

«Sistemas expertos» en arqueología: valoración de las hipótesis

JOSÉ SANCHEZ MESEGUER *

*Un experto es alguien que
cada vez sabe más sobre me-
nos, hasta que lo sabe todo so-
bre nada.*

(Anónimo)

La «oferta Informática» que nos llegó a los que, temerosa pero orgullosamente, dimos los, por entonces en nuestro ambiente, y no siempre bien comprendidos, primeros pasos en el mundo del conocimiento y de la utilización de los «chips», al inicio de la década de los ochenta, era reducida: nada apenas de «software» o programación, y un también reducido y nada potente «hardware» o equipamiento instrumental, de tal modo que apenas si pudimos dedicar nuestros limitados «Ordenadores Personales» a la realización de tareas básicamente fundamentales: cálculo..., nada ambiciosas Bases de Datos..., almacenamiento de la información en «cassettes»..., y a imprimir algún que otro no excesivamente sofisticado Gráfico de líneas o un Histograma...

Pero la oferta actual del mundo de la Informática, ha comenzado a traspasar las ya conocidas barreras de esos llamados «paquetes», «gestores», «procesadores», etc., para entrar en nuevos ambientes, ambientes entre los que destacan el de los tratamientos de imágenes, diseño asistido por ordenador, reconocimiento de voz, etc., y, sobre todo, en el

* Universidad Autónoma de Madrid.

mundo de la «Inteligencia Artificial», con los llamados «sistemas expertos».

A nadie, medianamente familiarizado hoy día con el empleo de los Ordenadores, escapa el que la llamada «Inteligencia Artificial» es un área de creciente importancia en el desarrollo y aplicaciones de la Informática en el mundo actual; tampoco a nadie escapa, que ese concepto no equivale al de un juego de soñadores ni de científicos excéntricos que creen que el «cerebro electrónico» es capaz de cualquier cosa, de actuar incluso como lo haría un ser humano, simulando su inteligencia, sino que se trata de un conjunto de desarrollos y aplicaciones informáticas que incidirá notablemente y tendrá profundos efectos en nuestra Sociedad en los próximos cinco lustros.

Las técnicas de la IA, abreviatura comúnmente empleada para designar el término de «Inteligencia Artificial», son variadísimas, y el campo de sus aplicaciones se extiende cada vez más en el ambiente tecnológico, científico y humanístico. La IA está pasando de ser una expresión más o menos mitificada y llena de misteriosas sugerencias para los «no iniciados», a convertirse en una realidad tangible que se incorpora a áreas de trabajo cada vez más variadas, a las que ni sus pioneros y defensores en sus primeros pasos, ni siquiera soñaron.

El que la Medicina, la Geología, la Ingeniería, la Física o la Química empleen para la resolución de determinados problemas las técnicas de la IA, como puede apreciarse en la sucinta lista bibliográfica que proponemos, no resulta nada extraño, pero el que esas técnicas se empleen para resolver problemas de interpretación histórica como, por ejemplo, sobre los modelos y niveles de la Economía en algunos de los períodos de la Historia más vieja del hombre, no resulta ni usual ni frecuente.

Pero, qué es exactamente la «Inteligencia Artificial» y por qué es y puede ser aún más importante en el próximo futuro...?

Y qué son los «Sistemas Expertos...?»

Contestando a la primera pregunta, digamos que por tal se entiende un sistema informático que incorpora, en forma manipulable por una máquina, el conocimiento sobre temas y cosas que requieren en su comprensión y análisis, inteligencia en la aplicación de los procedimientos generales para encontrar respuestas, dentro de su comprensión y análisis, a los problemas sobre un determinado aspecto, imitando en la resolución, el comportamiento inteligente del ser humano.

Resumiendo la larga definición dada por la British Computer Society (Naylor, 1986), un «Sistema Experto» es una de las aplicaciones de la

Inteligencia Artificial, que pese a configurarse como una de las tecnologías más importantes para el futuro, y sobre todo en sus aplicaciones microinformáticas, no es más que un programa de ordenador dotado en su «arquitectura informática» de la experiencia humana en algún área o campo de conocimiento, capaz de hacer algo que no se imagina que podría hacerse con un ordenador, ya que ese «algo» solamente podía hacerlo un humano y, además, experto en la materia.

Y las dos cosas son verdad, (una «máquina» bien enseñada puede sustituir a un determinado hombre), solo que para que se cumpla la primera de las condiciones líneas arriba propuestas, es necesario la segunda: la presencia del experto humano, y a partir de ahí, con el empleo de este tipo de programas, los profesionales no expertos en la materia, pero al menos «enterados», como corrientemente se dice, pueden llegar a desarrollar con éxito, tareas tales como diagnosticar enfermedades comunes entre los seres humanos, enfermedades de plantas, localizar fallos de mecánica o de electrónica, clasificar tipos variados de fauna, localizar minerales, etc., al memorizarse, o almacenarse, «dentro» del programa los conocimientos y experiencia de los técnicos y especialistas sobre un determinado tema, adquiridos por ellos en la vida real, a través de un complicado, pero indudablemente eficaz, sistema de aprendizaje.

Los «sistemas expertos» son pues, aplicaciones que simulan la forma en que un experto humano realiza una tarea, tomando decisiones en base a datos cambiantes o en base a su conocimiento sobre dicha tarea. Los «sistemas expertos», en definitiva, utilizan el conocimiento de los expertos humanos para resolver problemas de un modo eficiente: «simulan» el genio humano para crear expertos «artificiales» y permitir una toma de decisión o postura, a los que no lo son.

En la elaboración de este tipo de programas, lo que se pretende simular mediante la producción de reglas muy concretas, es la manera en que los humanos abordan y resuelven determinados problemas, y esas reglas lo que hacen es proporcionar al Ordenador una especie de «inteligencia aparente», como con una cierta capacidad de raciocinio, para que pueda emular las formas de razonamiento de un especialista en una determinada materia.

Una ojeada a la mucha Bibliografía existente sobre las aplicaciones de la Informática, convencerán rápidamente al lector de que, además de ser mucha de ella bastante antigua (lo que elimina el carácter de «novedoso» que muchos se empeñan en dar a la Inteligencia Artificial), es igualmente variada, como igualmente es variada la «morfología» o mo-

dalidades de emulación que presenta la IA, variedad que se justificaría al considerar la multiplicidad de la actividad humana.

La IA es la ciencia que permite a los ordenadores emular capacidades humanas tales como las de ver, oír, hablar e incluso manipular y elaborar decisiones a partir de un conjunto preestablecido de analogías y deducciones, y, además, como el ordenador permite hacerlo almacenando y procesando a enormes velocidades grandes cantidades de datos, la IA los convierte en expertos «ayudantes» en una gran variedad de campos del saber, de ahí que las capacidades humanas sean emuladas por programas de reconocimiento y proceso de formas e imágenes, programas de proceso del lenguaje humano, programas de robótica, programas de razonamiento abstracto, etc.

La estructura de un programa (Sánchez Meseguer, 1988) de este tipo responde a un simple esquema formado por dos bloques fundamentales: una «base de conocimientos» (la información contenida en nuestra Base de Datos líneas arriba mencionada, nos servía a los fines que nos proponíamos), y un «motor de inferencia» o bloque de deducción (núcleo del «Sistema Experto» que contiene los algoritmos encargados de generar los razonamientos, y de los que existen en la actualidad más de un centenar de modelos propagados por Universidades, incluso de nuestro país, centros de investigación, fabricantes de ordenadores, compañías dedicadas a la producción de «software», grandes corporaciones, etc.).

Un «sistema experto» deberá contar además con un tercer bloque o parte, que es la que se «comunica» con el usuario, capaz de proporcionar aclaraciones (subsistema de explicación o interfase de usuario), capaz de simular la adquisición del conocimiento y capaz de aprender. La llamada «interfaz de usuario» es parte fundamental en toda la mecánica de construcción del «Sistema», ya que lo convertirá en verdaderamente utilizable por los «no expertos».

De la actual propuesta, se puede deducir que entre los «modos» de Sistemas Expertos, destacan fundamentalmente los que se basan en «reglas» y los que están basados en la «probabilidad», por lo que en ambas direcciones han ido nuestras aproximaciones a esta técnica científica de la IA, y en estas notas nos referiremos al que hemos construido basándonos fundamentalmente en el empleo de un motor de inferencia de métodos probabilísticos, y que tiene por eje central el Teorema, o teoría de la decisión, del reverendo Thomas Bayes, matemático y ministro de la Iglesia Presbiteriana, que formuló sus ideas en el siglo XVIII.

El empleo de este tipo de «expertos» resulta especialmente recomendable en nuestra ciencia, la Arqueología, ya que la mayor parte de

las veces, de los hechos del Pasado no poseemos una imagen tan exacta que nos permita establecer con ellos reglas de lógica determinista, clásicamente «aristotélica», sino más bien lo que poseemos es una especie de conocimiento «difuso» que tiene un valor probabilístico alto o bajo según sea cada vez el hecho considerado bajo variadísimas circunstancias, incluidas las de ser conocido de forma incompleta.

El modelo probabilístico que proponemos, es comparable a uno de los que se emplean en Medicina y que permite identificar mediante el análisis, valores de las frecuencias de presencia o ausencia, etc., de ciertos síntomas, determinadas patologías clínicas.

Cálculo de probabilidades condicionadas, probabilidades iniciales, en sus formas «a priori» y «a posteriori», verosimilitudes, amén de otras lindezas de orden estadístico, valoraciones simples y múltiples, que para los matemáticos no estarían aquí muy bien explicados, y que para mis colegas podría parecer excesivo en mi pluma, y evidentemente en mis conocimientos, forman el «motor de inferencia» de Arxeos IV, y manipulando con la convención de que los «actos y artefactos» que existen, en los Yacimientos arqueológicos son a los fenómenos económicos, lo que los síntomas a las enfermedades, construimos una Base de Conocimientos formada por una serie de preguntas referidas a la identificación, como síntomas, de resultados, como enfermedades, de carácter económico. Es decir que suponemos que si en un yacimiento arqueológico aparecen elementos (síntomas) vinculables a las tareas agrícolas tales como objetos empleados para la roturación, ejemplos de cereales, útiles de molturación, recipientes de almacenaje, etc., existe indudablemente una economía en la que de algún modo ha jugado un papel más o menos importante la agricultura (enfermedad). La valoración aritmética del binomio cualitativo/cuantitativo del testimonio (síntoma), permitirá identificar el nivel de ese grado de economía (levedad o gravedad de la enfermedad, siguiendo el símil médico que hemos propuesto).

El núcleo del programa, «motor de inferencia», es de tipo probabilístico, y tiene como parte del soporte algorítmico el Teorema de Bayes, cuya teoría de la decisión queda fundamentalmente apoyada en el hecho de que las probabilidades «a posteriori» de que ocurran ciertos sucesos tienen que modificarse conforme se acumula información «a priori» y adicional sobre ellos, lo que permite tener en cuenta incluso datos muy limitados, o conocimientos difusos.

Iniciada la década de los ochenta, gracias a una importante ayuda económica de la entonces CAICYT y al soporte técnico y moral que nos

facilitó la Universidad Politécnica de Madrid a través de su Rectorado ¹, y de la Facultad de Informática de esa Universidad a través de su Decanato ², pudimos adentrarnos en el conocimiento de las aplicaciones de los Ordenadores al campo de la Arqueología, y desarrollar con la inestimable ayuda de unos eficaces e inquebrantables colaboradores ³, una importante y numericamente abundante serie de trabajos de Investigación, Memorias de Licenciatura y Tesis Doctorales, en el marco de un Proyecto al que genéricamente llamamos «Arxeos», que cristalizaron, y entre otras cosas, en la creación de un Banco de Datos sobre Yacimientos de la Edad del Bronce, y sus materiales arqueológicos, del Sureste, Suroeste, Levante y Centro de la Península Ibérica, Banco en el que se puede encontrar información referida a más de mil quinientos yacimientos.

La finalización de una de las fases de «Arxeos» con tal volumen de información, nos sugirió la posibilidad de adentrarnos en el mundo de la «Inteligencia Artificial» y, en especial, en el campo de los «sistemas expertos» y del «reconocimiento de formas», y ayudados ahora por especialistas no procedentes del campo de la Arqueología ⁴, pusimos en marcha el desarrollo de una serie de «programas piloto» destinados a

¹ El Prof. Dr. Rafael Portaencasa, actual Rector de esa Universidad, fue una de las primeras personas que se interesó por nuestra propuesta de trabajo, cuando todavía era Decano de la Facultad de Informática, y nos animó y aconsejó infatigablemente a lo largo de todos estos años.

² La presencia en el Decanato de la Facultad de Informática del Prof. Dr. Antonio Insúa, primer sucesor del Prof. Portaencasa, y del Prof. Dr. Luis Maté como actual Decano, resultaron igualmente fundamentales en el desarrollo del Proyecto Arxeos, pues sus ánimos, consejos y ayuda de toda índole, no nos han faltado jamás.

³ Aquí la lista se hace larga, y aún a riesgo de saber que olvidaremos a muchos de ellos, mencionemos los nombres de nuestras colegas Galán Saulnier, Fernández Vega, Poyato Holgado, Romero Salas, Valverde, Andreu, Sanz del Cerro, Fonseca, Garcés, Maicas, etc., así como los de nuestros colegas Frontan, Bort, Martínez Peñarroya, Miranda, etc., que fueron los que pusieron en marcha la «máquina» de las Bases de Datos.

⁴ José Curiel fue el primer «informático» que se sentó en una mesa con nosotros a convertir nuestras ideas en una secuencia de sentencias del programa para un Ordenador. Con él aprendimos nuestro ABC de la programación y el manejo de los Ordenadores. Con él nos metimos en este lío de mundo de «chips», y de él aprendimos que todos los «chips» del mundo no sirven para casi nada si no se les enseña a valer.

Joaquín García Gallo ha resultado insustituible para entrar en el mundo del reconocimiento de formas y en la reconstitución digitalizada de cerámicas fragmentarias, el «otro» Arxeos IV, y confío en que pronto pueda hablar más de lo que ya he hecho de ese interesante programa, y poder agradecerle aun más y mejor a su verdadero creador todo lo que he aprendido con él.

Carlos Alemany, como el anterior, del Instituto Torres Quevedo, dependiente del CSIC, resultó también fundamental en el programa de las cerámicas al que hemos hecho referencia, y sigo en deuda con él por la ayuda que nos prestó.

ayudar a nuestros alumnos en el conocimiento de la Edad del Bronce en general y de su «economía» en particular, y en el reconocimiento y reconstitución de formas cerámicas en estado fragmentario, programas que respectivamente fueron llamados «Arxeos IV» y «Arxeos III».

«Arxeos IV» parte, para reconstruir y valorar la economía protohistórica de la Edad de Bronce, del principio de que cada actividad «producible y rentable» del Pasado, puede y debe de estar representada en un Yacimiento por todos y cada uno de los objetos o testimonios arqueológicos que usualmente se relacionan con ella, y que la ausencia o abundancia de éstos, relacionados además con el entorno y contexto en que aparecen, representan un grado, e incluso un nivel dentro de él, de esa «economía», en forma de modos tales como la autosuficiencia, insuficiencia, dependencia, etc., y como respuestas a las variadas necesidades del poblado.

Baste como ejemplo de lo que proponemos considerar el hecho de que la agricultura, como actividad económica, puede estar representada en un yacimiento arqueológico de muy distinta forma y con diferente valor a través de los objetos que la caracterizan e identifican como actividad, y que pueden ser más pobres las gentes de un poblado en el que solo aparecen elementos agrícolas relacionados con la siembra y la recolección, aunque sean muy abundantes, que las de otro en el que apenas aparezcan denticulados o útiles de roturación, y en cambio abunden los objetos de molturación y los recipientes o estructuras de almacenamiento y transformación de los productos derivados de la actividad agrícola.

Valorar en estos casos el «sí» o el «no» de la representatividad de esos objetos, considerándolos además en un entorno o ecosistema, y obtener igualmente el valor de su caracterización económica, en función de las distintas actividades que representan a los modos de vida de las sociedades que culturalmente se escalonan, desde la Recolección a las producciones de la Metalurgia, se hace tremendamente complicado.

Pero si se recurría a la utilización de uno de estos «Sistemas Expertos», pensábamos, podríamos primeramente revisar el estado de nuestros conocimientos, en segundo lugar sistematizarlos, y, en tercer lugar, proporcionar una herramienta informática nueva a nuestros alumnos, herramienta capaz de acercarlos a los conocimientos que los «expertos» poseen sobre esos períodos de la Historia de nuestra Cultura.

Comenzamos la tarea de «fabricar» un piloto en expertizaciones o programa interactivo, que fuera capaz de intercambiar información con un usuario, o lo que era lo mismo un programa mediante el cual el usuario

pudiera dialogar libremente con el ordenador, formulando preguntas y recibiendo respuestas coherentes, en este caso, sobre la Economía de la Edad del Bronce.

En forma interactiva, nuestro «experto» en Economía de la Edad del Bronce, pregunta desde el Ordenador a su interlocutor todas, o solamente algunas, de las preguntas de un cuestionario, y en relación con actividades o restos de la vida económica del poblado que se analiza, directa o indirectamente representados, esperando para efectuar los cálculos una respuesta afirmativa o negativa, además de aritméticamente ponderada, y conforme a la siguiente fórmula:

¿Existen en el Yacimiento testimonios arqueológicos que se relacionen con la/el:

- Recolección de frutos silvestres...?
- Recolección de plantas útiles...?
- Consumo de moluscos...?
- Práctica de la caza menor...?
- Consumo de carne de animales domésticos...?
- Utillaje pecuario...?
- Utillaje óseo...?
- Útiles de sementera...?
- Útiles de piedra tallada...?
- Útiles denticulados...?
- Útiles de molienda...?
- Grandes recipientes...?
- Cordelería y esterería...?
- Carpintería...?

- Proximidad a vías de comunicación...?
- Práctica de la caza mayor...?
- Consumo de animales domésticos jóvenes...?
- Estructuras de almacenamiento...?
- Útiles de minería...?
- Moldes de fundición...?
- Escorias de fundición...?
- Útiles de metal...?
- Objetos de adorno...?

- Objetos «exóticos»...?
- Objetos «fuera de contexto»...?
- Adornos metálicos...?
- Ídolos...?
- «Vajillas» cerámicas...?
- «Urbanismo»...?
- Tumbas con ajuar...?
- Estructuras religiosas...?
- Estructuras defensivas...?
- «Acequias»...?
- Armas metálicas...?

Cada una de las anteriores preguntas, dentro de las del primer bloque, o varias de ellas a un tiempo, representan, teórica, aunque no por ello indiscutible, y convencionalmente en nuestra propuesta de funcionamiento del «sistema experto» con el que trabajamos, «respuestas» a necesidades de primera magnitud en la vida de un grupo humano (tales como las inherentes a la propia subsistencia: alimentación, vivienda, vestido, etc.).

Otras de ellas, las del segundo bloque, permiten, además de evidentemente cubrir las necesidades primarias, mejorar en segunda magnitud la «calidad de vida» de ese grupo, y otras, por último, además de permitir los dos estadios anteriores, proporcionan en tercera magnitud, un mayor «prestigio» a quienes las ostentan, ante el grupo, en el sistema, etc.

Sentadas estas premisas, se obtiene un marco de «economía teórica» diferenciado cualitativamente en «grados» que se escalonan desde un primero para las actividades o artefactos de prestigio y «prosperidad» de nuestra lista en el último de los bloques, hasta un tercero para las que meramente suponen la «subsistencia».

Se establece igualmente un «cuarto grado» como respuesta al análisis de los yacimientos de los que se posee poca información, ya que cabe la posibilidad de que esa época que hay pudiera ser que «fuera toda la que verdaderamente hubiera» cuando se realizara la excavación o se ponderasen los resultados.

Pero como actos y artefactos cambian de valor cualitativo en relación con la cantidad de su presencia, y en razón al contexto en que se enmarcan, hemos introducido una nueva variable a la que denominamos «nivel» y que funciona en razón a la ponderación aritmética de la respuesta, afirmativa o negativa, que se dé al Ordenador. La respuesta tiene

un valor numérico positivo, si es afirmativa, cuyo tope es 5. A la respuesta negativa le corresponde un valor precedido del signo aritmético «menos» (-) y también con el número 5 como tope más absoluto de esa negación. Los valores que se acerquen hasta 0, ya sea positivos o negativos, se conceden como valoración difusa o imprecisa de la respuesta a la pregunta.

El valor «cero» se le proporciona al Ordenador cuando no tenemos respuesta o cuando no interesa darla porque la pregunta, pensemos, no es significativa. Evidentemente cuanto mayor sea el número del «no sabe/no contesta», menor será el valor de la probabilidad con la que la computadora nos clasificará el Grado y Nivel de la economía del yacimiento que estudiamos.

Digamos a este respecto, que incluso se ha previsto la posibilidad de que se nos informe desde la máquina de la inviabilidad de realizar los cálculos necesarios para convertir en fiable la respuesta.

Esa respuesta se nos ofrece como un hecho de valor probabilístico, es decir como posibilidad «cero» (que no ocurra nunca), o como posibilidad «uno» (que ocurra siempre). En medio de ambos valores se producirán resultados que representen la menor o mayor «incertidumbre» según se vayan alejando de «uno» y acercándose a «cero», respectivamente.

Informáticamente hablando, la «Base de Conocimientos» es de tipo heurístico, es decir se trata de una estructura sistemática puesta a punto por un «ingeniero del conocimiento»⁵, un también buen amigo y técnico especializado en el campo de la Informática, en suma, quien ha incorporado a cada uno de los objetivos propuestos por nosotros (grados y niveles), las respuestas heurísticas, o apoyadas en la experiencia o conocimiento empírico, que se habían obtenido de las Bases de Datos de Arxeos. Este tipo de razonamientos no garantiza un resultado seguro, pero la mecánica de su funcionamiento es lo suficientemente fiable y «aséptica» como para permitirse aceptar los resultados, máxime si se tiene en cuenta que no se generalizan las posibilidades de la existencia de cada uno de los «grados» y correspondientes «niveles» económicos, sino que se establecen barreras estadísticas basadas en el conocimiento

⁵ La paciencia con la que nos ha escuchado y la ayuda que nos ha proporcionado Amador M. González desde siempre, pero en especial durante esta fase de nuestros trabajos, han resultado fundamentales para el «Sistema Experto» del que ahora hablamos, y para otros proyectos que sobre esta línea de trabajo tenemos en marcha. Nunca podremos agradecerle suficientemente toda la ayuda de que hemos dispuesto.

comparativo de la realidad arqueológica de los yacimientos de la Edad del Bronce y de sus contenidos materiales y culturales.

Todo lo anterior arroja un cuadro-soporte para los cálculos del «Experto» que se configura de la siguiente manera:

- Cada «grado-nivel» se ha supuesto porcentualmente presente de forma cuantitativamente inversa, o lo que es lo mismo, que hay menos yacimientos «muy ricos» que yacimientos «muy pobres».
- Hemos supuesto (tras un contraste estadístico) que cada uno de esos «grado-nivel» tiene como características algunas de las actividades de la lista-tipo, representadas por actos o artefactos.
- Hemos atribuido a cada característica la representatividad de su «grado-nivel» con un valor probabilístico, entre 0 y 1, de menor a mayor certidumbre.
- Hemos, por último, considerado también la probabilidad, entre 0 y 1, de que pese a aparecer la característica, no represente con certeza al «grado-nivel», es decir hemos introducido un valor de incertidumbre.

Nuestro «prototipo» Arxeos IV, como modelo simplificado de un Sistema Experto basado en la probabilidad, tenía en sus primeros pasos como objetivo, el comprobar la viabilidad de su manipulación para sacar conclusiones en torno a las diferentes «economías» de la Edad del Bronce, y esa viabilidad es hoy un hecho, lo que nos permite el haber comenzado a adentrarnos en vías más complejas y que hoy escapan al sentido de estas líneas, líneas que pretenden, además de servir de modesto homenaje a un antiguo, que no viejo, amigo, propugnar una indudablemente mejor reconstrucción del Pasado, gracias al empleo de métodos e instrumentos como los de la Inteligencia Artificial y el «Ordenador»: otras herramientas más de trabajo, al servicio de la Arqueología y de sus profesionales.

Pero pese a que nuestro optimismo en la defensa de la utilización de esas máquinas y de las nuevas técnicas, en pro de las potentes perspectivas de trabajo que su manejo comportan, resulta evidente, no

olvidamos en ningún momento el que sus aplicaciones y los métodos que conllevan, tienen que seguir siendo considerados con cierta precaución y, sobre todo, aplicados con exquisita prudencia, adaptándolos en cada ocasión a la naturaleza del tema que se estudia.

Nada más lejos de nuestro ánimo que pretender y propugnar estandarizaciones milagrosas con su empleo, y aunque sin olvidar considerar con las debidas reservas, pero también con renovada y animosa esperanza, su aplicación en la Investigación y en la Enseñanza, nos permitimos animar a nuestros colegas en la aplicación de modelos teóricos como los que aquí se proponen, comprometiéndonos desde estas líneas a facilitar cuanta información se nos recabe.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTY, J. y COOMBS, M., 1986: *Sistemas Expertos. Conceptos y ejemplos*; Ed. Díaz de Santos, S.A. Madrid.
- ANGULO, J. M. y DEL MORAL, A., 1986: *Guía fácil de la Inteligencia Artificial*; Ed. Paraninfo, S.A. Madrid.
- ANÓNIMO, 1987: «Inteligencia Artificial. El sueño del Siglo»; *Chip-Micros*, núm. 25, pág. 44 y ss., Madrid.
- ANÓNIMO, 1988: *Sistemas expertos. El poder del Conocimiento*; *Micros*, núm. 54, pág. 55 y ss., Madrid.
- AUBERT, J. P. y SCHOMBERG, R., 1986: *Inteligencia Artificial*; Ed. Paraninfo, S.A. Madrid.
- BARR, A. y FEIGENBAUM, E. A., 1981: *The handbook of Artificial Intelligence*; Pitman Books. Londres.
- BERK, A. A., 1986: *LISP el lenguaje de la Inteligencia Artificial*; Ed. Anaya Multimedia, S.A. Madrid.
- BOHANNAN, P., 1963: *Social Anthropology*; pág. 211 y ss., Nueva York.
- BRAIN, KEITH y STEVEN, 1986: *Inteligencia Artificial con el Commodore 64. Haga pensar a su Micro*; Ed. Paraninfo, S.A. Madrid.
- CASTILLO, E. y ÁLVAREZ, E., 1989: *Sistemas Expertos. Aprendizaje e incertidumbre*; Ed. Paraninfo S.A. Madrid.
- CHADWICK, M. y HANNAH, J. A., 1987: *Sistemas Expertos para Ordenadores Personales (Introducción a la Inteligencia Artificial)*; Ra-Ma Editorial. Madrid.
- CUENA, J. y otros, 1986: *Inteligencia Artificial: Sistemas Expertos*. Ed. Alianza Editorial; Col. Alianza-Informática núm. 2. Madrid.
- FISCHLER, M. y FIRSCHEIN, O., 1987: *Intelligence: The eye, The brain and The Computer*; Ed. Addison-Wesley; Amsterdam.
- GALÁN PASCUAL, C., 1986: «Inteligencia Artificial. Panorámica y perspectivas»; *BIUP'S*, núm. 1; pág. 32 y ss.; Madrid.

- GIMENO, I.; GONZÁLEZ, R. y QUESADA, F., 1988: Arqueólogos e Informática; *Boletín de la AEAA*, núm. 24; pág. 5 y ss.; Madrid.
- GONDRAN, M., 1984: *Introducción aux Systemes Experts*; Ed. Eyrolles. Paris.
- HARTNELL, T., 1985: *Inteligencia Artificial: conceptos y programas*; Ed. Anaya Multimedia, S.A. Madrid.
- HARTNELL, T., 1986: *Sistemas Expertos. Introducción al diseño y aplicaciones*; Ed. Anaya Multimedia, S.A. Madrid.
- MISHKOFF, H. C., 1988: (Prólogo de A. Feigenbaum). *A fondo: Inteligencia artificial*; Ed. Anaya Multimedia, S.A. Madrid.
- MONTERO RUIZ, I. y M. A., 1984: «Análisis asistido por ordenador, de yacimientos arqueológicos»; *Boletín de la Asociación EAA*, núm. 20, pág. 51 y ss. Madrid.
- NAYLOR, C., 1986: *Construya su propio Sistema Experto*; Ed. Díaz de Santos, S.A. Madrid.
- NILSSON NILS, J., 1987: *Principios de Inteligencia Artificial*; Ed. Díaz de Santos, S.A. Madrid.
- NISTAL BARTOLOMÉ, J. M., 1988: «Fundamentos de los Sistemas Expertos y el lenguaje de programación Turbo-Prolog»; *El Ordenador Personal*, núm. 63, pág. 69 y ss.; Madrid
- OÉHARA, M., 1985: «Sistemas Expertos. Programar con inteligencia»; *Chip-Micros*, núm. 24, pág. 46 y ss. Madrid.
- O'SHEA, J. y SELF, J., 1985: *Enseñanza y aprendizaje con Ordenadores. Inteligencia Artificial en Educación*; Ed. Anaya Multimedia, S.A. Madrid.
- RICHARDS, J. D. y RYAN, N. S., 1985: *Data processing in archaeology; Cambridge Manuals in Archaeology*. Cambridge University Press; Cambridge.
- SÁNCHEZ MESEGUER, J., 1986: «La importancia de la Informática en los estudios de Arqueología»; *I Jornadas de Metodología Arqueológica de Murcia*. Manuscrito multicopiado. Murcia.
- 1987: «Ordenadores y Economía: aproximación a la de la Edad del Bronce en el Altiplano»; *II Jornadas de Historia de Yecla. Homenaje a D. Gratiniano Nieto*. Yecla. (En prensa).
- 1988: «Arxeos IV: Un "experto" en economía de la Edad del Bronce»; *Cuad. Preh. y Arq. UAM*, núm. 11-12; *Homenaje al Prof. G. Nieto, Vol. I*; Pág. 107 y ss. Madrid.
- 1988: «Ordenadores y Arqueología»; *Simposio Internacional de Educación e Informática. ICE de la UAM*; pág. 576 y ss.; Madrid.
- 1988: *Arqueomática: Arqueología e Informática*. Festschrft. zur W. Schüle Geburtstag. Inst. für Vorgeschichte. Univ. de Freiburg i. Br. (En prensa).

- SÁNCHEZ VALLE, I., 1987: «Educación e Inteligencia Artificial»; *Zeus* núm. 3, pág. 16 y ss. Madrid.
- STOURDZA, P., 1982: «Inteligencia Artificial y Bases de Datos»; *Informática Hoy*, núm. 14, pág. 44 y ss. Madrid.
- TARCONI, B., 1985: «Expert Ease. El nuevo concepto»; *Micros*, núm. 18; pág. 76 y ss.; Madrid.
- VARIOS AUTORES, 1986: Inteligencia Artificial (varios artículos); *Chip. Revista de Informática*; núm. 59, Junio, pág. 41 y ss. Madrid.
- WATERMAN, D. A., 1985: *A Guide to Expert Systems*; Ed. Addison-Wesley Publishing Co.; Londres.
- WHALLON, R., 1972: *The Computer in Archaeology. A critical survey*; *Archaeology*, núm. 7-1, pág. 29 y ss. Nueva York.
- WINSTON, P. H., 1984: *Artificial Intelligence*; Addison-Wesley Publishing Co. Reading, Mass.