

Inteligencia Artificial (IA) y Educación

POR
CARMEN PÉREZ
Universidad de Murcia

“Los ordenadores, los robots y los experts systems harán la tarea mejor y más barata que el trabajo humano. Por esta razón, los seres humanos deben incrementar continuamente el conocimiento para dominar las máquinas y extender los horizontes de sus vidas personales”.

J.J. SERVAN SCHREIBER y B. CRECINE.
La revolución del conocimiento.

1. INTRODUCCIÓN: LA IA. UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA

En este artículo intentamos relacionar los términos IA y Educación. Nuestro planteamiento es el siguiente: estos términos gozan de autonomía, pero a su vez mantienen entre ellos dependencia. Un objetivo a lograr en su articulación es estrechar al máximo sus relaciones.

La lógica que explica la articulación real y potencial entre estos dos términos le viene dada desde otra lógica más general, que expresamos de la siguiente manera: Conocimiento, Tecnología y Educación.

El fenómeno de la IA, en cualquiera de sus expresiones y desarrollo, al adscribirse al universo de lo tecnológico, establece con el saber (educación-cultura) necesarias y naturales dependencias para su expansión y maduración. Por ello, la exposición de ciertas ideas que consideramos centrales sobre la IA reflejará los términos relacionales que establece con el ámbito del saber y la cultura.

Aparte, la serie de anécdotas curiosas, pero explicables, a través de las cuales se ha ido creando toda la andadura y el proceso que ha rodeado la historia del concepto IA, lo importante es ver el alcance y significación de todo tipo que se le asigna a este término, como bien dice S. TURKLE:

“... La fuerza impulsora de esta ciencia provenía de ambiciones mucho más amplias que las de elaborar un programa que se desempeñara en forma brillante, en el ajedrez o en cualquier otra tarea determinada. La verdadera ambición tiene proporciones míticas: es la de fabricar una inteligencia “de uso general”, una mente. En la antigua tradición del pensamiento romántico y místico, una persona dotada de poderes especiales insufla vida a la materia muerta o inanimada. A principios de la década de los cincuenta existió, en un grupo de matemáticos de intereses diversos, la creciente convicción de que era posible hacer realidad esta fantasía. Habrían de usar la computadora para construir una mente”. (TURKLE, S., 1984).

Es bien conocida y generalmente admitida la fecha, verano de 1956, como punto “formal” de despegue en el desarrollo de esta disciplina científica (IA). En esta fecha, se celebra una Conferencia en Dartmouth College, en la que participan los hombres más relevantes del momento en este campo y que se constituirán en pioneros de esta disciplina. La generación de matemáticos que se congrega en torno a esta nueva disciplina trabaja con la idea de “programa”, el concepto de un conjunto de procedimientos. Utilizando esta idea Alan TURING, John VON NEUMAN, Norbert WIENER y Claude SHANNON comenzaron a describir mecanismos que podrían permitir que las máquinas dieran los primeros pasos hacia el dominio de cualquier manifestación de la inteligencia.

En este proyecto disciplinar de la IA se han producido también aportaciones provenientes de otros campos científicos, como es el caso del profesor Jean PIAGET,

como epistemólogo genético (PIAGET, J. y otros, 1963). Al respecto, resulta de interés la valoración de la teoría de J. PIAGET por S. PAPERT:

“... Nuestra interpretación de la teoría de PIAGET logra tres cosas. Primero, ofrece una teoría psicológica específica, que puede muy bien competir, por su sobriedad y su poder explicativo, con otras de este campo. Segundo, nos muestra el poder de un principio computacional específico, en este caso la teoría de los procedimientos puros, es decir, procedimientos que pueden cerrarse y utilizarse como módulos. Tercero, concretiza mi razonamiento sobre el modo en que los diferentes lenguajes son capaces de influir sobre las culturas que pueden crecer a su alrededor. No todos los lenguajes de programación encarnan esta teoría de los procedimientos puros... La analogía entre la inteligencia artificial y el vuelo artificial demostró el punto de que en los fenómenos artificiales y naturales pueden encontrarse los mismos principios subyacentes, no importa cuán diferentes puedan parecer tales fenómenos”. (PAPERT, S., 1981).

A partir de la Conferencia de Darmouth, el amplio grupo reunido en torno al estudio de la IA y con carácter ciertamente interdisciplinar, logró avances importantes en el desarrollo de esta disciplina.

Es necesario hacer notar que de esta reunión salen ya dos tendencias sensiblemente diferenciadas y que en buena parte van a permanecer hasta nuestros días. De un lado, el grupo formado por NEWELL y SIMON se concentran en el Carnegie Institute of Technology, en lo que es hoy la Universidad Carnegie-Mellon. Este grupo se inclina por una línea de trabajo tendente al desarrollo de modelos que imitasen el comportamiento humano. Un segundo grupo se encontraba formado por McCARTHY y MINSKY del Massachussets Institute of Technology (M.I.T.) y que se centran en el diseño de máquinas inteligentes.

Estos dos enfoques han generado dos escuelas que hoy imperan sobre IA: el modelo de simulación y el de ejecución (MARTÍNEZ SÁNCHEZ, F., 1985).

2. DELIMITACIÓN EPISTEMOLÓGICA Y METODOLÓGICA DE LA IA

¿Cómo entender y qué es IA?

La aproximación epistemológica y metodológica de la IA es el supuesto de partida más fundamental que se debe encarar (REQUENA, A., 1986a). La IA es una disciplina

que estudia las actividades humanas para las que no se dispone de métodos para describirlas (HEISERMAN, D.L., 1981).

La definición de IA puede ser estricta o amplia. En sentido estricto, la IA se ocupa de ampliar la capacidad de las máquinas para realizar funciones que se considerarían inteligentes si las realizaran personas. Su objetivo es construir máquinas y, al hacerlo, se la puede considerar una rama de la ingeniería avanzada. Pero para construir dichas máquinas, generalmente es necesario reflexionar no solamente sobre la naturaleza de las máquinas, sino también sobre la naturaleza de las funciones inteligentes que deben ser realizadas.

IA, en sentido amplio, es considerada como una ciencia cognoscitiva. Desde esta perspectiva, hacia una máquina capaz de aprender, es necesario sondear profundamente la naturaleza del aprendizaje y hacer que reciba instrucciones en lenguaje natural; es necesario sondear también profundamente la naturaleza del lenguaje. En este sentido, la IA comparte su territorio con disciplinas más antiguas como la lingüística y la psicología. Pero lo propio de la IA es que su metodología y su estilo de teorización remiten marcadamente a teorías de computación (PAPERT, S., 1981).

3. ÁMBITOS TEMÁTICOS DE LA IA

Los temas que aborda la IA son muy variados, yendo desde la lectura automática de caracteres hasta el razonamiento aproximado, análisis de la comunicación e información como integrantes del estudio y simulación del comportamiento inteligente. Uno de los campos más fértiles ha sido el estudio de sistemas inteligentes para la robótica y para la resolución, en general, de problemas para los que hay necesidad de incorporar gran cantidad de conocimientos específicos, frecuentemente no algoritmizables y que han dado lugar a una importante área de investigación y desarrollo llamada Ingeniería del Conocimiento que materializa en los Sistemas Expertos el campo de más rápido y espectacular desarrollo de los últimos tiempos.

La Quinta Generación de ordenadores puesta en marcha en Japón ha desatado una frenética carrera de desarrollo y aplicación en prácticamente todas las áreas. La Industria, la Empresa en cuanto a su gestión se refiere y la propia Educación, son campos de acción preferente, que se están viendo sensiblemente afectados por la IA. El propio concepto de la Informática y el ordenador, en cuanto a uso y explotación, se ven convulsionados por una metodología y técnica auténticamente cercanas al comportamiento inteligente. Hoy, el problema de la Tecnología de la Información ya se está viendo desplazado de las posiciones clásicas a zonas en que la orientación viene

determinada por el conocimiento más que por el equipo para la automatización y la robótica (DAVIS, R. y LENAT, D.B., 1982).

La IA aborda el desarrollo de sistemas con comportamiento que en el hombre calificaríamos de inteligente (BARR, A., FEIGENBAUM, E.A., 1986). Para ello, en cierta medida imita características propias de la mente humana: sus métodos (representación simbólica del conocimiento e inferencia simbólica) y sus operaciones (razonamiento y toma de decisiones, comprensión del lenguaje natural, percepción visual, aprendizaje).

4. IA Y SISTEMAS EXPERTOS

Psicología del conocimiento, lógica formal, lingüística e informática conforman los fundamentos de la IA. La representación simbólica del conocimiento, búsqueda heurística, mecanismo de inferencia simbólica, resolución automática de problemas y aprendizaje, basados en sistemas y lenguajes propios de la IA, constituyen las técnicas de base de la IA.

Los Sistemas Expertos son quizás la materialización más ambiciosa en la historia de la Informática. Un experto humano está adornado por los atributos siguientes: resuelve problemas complejos, justifica las respuestas, atribuye grados de credibilidad, actualiza sus conocimientos, aprende a razonar mejor reestructurando los conocimientos, descomponiendo nuevas reglas y aplicando reglas de excepción, resalta los aspectos más relevantes, se degrada progresivamente cuando se acerca a las fronteras de su competencia, de cuyos límites es plenamente consciente (salvo en casos) y en cualquier caso aplica eso que se ha dado en denominar "sentido común" que es el más común de los sentidos aunque en gran cantidad de casos se revela como excepcional (FIESCHI, M., 1984).

Un Sistema Experto (SE) tiene como finalidad la reproducción correcta del comportamiento de un experto humano en su dominio de competencia (NILSSON, N.J., 1971). En este sentido, los atributos que deberán adornar a su SE serán: resolución de problemas en un dominio restringido, justificar los resultados, atribuir grados de credibilidad y aprendizaje. Un sistema experto pretende resolver problemas complejos en un dominio específico, imitando el razonamiento del experto humano (deducción, inducción, estrategias de búsqueda) y emplea los conocimientos suministrados en primera instancia por un experto humano.

La evolución histórica de los Sistemas Expertos ocupa un período reciente de nuestra historia. Podemos considerar la siguiente periodización:

- I) Invención.
- II) Desarrollo de prototipos.
- III) Obtención de núcleos.
- IV) Industrialización.

Podemos situar la invención de los años 65-70, con la construcción de dos de los más afamados sistemas: Dendral, de aplicación en Química, especialmente apto para la identificación de compuestos orgánicos, y Macsyma, para análisis algebraico. En los años 70-75 se desarrollan prototipos: Prospector, para la búsqueda de yacimientos minerales, y Mycin en medicina (Stanford) son dos de los más caracterizados. En los años 77-81 se pretende aprovechar el enorme esfuerzo desarrollado en la construcción de los prototipos, obteniendo la parte nuclear de aquellos sistemas expertos de mejor y mayor rango potencial de aplicación, para así disponer de una concha aplicable en otros dominios. EMYCIN, obtenido a partir de Mycin, es el ejemplo más característico. A partir de 1981 se lanza el mercado a una carrera desenfrenada de industrialización, potenciada en cierta medida por las nuevas tendencias al desarrollo tecnológico sustentadas por Japón y EE.UU. Surgen empresas dedicadas a la industria del conocimiento y comienza a acariciarse la idea de un cambio sustancial en el mundo de la Informática (LINDSAY, R.K. y col. 1980; BARR, A. y FEIGENBAUM, E.A., 1986).

La Quinta generación pretende formular una nueva aproximación a la Informática y al uso de los ordenadores, un nuevo paradigma. Proyectos análogos, se formulan en otros lugares, como EE.UU. y Europa, donde el proyecto Esprit de la C.E.E. plantea objetivos similares (FEIGENBAUM, E.A.; McCARDUCK, P., 1983). Se verán afectados la interfase del usuario, las aplicaciones, el modelo computacional, la arquitectura mantenida en torno al proceso secuencial: desde la fértil idea de VON NEUMAN pasa a dar cabida a la arquitectura paralela; la circuitería precisa de gran escala de integración. Y todo ello tiene una pretensión, ¡cómo no!, de mejora de la productividad.

En la interfase usuario se pretende dar entrada definitiva al lenguaje natural, tanto en las operaciones de entrada como en las de salida. Incorporación de formas gráficas y empleo de sensores que supongan una pérdida progresiva de la importancia del teclado, hoy todavía interfase imprescindible, a la que estamos —parece bien adaptados—, por la aportación anterior de la máquina de escribir, pero que no deja de ser una interfase excesivamente “artificial”.

Las aplicaciones abren un futuro esperanzador al dar cabida a procesos de conocimiento. El ordenador como tratador de información, figura convencional y actual, da paso a una máquina donde la deducción, inducción y reglas lógicas permiten la

generación de conocimiento y el aprendizaje. La diagnosis médica, la traducción automática, la planificación, etc., serán objetivos a cubrir, esta vez quizás de forma definitiva.

5 IA Y PROGRAMACIÓN EN LÓGICA

Los lenguajes estarán acorde con las pretensiones. Concretamente, en la quinta generación se apuesta por la programación en lógica (no confundir con la programación lógica, cercana a Cobol) en que prevalece la declaración a la imperatividad.

En la arquitectura se abandona, como hemos dicho, el modelo lineal y se da paso a las arquitecturas en paralelo soportadas por tecnologías de muy alta integración.

Y todo ello se enmarca en un objetivo socio-económico. Las áreas de baja productividad (agricultura, pesca, recursos naturales, etc.) tradicionalmente apartadas —salvo contadas aplicaciones de las modernas tecnologías—, son ahora el punto de mira de la nueva informática. Y esto precisa ordenadores económicos, más accesibles, más fiables y soportados por mejor programación.

Esto supone un cambio importante en el debate sobre la utilización de los ordenadores en la educación. De utillaje pasa a soportar áreas de conocimiento. La programación en lógica conlleva la descripción de una área y el abandono de las secuencias de instrucciones. El aprendizaje con sistemas de Inteligencia Artificial supone una exploración del conocimiento, una abolición de la sucesión de pantallas como elemento supuestamente instructivo en que es la presentación de información el único elemento soportado. El ordenador se convierte así en un colaborador en la resolución de problemas donde la iniciativa la toma el alumno o se comparte.

Entre los sistemas de enseñanza o aprendizaje basados en ordenador (ABO) y los sistemas de enseñanza o aprendizaje inteligente basado en ordenador (AIBO) podemos advertir importantes diferencias:

ABO) Aprendizaje fundamental programado.

AIBO) Flexibilidad.

ABO) Insensibilidad a los errores de concepto de los sujetos del aprendizaje.

AIBO) Sistema de diagnóstico.

ABO) Instructor automático.

AIBO) Tutor inteligente.

ABO) Sistema centrado en el ordenador.

AIBO) Sistema centrado en el alumno.

ABO) Ayuda al profesor.

AIBO) Ayuda al alumno.

En conclusión se puede intuir un desplazamiento del paradigma del software, un desplazamiento de la formación de la gente involucrada en aproximaciones anteriores; aparecen interrogantes acerca de determinadas profesiones actuales y, en cualquier caso, es preciso formar para el cambio. El ordenador claramente no es sólo un dispositivo.

6. PROLOG (PROGRAMACIÓN EN LÓGICA) ES EL LENGUAJE POR EXCELENCIA DE LA QUINTA GENERACIÓN

Inicialmente los ordenadores sólo se emplearon para calcular y las especificaciones se hacían en lenguaje máquina.

Después se emplearon lenguajes especiales como FORTRAN. Para implementar los lenguajes de alto nivel (escribir compiladores) fueron necesarias mejoras sustantivas en el proceso de la estructura del propio lenguaje (por ejemplo, el acceso al proceso de datos no numéricos). Las cadenas de caracteres fueron los primeros datos no numéricos de interés. Como eran secuencias lineales no podían representar estructuras complejas. Es por esta razón que se introducen los llamados récords, como los que se emplean en Pascal o ADA, como yuxtaposición de elementos de diferentes tipos, en el que cada elemento es: una constante (cadena de caracteres o números) o un puntero (que apunta a otro registro, que a su vez puede contener un puntero a otro registro y así sucesivamente).

Cuando se emplean punteros, la representación más adecuada es mediante árboles, pero en el caso de usar registros, se puede dar la circunstancia de que dos punteros diferentes se refieran a estructuras isomórficas (el mismo árbol), aunque localizadas

en diferentes partes de la memoria. Es razonable prevenir al programador del empleo de punteros y permitirle directamente tratar con árboles.

LISP fue el primer lenguaje que empleó árboles como estructura de datos. En LISP, la ejecución de un programa corresponde a la evaluación de una función representada por un árbol que da lugar a otro árbol como resultado (TOURETZKY, D.S., 1984; WINSTON, P.H., HORN, B.K.P., 1984).

En la Facultad de Ciencias de Luminy (Marsella), Alain COLMERAUER propone integrar en un lenguaje de programación el principio de resolución propuesto por ROBINSON (matemática lógica), que sugiere la aplicación de una sola regla de inferencia en lugar de las múltiples reglas que emplean los lógicos. Esto trae como consecuencia el diseño de un lenguaje de programación que permite simular en un ordenador los procesos de pensamiento, haciendo deducciones a partir de información dada en fórmulas lógicas.

Así nace PROLOG (Programación en Lógica), como lenguaje lógico, en el sentido de que sus sentencias se interpretan como las sentencias de la lógica. Los principios que gobiernan PROLOG se pueden cifrar en teoría del lenguaje y lógica matemática tradicional (CONDILLAC, M., 1986).

PROLOG también emplea los árboles como estructura de datos. En un programa PROLOG cada árbol es un HECHO, UN ÁTOMO DE CONOCIMIENTO, que puede pertenecer a muchos campos (CLARK, K.L. y McCABE, F.G., 1984).

Desde un punto de vista abstracto, el conocimiento de una persona acerca de un tema o tópico particular es una serie de hechos que puede GENERAR. En este sentido, el conocimiento se puede interpretar como una serie de hechos, especificados por una serie de reglas, estando cada hecho representado por una sentencia declarativa. En nuestro caso, representaríamos un hecho por un árbol (imaginariamente invertido), donde cada rama y cada nodo estaría marcado por un átomo de información (palabra, grupo de palabras, número o carácter especial). Los árboles se eligen como estructuras de datos porque son capaces de expresar información compleja y al mismo tiempo son suficientemente simples para manejarlos algebraicamente en un ordenador.

La naturaleza bidimensional de los árboles contribuye a la potencia de expresión de PROLOG. Las variables representarán a los árboles incógnita, de forma que la operación de reemplazar estas variables es lo que corresponderá a la asignación de árboles. La existencia de estas variables proporciona a PROLOG una gran potencia expresiva, porque permite razonar acerca de objetos desconocidos (CAMPBELL, J.A., 1984).

El programador que pasa de un lenguaje clásico a PROLOG experimenta una revelación similar a la que percibe el estudiante cuando progresa de la aritmética al

álgebra elemental, en que se pueden emplear variables para representar los números desconocidos. El programador se referirá a los árboles, sin conocerlos; el único requerimiento es que satisfagan ciertas igualdades y desigualdades que el ordenador debe ser capaz de resolver en el dominio de los árboles. Estos sistemas de inequaciones limitan los valores que las variables pueden tomar. La ejecución de un programa PROLOG supone como operación básica la verificación de cuándo se satisface o no una restricción por una asignación de árboles (CLOCK SIN, W.F.: MELLISH, C.S., 1984).

Originalmente PROLOG sólo manejaba árboles finitos, de forma similar a las fórmulas entre paréntesis, sin variables. Como la operación básica de PROLOG es determinar cuando hay, al menos, una asignación de árboles que satisface una restricción dada, se consume menos tiempo para la operación si es posible la existencia de árboles infinitos, que en el caso de que sean estrictamente finitos. Además, los árboles finitos permiten la representación de datos más complejos, tales como diagramas de flujo o gramáticas con bucles.

A diferencia de otros lenguajes de programación, PROLOG no requiere que se suministre al ordenador las instrucciones que tiene que ejecutar. En lugar de decirle qué tiene que hacer, el programador describe el objeto que debe ser computado. En este sentido, PROLOG se puede entender como un formalismo para definir conocimiento independiente del método de computación (ENNALS, R., 1984).

En la mayor parte de lenguajes de programación, el significado de un programa viene dado por una secuencia de operaciones elementales, que se supone que el ordenador puede realizar. Esto no es cierto en PROLOG, que es un formalismo capaz de representar conocimiento y expresar preguntas en torno a aquél, de forma independiente. El papel del ordenador es encontrar respuestas a las preguntas. Esto entraña que para poder calcular la respuesta, la máquina debe poseer dos propiedades esenciales:

- 1) Debe ser no determinista y capaz de explorar varias posibilidades simultáneamente.
- 2) En cada momento debe ser capaz de reducir una restricción, es decir, resolver un sistema de ecuaciones e inequaciones.

Todos los lenguajes de programación convencionales tienen en común que hay que describir con mucha precisión lo que hay que calcular y cómo llevarlo a cabo, para obtener el resultado deseado. Así, pues, un programa consiste en una serie de instrucciones que describen una acción a realizar por el ordenador. Son lenguajes

imperativos. La respuesta de un programa de este tipo no corresponde a la pregunta ¿qué es lo que hace?, sino ¿cómo lo hace? Para responder a la primera pregunta hay que describir la relación entre la entrada y la salida del programa. Ciertamente, los lenguajes imperativos no están totalmente desprovistos de componentes descriptivos, como lo son las instrucciones aritméticas, ya que describen el valor con anterioridad a su cálculo y no prescriben más que indirectamente la forma en que deben calcularse. Es precisamente esta capacidad descriptiva la que hace más simples los lenguajes imperativos; ciertamente hay una relación directa entre la facilidad para desarrollar un programa correcto y la capacidad descriptiva de un lenguaje (BURNHAM, W.D.; HALL, A.R., 1985).

Un programa descriptivo implica la utilización de definiciones para encontrar el resultado asociado a un dato de entrada. Un programa PROLOG es esencialmente un juego de definiciones lógicas de relaciones y su ejecución corresponde a la utilización de estas definiciones para calcular relaciones.

De forma natural estas relaciones entre datos permiten la construcción de bases de datos, entendida como conjunto de hechos entre los que se definen relaciones. Aquí PROLOG trata las relaciones de una base de datos, del mismo modo que las relaciones de entrada/salida. A través de la mezcla íntima de hechos y reglas se obtiene la base de datos. La extracción de información de una base de datos deductiva, constituye una inferencia empleando hechos y reglas.

Como ya hemos apuntado, PROLOG calcula ensayando para encontrar los valores de las variables interrogadas, de forma que cada condición de la interrogación sea una consecuencia de definiciones del programa. Y esto lo lleva a cabo examinando todas las aseveraciones concernientes a cada condición y comparándola con la conclusión de la aseveración. Cuando encuentra una equivalencia, las precondiciones de la aseveración equivalente representan una nueva pregunta que debe resolverse para dar solución a la condición comparada (CLARK, K.L.; McCABE, F.G., 1984).

7. INCIDENCIA EDUCATIVA DEL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO LÓGICO

Quizás el primer objetivo de la actividad docente sea el desarrollo del pensamiento lógico en los alumnos y quizás sea también la aproximación más significativa y potencialmente más interesante y a la vez excelente punto de partida para otras aproximaciones al proceso de enseñanza/aprendizaje con honda tradición (ENNALS, R., 1984). Y esto habría que entenderlo al margen de las tecnologías o de alguna tecnología en

particular. Recordamos la frase con que DIJSTRA contestaba a ARSAC cuando en torno a la programación le decía: "he consumido mi tiempo y el de mis alumnos y si tuviera que volverlo a hacer escogería enseñarles a pensar".

La resolución de problemas es quizás la vertiente que más interés ofrece. La metodología de la programación en lógica ofrece:

- a) Descripción del universo en que situamos el problema.
- b) Formulación de las preguntas pertinentes, en lugar de dar una receta para calcular la solución con el ordenador.

Esta aproximación nos permite emplear un método más fino y más orientado a la síntesis para la resolución de problemas (SARAN, H.D., 1985; CONLON, T., 1985).

Creemos que hoy es más necesario que nunca para valorar conscientemente el mundo de la información y del conocimiento en que estamos inmersos. Hace tiempo ya que el debate dialéctico acerca de las posibilidades del ordenador en la educación se centra en el tratamiento puro y llano de la información, en que no necesariamente se están produciendo beneficios ostensibles. Una aproximación que se centre en la lógica inteligible por un ordenador quizás proporciona una más excelente introducción para los no especialistas y un interesante entrenamiento para los futuros profesionales.

De la misma forma que los lenguajes de alto nivel han seguido la tendencia de acercar al usuario las potencialidades de la máquina de forma que cada vez más se pueda describir un contenido sin precisar de la ayuda de un especialista en computación, con lo que sin duda alguna se potencian las posibilidades de aplicación en el aula, la intervención de la lógica en una programación descriptiva tiene la virtualidad, al menos aparente, de fomentar la expresión creativa, al liberarnos de las rígidas ataduras de la programación convencional.

En la programación lógica se potencia la descripción concreta de los problemas más que cómo usar la descripción para producir la respuesta. Difícilmente se solucionan los problemas sin capacidad para enunciarlos.

Concretamente, en PROLOG se emplea la misma definición para encontrar una respuesta que corresponde a una relación definida en la entrada, como para obtener todas las entradas que producen una respuesta concreta. Damos una serie de relaciones más que una secuencia fija de instrucciones. Y como ya hemos apuntado, no hay distinción entre una base de datos y programa, entre recuperación de datos y computación. En todos los casos buscamos uno o más argumentos de una relación empleando la descripción que se especifica en el programa.

Ciñéndonos a PROLOG, especificaremos sus áreas de aplicación:

- 1) Lenguaje de interrogación para bases de datos.
- 2) Lenguaje para especificar problemas como paso previo a su solución en el ordenador.
- 3) Lenguaje para procesar el lenguaje natural.
- 4) Lenguaje para deducción automática.
- 5) Una herramienta para investigación en IA y un excelente lenguaje para enseñanza/aprendizaje.
- 6) Un lenguaje para implementar sistemas expertos.
- 7) Un lenguaje de computación.
- 8) Un lenguaje de alto nivel.

Podríamos enumerar aplicaciones de interés derivadas de las anteriores a realizar en el aula: Comprender y usar bases de datos; los alumnos pueden escribir sus propios programas, fomentando la auto-expresión creativa; disponemos de un sistema basado en la lógica humana y no en el comportamiento de la máquina, que puede ser un estímulo importante, etc.

Pero fundamentalmente los beneficios son transdisciplinares: los hábitos de claridad de pensamiento que se pueden desarrollar se pueden usar en cualquier tema, tanto si los alumnos continúan el trabajo con ordenadores como si no lo hacen (REQUENA, A., 1985a; REQUENA, A., 1986b).

En muchos casos la IA sólo ha venido a aportar una ligera modificación de las habituales prácticas de entrenamiento y, así se entrevé, que los sistemas expertos para educación soportados por una base de conocimiento específica y un motor de inferencia —casi siempre de propósito general—, posibilita como principal aportación las facilidades de explicación y, de alguna forma, la posibilidad de transferencia de la metodología deductiva empleada en la búsqueda, que supuestamente al evidenciarse suministrará la posibilidad de asimilación por el sujeto del aprendizaje.

Efectivamente, hay ya excelentes realizaciones que disponen de una base de conocimiento, módulo tutorial, módulo de estudiante y módulo de diagnóstico, que modifican sustancialmente las prácticas habituales en la enseñanza asistida por ordenador, pero que no entrañan el cambio metodológico que propician sustancialmente las acciones directamente ejecutadas por los alumnos (REQUENA, A., 1985b).

Por último, queremos decir que afrontar hoy los problemas complejos que tienen las sociedades industriales avanzadas y las no avanzadas supone continuar desarrollando el campo de la IA. Igualmente, ver el papel fundamental que juega la educación en tal relación. Porque no solamente ésta fundamenta el proceso de consolidación de la IA, sino que en su propio campo tienen aplicabilidad los avances que se operan de forma general en el universo de la IA. Sirvan las palabras de J.J. SCHREIBER y B. CRECINE de apoyo y testimonio de lo que constituye mi opinión-creencia en el momento actual respecto al problema que consideramos:

“El trabajo del Instituto de Robótica es crear máquinas cada vez más sofisticadas. Dichas máquinas deben asimilar y mejorar el rendimiento humano, de modo que puedan asumir ellas mismas gran parte del trabajo. Incluso pueden ir más allá; dentro de áreas donde ningún humano pueda actuar.

...No existe ninguna razón para temer tales invenciones. Todo lo contrario, ya que las ideas de estas máquinas es liberar la capacidad inventiva del hombre, una expansión concurrente de nuestra educación y de los sistemas formativos podría capacitar a millones de personas para convertirse en creadores de la nueva riqueza de las naciones”. (SCHREIBER, J.J. y CRECINE, B., 1987).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARR (1986), A. BARR, E.A. FEINGENBAUM: *Le manuel de l'Intelligence Artificielle*. Tomo I. Eyrolles. París, 1986.
- BURNHAM (1985), W.D. BURNHAM, A.R. HALL: *Prolog Programming and applications*. McMillan Education, 1985.
- CAMPBELL (1984), J.A. CAMPBELL: *Implementations of Prolog*. Ellis Horwood Limited. London, 1984.
- CLARK (1984), K.L. CLARK, F.G. McCABE: *Micro-Prolog: Programming in Logic*. Prentice-Hall. Hemel Hempstead, 1984.
- CLOCKSIN (1984), W.F. CLOCKSIN, C.S. MELLISH: *Programming in Prolog*. Springer-Verlag. Berlin, 1984.
- CONLON (1985), T. CONLON: *Start Problem-Solving with Prolog*. Addison -Wesley. New York, 1985.
- DAVIS (1982), R. DAVIS, D.B. LENAT: *Knowledge-Based Systems in Artificial Intelligence*. Advance Computer Science Series. McGraw-Hill. New York, 1982.
- DE SARAN (1985), H. DE SARAN: *Programming in Micro-Prolog*. Ellis Horwood Series, Computers and their Applications. London, 1985.
- ENNALES (1984), R. ENNALES: *Beginning micro-Prolog*. Ellis Horwood Limited. London, 1984.
- FEIGENBAUM (1983), E.A. FEIGENBAUM, P. McCORDUCK: *La Quinta Generación*. Planeta. Barcelona, 1983.
- FIESCHI (1984), M. FIESCHI: *Intelligence Artificielle en Medicine. Des systemes experts*. Masson. Paris, 1984.
- HEISERMAN (1981), D.L. HEISERMAN: *Robot Intelligence with experiments*. Tab Books Inc. Palo Alto (California), 1981.
- LINDSAY (1980), R.K. LINDSAY, B.G. BUCHANAN, E.A. FEIGENBAUM, J. LEDERBERG: *Applications of Artificial Intelligence for Organic Chemistry*. The Dentrax Project. Mc-Graw-Hill. New York, 1980.
- MARTÍNEZ (1985), F. MARTÍNEZ SÁNCHEZ: *La enseñanza asistida por ordenador: una revisión*. Tesis doctoral. Facultad de Filosofía, Psicología y Ciencias de la Educación. Universidad de Murcia. Murcia, 1985, pp. 115-116.
- NILSSON (1971), N.J. NILSSON: *Problem-solving methods in Artificial Intelligence*. McGraw-Hill. New York, 1971.
- PAPERT (1981), S. PAPERT: *Desafío a la mente*. Computadoras y educación. Galápagos. Buenos Aires, 1981, pp. 197, 182-183.
- PIAGET (1963), J. PIAGET: *Le probleme de la filiation des structures*. En L. APOSTEL, J.B. GRIZE, S. PAPERT, J. PIAGET: *La filiation des structures*. P.U.F. París, 1963, pp. 1-3.
- REQUENA (1985a), A. REQUENA: *Posibilidades del ordenador en el terreno de la educación*. Alacena, 3.20, 1985.
- REQUENA (1985b), A. REQUENA: *Teorías, opiniones y creencias acerca de los ordenadores y del aprendizaje basado en ordenador*. Microaula, nº 1, 6, 1985.
- REQUENA (1986a), A. REQUENA: *Inteligencia Artificial y Educación*. II Curso Internacional de Informática y Educación. Murcia, 1986.

- REQUENA (1986b), A. REQUENA: *Informática y Educación. Una dinámica de cambio*. III Congreso de Informática y Educación. Montevideo, 1986.
- SERVAN (1987), J.J. SERVAN SCHREIBER, B. CRECINE: *La revolución del conocimiento*. Plaza & Janés. Barcelona, 1987, pp. 50, 54-55.
- TOURETZKY (1984), D.S. TOURETZKY: *LISP: a gentle introduction to symbolic computation*. Harper & Row Publishers. New York, 1984.
- TURKLE (1984), S. TURKLE: *El segundo yo. Las computadoras y el espíritu humano*. Galápagos. Buenos Aires, 1984, pp. 239-240.
- WINSTON (1984), P.H. WINSTON, B.K.P. HORN: *LISP*. Addison-Wesley. California, 1984.

RESUMEN

Este artículo aborda, desde un ámbito relacional en el que se conjugan los parámetros Conocimiento, Tecnología y Educación, las imbricaciones entre Inteligencia Artificial y Educación. Desde este objetivo se examina el alcance y significación que se le asigna a la Inteligencia Artificial.

Qué es la Inteligencia Artificial y cuáles son sus parcelas de conocimiento, son los interrogantes a los que se intenta responder en el artículo. Igualmente se considera "Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos" desarrollando especialmente PROLOG (programación en lógica) como el lenguaje por excelencia de la Quinta Generación.

SUMMARY

This article deals with interdependence between Artificial Intelligence and Education from a relational field where the parameters Knowledge, Technology and Education are brought together. From this objective the importance and significance assigned to Artificial Intelligence are examined.

"What Artificial Intelligence is and which its areas of knowledge are" become the gestions marks intended to answered in this article. At the same time, Artificial Intelligence and Expert Systems developing especially PROLOG (Programming in Logic) are considered as the Fifth Generation language for excellence.