

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EDUCACIÓN

*Antonio Ponce Rojo**

Las computadoras hoy en día, han dejado de ser aquellos aparatos misteriosos, de los cuales sabíamos sólo a través de películas o novelas de ciencia ficción, para ser consideradas, ahora, como una herramienta con la que casi todos tenemos que ver de alguna u otra manera, todos los días. Pero a pesar de la incursión gradual de las computadoras en nuestras vidas, cuando se habla de Inteligencia Artificial se piensa todavía en un lado oscuro de la computación, ese lado oscuro en el que antes estaba la computación en general y que ahora se ha dejado sólo para ciertas partes de ésta; se vienen a la mente imágenes de un grupo de locos que trabajan para lograr que una computadora piense, tenga sentimientos y emociones, y en general, sea humanizada. Más oscuro parece volverse el asunto cuando se habla de la relación entre Inteligencia Artificial y Educación. ¿Qué aportes podría ofrecer a la educación una disciplina que trata de lograr un “Frankenstein a la moderna”? ¿es que se supone que al tener computadoras pensantes (en caso de poder lograrlas algún día) podríamos substituir al maestro por uno de estos artificios? ¿Será esta la finalidad de los que buscan aplicar la Inteligencia Artificial en la Educación? o ¿existen otras aplicaciones?

Esta serie de preguntas -muy comunes entre padres de familia, educadores e incluso investigadores, cuando se les plantea la posibilidad de enriquecer sus actividades con los aportes de esta disciplina- son las que se tratan de responder, aunque en forma muy breve, a lo largo de este artículo. Para lograrlo, se parte de un repaso histórico del inicio y desarrollo de la Inteligencia Artificial, sus fines y sus logros, para después hacer una revisión de las líneas actuales de investigación que más aportaciones pueden hacer a la educación y algunas de las posibles implementaciones en campos muy específicos.

La Inteligencia Artificial; inicios, fines y desarrollo

Surge como una disciplina formal, junto con las computadoras al rededor de la década de los 50's (aunque hay quienes ubican sus orígenes en el nacimiento mismo de la inquietud del hombre por conocer su pensamiento), en 1956 un grupo de especialistas en matemáticas y lógica se reunieron en el Darmouth

* Profesor Investigador Asistente del Departamento de Estudios Educativos de la Universidad de Guadalajara.

College, en Hanover, Estado de Nueva Hampshire, para debatir la posibilidad de realizar programas para las recientemente creadas computadoras, programas que tuvieran como característica principal la capacidad de “pensar” o “comportarse inteligentemente”. Este grupo se basaba en la conjetura de que “en principio era posible conocer tan precisamente cualquier aspecto del aprendizaje o cualquier otro rasgo de la inteligencia como para que pudiera ser simulado por una máquina”.¹ Es decir, se buscaba la posibilidad de realizar procesos que hasta antes habían sido considerados como exclusivos del ser humano y animales superiores (esto último gracias a las aportaciones de psicólogos como Köhler o Luria, quienes trabajaron en la demostración de la existencia de formas elementales de pensamiento presentes en animales, cercanos al hombre en la escala evolutiva, como los simios).

El término de Inteligencia Artificial fue acuñado durante las sesiones de trabajo en este grupo y se ha mantenido hasta nuestros días, aunque a decir de algunos de los exponentes actuales de esta disciplina como John Haugeland,² hablar de una inteligencia artificial podría ocasionar que se entendiera como una inteligencia ficticia, algo no real sino sólo una imitación falsa, por lo que el término más adecuado sería “inteligencia sintética”.

Entre los logros de este primer grupo de trabajo se encuentran: LISP, primer lenguaje de programación para inteligencia artificial; ELIZA, la primer computadora “psicólogo”, que estaba programada para dar asesoría psicológica rogeriana primaria; y los primeros programas para jugar ajedrez, acción que se había pretendido lograr con máquinas desde el siglo XVII, y que ahora al ser posible, no era visto como el logro de un objetivo final, sino como uno de los primeros pasos necesarios, a partir de los cuales llegar a producir programas más inteligentes.

Hablar de programas más inteligentes lleva a un tema polémico dentro de la inteligencia artificial que ha llegado a tener repercusiones en la filosofía de la mente: la forma de distinguir un programa inteligente de uno que no lo es. A. Turing, en 1950 propuso lo que se ha dado en llamarse “el criterio Turing sobre la inteligencia de las máquinas”:³

Si uno se las está viendo con algo conectado al final de un cable, y ese algo podría ser una máquina o un ser humano, y uno no pudiera decir a ciencia cierta - a partir de las respuestas que le llegan por medio del cable- de cual de los dos se trata, ‘la cosa’ al otro lado del cable sería, por definición, inteligente.

Esta forma de reconocer a las computadoras inteligentes propuesta por Turing, fue sólo la base para un desarrollo posterior en el que el objetivo no ha sido llegar a confundir al ser humano, sino realizar las elaboraciones con distintos niveles de complejidad, que el pensamiento humano realiza: atención, percepción, memoria, asociación, clasificación, inferencias, etcétera.

Siguiendo con el desarrollo de la Inteligencia Artificial, ya para las décadas de los sesenta y setenta el desarrollo de los trabajos en inteligencia artificial eran tan amplios que fue posible establecer distinciones claras entre áreas definidas de interés que eran trabajadas en universidades e institutos de Estados Unidos y de Europa (Francia y Alemania, principalmente): estas áreas se han convertido en líneas sólidas de investigación con aportes específicos para las otras líneas de investigación al interior mismo de la Inteligencia Artificial y, en general, para todos los campos del saber.

Investigación en Redes Neuronales. La realización e investigación en Redes Neuronales es una de las líneas más viejas de esta disciplina, su objetivo principal es la simulación de la estructura cerebral y la reproducción de su funcionamiento por medio de la computadora.

La característica básica de las redes neuronales que fue desarrollada para el apoyo de las demás líneas de investigación, es el procesamiento de la información en paralelo, es decir, permiten recibir y procesar la información que proviene de distintos puntos al mismo tiempo,⁴ de la misma manera en que suponemos que el ser humano lo hace.⁵ Gracias al procesamiento en paralelo es posible que las redes neuronales puedan aprender por ejemplos y se ajusten a sí mismas para encontrar la configuración más adecuada en la resolución de un problema.

El objetivo primordial no es la creación de un cerebro artificial; la tecnología actual y futura en largo tiempo no será capaz de lograr una máquina que pueda tener un número de estados similar al promedio cerebral (en medio siglo de desarrollo se han logrado máquinas que alcanzan los 65000, cifra que aún está muy lejana al 1.8 por 10 a la 75 cerebral, es decir, un 18 con 74 ceros;⁶ lo que se busca, como meta a corto y mediano plazo, es el incremento del paralelismo en las redes neuronales existentes. A pesar de que no se ha logrado un paralelismo a la escala del que tiene lugar en el cerebro humano, los resultados son cada vez más asombrosos: las redes neuronales actuales son extremadamente eficientes en el reconocimiento de muestras y patrones, la identificación de objetos y la visión en general, el aprendizaje, etcétera.

La realización de sistemas expertos. Elaborar un sistema experto es diseñar un sistema de computación que sea capaz de almacenar información, pero no en forma de datos, como la mayoría de las computadoras lo hacen, sino en forma de hechos, que pueden ser usados por la computadora en la resolución de problemas y en el entrenamiento de seres humanos para que ellos lo hagan por sí mismos.

El primer sistema experto fue creado en 1960 por Joshua Lederberg y Edward Feigenbaum de Stanford; tenía por objetivo enumerar, como lo haría un experto, las posibles estructuras moleculares a partir de la recepción de datos provenientes de varios espectrómetros de masas,⁷ y a 34 años de su creación los sistemas expertos están lejos aún de comportarse exactamente como un experto humano, sin embargo, son ya altamente efectivos debido a que sí pueden tomar decisiones y justificarlas. A este tipo de sistemas se les llama también sistemas basados en el conocimiento, debido a que lo importante en éstos no es tanto la información que es almacenada y se puede recuperar, sino la forma en que se realizan estos dos procedimientos.

Las diferencias entre los sistemas expertos o basados en el conocimiento y los sistemas "tradicionales" de información radican en:⁸

- El contenido: en un sistema experto el contenido es independiente del programa que lo está manejando, mientras que en los programas tradicionales el contenido depende directamente del programa mismo.
- Tipo de información que se procesa: en los sistemas expertos la información es simbólica a diferencia de la numérica de los sistemas tradicionales.

- Tratamiento de los problemas: en los Sistemas Expertos, la definición es declarativa -lo más cercano al lenguaje natural- y además no lleva una secuencia predeterminada, mientras que en los sistemas tradicionales la definición del problema se hace en forma algorítmica (procedimental) secuencial por necesidad. Otro punto importante es el tipo de resolución que se ofrece, no necesariamente, una resolución precisa en los sistemas expertos, contra la precisión que ofrecen los sistemas tradicionales, a costa de una limitante rigidez y linealidad.
- Información adicional en la resolución de los problemas. Los sistemas expertos están compuestos de dos partes principalmente: una que se encarga de la resolución de los problemas planteados, y otra, que explica al usuario la forma en que el problema se está resolviendo. Es esta última la que los distingue de los programas que solamente están hechos para resolver problemas, mientras que los sistemas tradicionales son incapaces de hacerlo en forma eficaz. Esto permite una interacción entre ser humano y computadora de manera que ambos puedan aprender de la forma en que el otro resuelve problemas.
- El manejo del conocimiento. En los sistemas expertos los conocimientos en la resolución de problemas pueden ser usados en la mejora de las soluciones propuestas, dándole un dinamismo que no puede darse en los sistemas tradicionales.

La prueba de teoremas. El objetivo de los programas encaminados a la prueba y generación de teoremas es el logro de la deducción automática. Para ello, se han desarrollado -a partir del LISP, que se ha mencionado párrafos atrás- lenguajes con un nivel mayor de especialización como ADA y PROLOG (su nombre viene de PROgramación LOGica), que posibilitan a los diseñadores de programas herramientas que facilitan el trabajo, debido a que contemplan en su estructura la manipulación de aspectos relacionados con tareas accesorias, pero no por ello menos importantes, que de otra manera implicarían una atención mayor.

La prueba de teoremas tiene mucho que ver con la resolución de problemas simbólicos, que por su grado de abstracción implican programas con un nivel mucho mayor de inteligencia.

Investigación relacionada con juegos. La investigación de los juegos no está encaminada al desarrollo de juegos más sofisticados para un mercado de fanáticos del juego del video, sino a conocer la forma en que los humanos resuelven los problemas que representa un desempeño efectivo en juegos como el ajedrez y las damas españolas, entre muchísimos más. Los conocimientos generados en esta línea de investigación son aplicados en la mejora de los programas que se producen en las demás líneas de trabajo que aquí se mencionan.

La robótica. La investigación en robótica es una de las áreas más desarrolladas en Inteligencia Artificial. Se puede definir a un robot como un dispositivo electromecánico que puede ser programado para efectuar tareas específicas, y cuando se añade la característica "inteligente" a esta definición,

entonces se habla de un dispositivos capaces de responder a cambios en las situaciones externas poco predecibles, para las que un robot tradicional no estaría preparado.⁹ Es de todos conocido cómo los robots se han abierto paso en el sector productivo; el fuerte del trabajo en esta línea está enfocado a los sistemas de control, manipulación integrada y la producción automática.¹⁰ Entre las instituciones que se han dedicado al desarrollo de robots inteligentes están la Carnegie-Mellon University, el Centro de Investigaciones de la IBM en Yorktown Heights, la NASA y algunas empresas japonesas.

Procesamiento de lenguaje natural. Esta es una de las líneas de investigación dentro de la inteligencia artificial que más interés ha despertado últimamente, su propósito principal es llegar al desarrollo de programas que permitan a las computadoras comprender y usar el lenguaje humano tan bien como lo hacen los mismos humanos. Esto implica un estudio profundo de las estructuras sintácticas y semánticas de los lenguajes con todas sus ambigüedades e imprecisiones, así como el estudio de signos de puntuación y acentuaciones, tanto en la modalidad escrita como hablada. Algunas de las aplicaciones prácticas de los trabajos en esta línea van encaminados al reconocimiento inteligente de voz y de escritura, que permitan realizar traducciones de un idioma a otro; pero traducciones no en forma literal, como lo hacen ya muchos paquetes de software, sino contextuales, como lo haría un traductor humano.

La simulación y la realidad virtual. Esta es una de las líneas más recientes de la inteligencia artificial. Aunque algunos investigadores consideran a la simulación y la realidad virtual como una disciplina separada de la Inteligencia Artificial,¹¹ en la práctica es muy difícil de delimitar, debido a la gran cantidad de técnicas de programación inteligente que deben emplearse. Por medio de la simulación y la realidad virtual es posible realizar experimentos que por razones éticas o prácticas no es posible realizar en la realidad.

Después de esta breve revisión de las líneas de investigación en Inteligencia artificial es necesario aclarar dos puntos muy importantes: primero, que las aplicaciones inteligentes desarrolladas no necesariamente atienden a la división de las líneas de investigación mencionadas, sino que son el producto de la integración y articulación de lo logrado en éstas, para dar una solución inteligente a problemas específicos en campos diversos del quehacer humano. Así es posible encontrar robots, por ejemplo, que realizan inferencias, resuelven problemas y enseñan a humanos a resolverlos, acatan ordenes verbales emitidas por un humano y al mismo tiempo, integran en sus componentes redes neuronales que emplean para el reconocimiento visual o auditivo; simulando, además, realidades específicas. Y segundo, que la Inteligencia artificial también integra y articula, a la vez que aporta también, conocimientos que se generan en ciencias como la psicología (psicología del pensamiento, psicología del desarrollo, desarrollo cognoscitivo, psicología educativa, psicología social, etc.), la filosofía (la filosofía de la mente) y las ciencias médicas (neurología, neurofisiología, neuroanatomía, bioquímica, etc.) entre muchas otras.

Posibles aplicaciones en la Educación

Como se ha mencionado, es posible aplicar los logros de la inteligencia artificial en cualquier área del quehacer humano, y la educación no es la excepción. Cuando se habla de la relación entre computación y educación es común que se piense en la docencia solamente, sin considerar todas las demás actividades que tienen que ver con la educación, actividades como la investigación o la administración educativa entre otras. En cualquier aspecto del ámbito educativo que se pueda vislumbrar como posible de ser enriquecido con el uso de computadoras, cabe también la inteligencia artificial y esta última parte del artículo está dedicada a mencionar algunas de las posibilidades.

La investigación educativa

Las posibilidades de aplicación en la investigación educativa, van desde un nivel conceptual, utilizando modelos teóricos de la Inteligencia Artificial como base a partir de la cual se interpretan hallazgos en la investigación educativa; hasta un nivel práctico, ahorrando tiempo, recursos y esfuerzos en actividades de apoyo al trabajo del investigador, actividades como las siguientes:

- Consulta a bases de datos y bibliotecas. Piense el lector en la posibilidad de contar con una biblioteca computarizada inteligente. Hasta ahora, la mayoría de las bibliotecas y bancos de datos, aunque cuentan con bases de datos en las que están almacenados la información referente a cada libro o documento existente, son explotadas en un mínimo porcentaje debido a la forma en que la información está dispuesta; los libros son catalogados por temas y subtemas en formas -a veces arbitrarias, a veces de acuerdo a clasificaciones preestablecidas-, que limitan sus posibilidades de uso, por ejemplo, en la mayoría de las fichas computarizadas se describe el contenido de un documento en cinco “palabras claves” solamente. Esto ocasiona que investigadores y usuarios en general prefieran la consulta física de cada material, hecho que implica una pérdida de tiempo considerable. Considérese ahora la posibilidad de contar con un “bibliotecario experto” en el contenido de cada uno de los libros, que sea capaz de sugerir documentos de acuerdo a las necesidades específicas de cada usuario. Esto es posible con la implementación de bases inteligentes.
- Un ejemplo de biblioteca inteligente es la Biblioteca de Leyes de la Universidad de Columbia (para más información ver:Reynel Iglesias;1993), que además de ofrecer al usuario la posibilidad de consultar un sistema experto bibliotecario, ofrece la posibilidad de “caminar” por los pasillos de la biblioteca y hojear cualquier libro de los estantes, por medio de técnicas de realidad virtual o escuchar y ver en pantalla una reseña hecha por el autor; todo, desde una terminal conectada a la computadora principal. También se permite adquirir o rentar una copia del material seleccionado, que llega en un archivo por red, hasta el lugar mismo desde donde se ha hecho la consulta (se contempla que el proyecto será concluido a fines de 1994,

posibilitándose entonces el acceso a investigadores externos vía INTERNET).

- Proceso estadístico de datos. En la actualidad los investigadores cuentan con paquetes estadísticos especializados en Educación o en Ciencias Sociales, que permiten un ahorro significativo de tiempo en la realización de tareas consideradas como de “talacha”. Pero existe un problema: para poder usar este tipo de paquetes necesitamos, primero, saber computación y específicamente conocer ampliamente el manejo de estos paquetes, y segundo, tener un conocimiento amplio en el manejo estadístico de datos, sin embargo, se dan casos en los que se tiene un cúmulo de impresionantes datos, pero no se sabe qué hacer con ellos. La Inteligencia Artificial podría solucionar este problema, sería un experto disponible a cualquier hora, que aparte de ayudarnos a procesar los datos, podría sugerir algún tipo de proceso especial, e incluso, ayudar en la interpretación de los datos y la prueba de hipótesis. No han sido desarrollados muchos programas de este tipo con fines comerciales, dos ejemplos de paquetes para el proceso estadístico inteligente de datos, prueba de hipótesis e interpretación de resultados son el RX y el REX de R.L. Blum¹²
- Simulación de procesos. Ahora, aún con un desarrollo de computadoras inteligentes en gestación, es posible realizar experimentos piloto y jugar con variables que en la realidad serían imposibles de controlar y manipular. La inteligencia artificial puede también ayudar en la capacitación y asesoría de recursos humanos para la investigación, independientemente de la perspectiva bajo la cual se esté trabajando o se quiera trabajar, por ejemplo, es posible capacitar a observadores para que realicen registros, primero en realidades virtuales controladas y luego después, en un salón de clases.
- Diagnósticos. Se puede, mediante técnicas aplicadas de la Inteligencia Artificial, establecer correlaciones existentes entre determinados “atributos” o “síntomas” y situaciones definidas de una realidad específica observada.
- Manejo de entrevistas y registros de observación. Mediante el reconocimiento inteligente de voz, es posible ahorrar mucho tiempo en la transcripción de entrevistas y registros de observación. Además con el uso de programas que posibilitan el manejo inteligente de información escrita no acotada o hipertextos del tipo del KOT: “Knowledge Organization Tool”,¹³ es posible procesar y analizar estas entrevistas y registros directamente, estableciendo conexiones semánticas significativas de acuerdo al enfoque teórico a partir del cual se esté trabajando.

Docencia

Las aplicaciones en la docencia van desde la formación docente, hasta el estudio de la interacción-maestro alumno, el análisis de la práctica docente y el

desarrollo de habilidades cognoscitivas en los alumnos, esto entre muchas cosas más. A continuación se señalan algunas de las aplicaciones más viables en estos momentos.

La formación de docentes puede enriquecerse y facilitarse con la simulación en máquinas de situaciones específicas en clase. Es posible facilitar el análisis y la edición de videos que permitan al maestro observar su propia práctica en situaciones específicas.

El desarrollo de materiales didácticos "inteligentes" que por un lado apoyen la actividad del docente, y por otro lado permitan al alumno contar con medios más ricos de aprendizaje. Imagine, por ejemplo, la posibilidad de que un alumno pueda explorar a su antojo el cuerpo humano, simulado en computadora de tal manera que sea posible intervenir en el proceso de duplicación de una cadena de ADN o presenciar la fecundación "in vitro virtual"; navegar en el flujo sanguíneo o modificar con variables reales (virtuales por supuesto) la transmisión de electrolitos a través de la membrana celular. Incluso, a nivel superior, en la enseñanza de la medicina, se está usando la realidad virtual en el entrenamiento de cirujanos en Japón y Estados Unidos.

En este punto, la multimedia -muy en voga en nuestros días- al combinarse con la Inteligencia Artificial hace aún más rico el proceso de aprendizaje.

En cuanto al desarrollo de habilidades de pensamiento, esto es posible por varias vías, entre las cuales están:

- El desarrollo e implementación en un entorno computarizado inteligente, de programas para la evaluación y desarrollo de habilidades de pensamiento, en los que el computador no es sólo un medio para presentar información variada al alumno y un medio que propicia la repetición constante, y gradual en complejidad, de ejercicios; sino que, es una extensión de la labor mediadora del maestro. Hecho que permite hacer masiva la implementación de programas que hasta ahora son necesaria o principalmente individuales.
- La programación en inteligencia artificial orientada a la educación o a la resolución de problemas específicos en cualquier ámbito también es un medio que favorece al desarrollo de habilidades cognoscitivas. Programar en inteligencia artificial implica conocer la manera en que uno mismo piensa para después realizarlo a través de la computadora, es decir, implica el desarrollo de habilidades metacognoscitivas, e implica también el desarrollo de soluciones creativas a los problemas. Este aspecto ha sido menos estudiado que los demás mencionados aquí, pero incluso se han hecho ya estudios del desarrollo de habilidades de pensamiento en desarrollo-retardados a través de la programación de computadoras.¹⁴

Administración Educativa

En ella la inteligencia artificial podría facilitar aún más las tareas que actualmente se realizan en computadoras tradicionales, tales como el control y registro de alumnos. Pero aún en este tipo de actividades, en las que la

computadora ya se ha ganado un lugar indiscutible, la inteligencia artificial puede facilitar tareas como la planeación educativa, simulando procesos y permitiendo prever situaciones especiales más fácilmente, así como asesorando a los administradores educativos en la toma de decisiones, proporcionando el máximo de información disponible y realizando procesos "inteligentes" de esta información.

Para finalizar, muchas de estas aplicaciones de la Inteligencia Artificial podrán parecer al lector como de "primer mundo", y en algunos casos, por el momento, así es; por ejemplo, el uso de realidades virtuales. Otro aspecto que hace poco accesible el uso de la inteligencia artificial es la falta, en nuestro medio, de suficientes profesionales capacitados. Pero, respecto a la primer cuestión, no olvidemos que la tendencia en computación es hacia la producción en masa de equipo y el abaratamiento continuo del mismo; incluso, las aplicaciones inteligentes, que hasta hace poco eran posibles de implementar sólo en supercomputadoras con capacidades de multiprocesamiento, es decir, proceso en paralelo a gran escala, ahora las podemos adquirir o diseñar para trabajar en computadoras personales bajo ambientes como el OS/2 ó Windows. Y por otra parte, en el último año 3 instituciones educativas han empezado a ofrecer aquí en Guadalajara, formación en Inteligencia Artificial -está por incorporarse una institución más- y se han creado dos centros de investigación especializados adscritos a una Universidad. Esto quiere decir que no pasará mucho tiempo para que podamos explotar posibilidades de aplicación como las anteriores, en ayuda de la actividad educativa.

Notas

1. Gardner, Howard. *La nueva ciencia de la mente, historia de la revolución cognitiva*, Barcelona, Editorial Paidós/ Serie Cognición y desarrollo humano, 1988.
2. Haugeland, John, *La inteligencia Artificial*, México, Editorial Siglo XXI 1988.
3. Bolter, J. David, *El hombre de Turing, la cultura occidental en la era de la computación*, México, Fondo de Cultura Económica/CONACyT, 1988.
4. Churchland, Paul M., *Materia y conciencia. Introducción contemporánea a la filosofía de la mente*, Barcelona, GEDISA, 1992.
5. Hopfield, J.J., "Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities", en: *Neurocomputing*, Cambridge, Massachusetts Institute of Technology Press, pp. 460-465, 1988.
6. Dreyfus, Hubert L. "The limits of Artificial Intelligence" en: *What Computers still can't do: A critique of Artificial Reason*, Cambridge, Massachusetts Institute of Technology Press, pp. 285-305, 1993.
7. Pagels, Heinz R. *Los sueños de la razón, el ordenador y los nuevos horizontes de las ciencias de la complejidad*, México, CONACyT/GEDISA, 1991.
8. Sánchez y Beltrán, *Sistemas expertos, una metodología de programación*, México, Macrobit Editores, 1990.
9. Johnson-Laird, Phillip N. *El ordenador y la mente, introducción a la ciencia cognitiva*, Barcelona, Editorial Paidós/ Serie Cognición y desarrollo humano, 1990.

10. Sánchez, Gildardo, "Los fines de la Inteligencia Artificial", En: *COMPUDEG*, México, Universidad de Guadalajara, Año 1, No. 8, Diciembre de 1991.
11. Widman, Loparo y Nielsen, *Artificial Intelligence, simulation and modeling*, Nueva York, John Wiley & Sons, 1989.
12. Reynel Iglesias, Heberto, "Hacia la biblioteca electrónica de realidad virtual", en: *Información: producción, comunicación y servicios*, México, Infoconsultores S.C., Año 3, número 4, pp. 10-20, 1993.
13. Schaffer, Cullen, "Statistical Intelligence: A Manifesto", en: Memorias del I Simposium Internacional de Inteligencia Artificial, México, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey/McGraw Hill, pp 345-351, 1988.
14. Gutecunst, Kevin R. "A Hipertext-based Knowledge Organization Tool", en: International Simposium on Artificial Intelligence (proceedings), México, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey/LIMUSA, pp.471477
15. Echeverría, B. "El proyecto EAO, en un contexto de educación especial", en: *Tecnología y Educación*, Compilación de Mikel Aguirregabiria, Memorias del II Congreso Mundial Vasco, Madrid, Narcea, 1988.