción del francés de Iris P. Ucha, Barcelona, Paidós.
- HERMES, H. (1984). *Introducción a la teoría de la computabilidad, algoritmos y máquinas*, traducción del alemán de Manuel Garrido y A. Martín Santos, Madrid, Tecnos.
- MOTO-OKA, T. y M. KITSUREGAWA. (1986). *El ordenador de quinta generación*, traducción del inglés de Juan A. Gutiérrez, Barcelona, Ariel.
- NOIGER, J. F. (1991). *Génération automatique de langage et graphes conceptuels*, préface de G. Sabah, Paris, Hermes.

- PEREIRA, F. y B. GROSZ (eds.). (1994). **Natural Language Processing**, Cambridge, MIT Press.
- ROLSTON, D. (1990). **Principios de inteligencia artificial y sistemas expertos**, traducción del inglés de Alfonso Pérez Gama, Bogotá, McGraw-Hill.
- SINGH, J. (1982). **Ideas fundamentales sobre la teoría de la información, del lenguaje y de la cibernética**, 4ª edición, traducción del inglés de Ana Julia Garriga, Madrid, Alianza Editorial.