

# LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA AGRICULTURA: PERSPECTIVAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

Por  
JULIO BERBEL VECINO (\*)

## I. INTRODUCCION

**E**N los últimos años han aparecido las primeras aplicaciones de la informática a la agricultura. Estas aplicaciones resolvían tareas repetitivas, mecanicistas o de manejo de grandes volúmenes de información. En el sector industrial, que tiene menos factores incontrolados y aleatorios que la agricultura, se vienen aplicando cada vez más los métodos CAD (Computer Aid Design), CAM (Computer Aid Manufacture) y la robótica.

En la agricultura no pueden aplicarse con tanta rapidez estos métodos tan deterministas por trabajar con seres vivos y no ser posible el control de todas las variables climáticas, ecológicas ni económicas. Es necesario recurrir a la rama más moderna de la informática que es la Inteligencia Artificial. Distintos trabajos han analizado con cierto detalle las aplicaciones de estas técnicas a la agricultura. La Inteligencia Artificial (I.A.) tiene dos campos de aplicación en la agricultura: la robótica y la construcción de sistemas expertos.

---

(\*) Profesor Titular. Departamento de Economía Agraria, Administración de Empresas y Estadística. E.T.S.I.A. Universidad de Córdoba.  
— Revista de Estudios Agro-Sociales. Núm. 149 (julio-septiembre 1989).

La Inteligencia Artificial es una disciplina nacida con el objeto de estudiar actividades humanas para las que no se disponía de métodos bien definidos para describir cómo se realizaban. Su nacimiento (Conferencia de Darmouth, 1956) vino de la falta de algoritmos capaces de describir determinadas actividades cognitivas, aparentemente simples (por ejemplo, reconocer un objeto visualmente, comprender el lenguaje hablado y escrito, diagnosticar enfermedades, etc.). Desde fines de los años sesenta los esfuerzos se dirigen hacia el estudio de sistemas inteligentes para la robótica (visión artificial, navegación sin piloto...), apareciendo la necesidad de incorporar a los sistemas gran cantidad de conocimientos específicos acerca de los problemas a resolver. Empezó así el estudio de los Sistemas Expertos (S.E.), que es la rama de la I.A. que puede tener mayor interés para la economía agraria.

La I.A. ha ido desarrollando una serie de técnicas específicas para atacar los problemas de los que se ocupa, como son: «estructuras de control y búsqueda heurística», «generación de planes», «aprendizaje deductivo e inductivo», «lenguajes especializados», etc. El propósito de este artículo es dar una panorámica de las posibilidades que presenta esta rama de la informática en el campo de la economía agraria.

## II. SISTEMAS EXPERTOS

La I.A. es el campo de la informática que trata de conseguir con el uso de los ordenadores el mismo conocimiento que tiene un experto humano. Los problemas a los que se enfrentan son:

- a) Juegos (ajedrez, estrategia militar...).
- b) Solución problemas complejos (diagnóstico, planificación...).
- c) Percepción (voz, óptica, táctil).
- d) Lenguaje natural.
- e) Robótica.

Si analizamos qué características tienen en común las cinco áreas numeradas, vemos que éstas son:

---

1. Complejidad de los problemas.
2. El problema planteado es general, no específico.
3. Requieren para su solución un conocimiento profundo sobre un tema.
4. El conocimiento y las definiciones son de tipo difuso.

Al enfrentarse al primero de los problemas, el de resolver juegos (como el ajedrez), el primer método utilizado fue el de impulsar la combinatoria hasta sus límites, tomando decisiones a partir de unas «funciones de valoración» de las distintas alternativas posibles. Con esto se consiguió el primer programa de ajedrez satisfactorio hacia 1967.

Mientras que la mayor parte de los investigadores en I.A. se enfrentaban a los problemas por la vía combinatoria o trataban de resolver problemas relacionados con la robótica, en 1970 un grupo de investigadores de Stanford dirigieron sus investigaciones por una vía distinta. Su programa, llamado DENDRAL, tenía que analizar los resultados obtenidos por un espectrógrafo de masas, campo en el que la combinatoria es totalmente inaplicable, ya que no conocemos las reglas por las que a partir de un espectro podemos deducir la fórmula desarrollada del cuerpo correspondiente.

La cantidad de conocimientos necesaria para atacar este tipo de problemas es enorme, poco conocida y no recopilada; por tanto, se tenía que «extraer» de los expertos. DENDRAL evolucionó progresivamente y permitió acumular una experiencia que se aplicó después, en 1974, a MYCIN, el primer sistema experto. Este programa era capaz de diagnosticar una infección bacteriana y de prescribir los antibióticos necesarios para luchar contra la infección.

Una de las características esenciales de los S.E. (1) es la separación que se practica entre los conocimientos que les son necesarios (base de conocimiento) y el programa que permite utilizar estos conocimientos (motor de inferencias). Los S.E. se conciben como programas de ordenador que «razonan» como lo haría el hombre, pero a condición de restringir su área de investigación a un

---

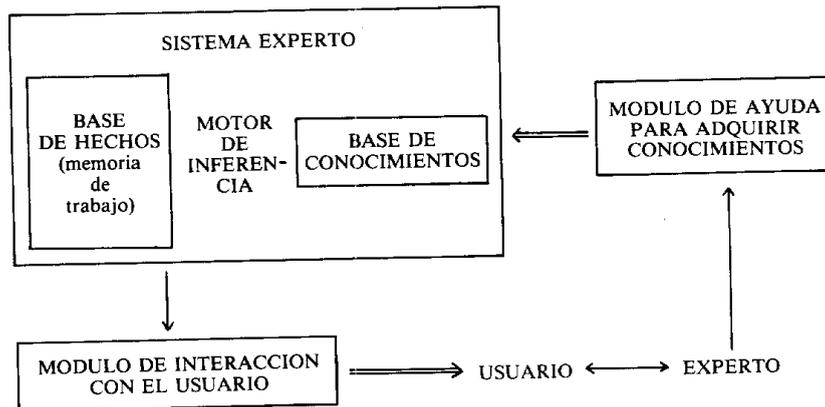
(1) Dos fuentes generales para los interesados en el tema son Stefik *et al.* (1983) y Rauch-Aindin (1989).

sector limitado de los conocimientos. Decir que los S.E. «razonan» como expertos humanos significa que hay un parecido entre los pasos que seguiría un especialista para abordar un problema concreto y los que sigue el sistema para abordar el mismo problema. Con este fin, el motor de inferencias (programa que explota los datos) debe poder rendir en todo momento cuentas de su comportamiento en términos explícitos; esto es, ha de explicar los pasos que da y los resultados a los que llega.

En cierto sentido un S.E. puede considerarse como un intermediario entre un usuario y un experto. De hecho, el desarrollo de un S.E. sólo se justifica en dos casos:

- 1) Hay pocos expertos y muchos usuarios.
- 2) Las decisiones se deben tomar muy rápidamente y el sistema no puede dejar de funcionar en ningún momento.

El siguiente diagrama trata de explicar gráficamente los conceptos anteriores.



En la investigación, el papel que juegan los S.E. se explica porque éstos son *simultáneamente* un instrumento de *transmisión* y de *ejecución* del saber. Tradicionalmente, los programas de ordenador ejecutan un saber, y éste debía ser adquirido en las publicaciones científicas. Es ésta la primera vez que los investigadores se pueden atrever a realizar ambas labores simultáneamente.

Como ya se mencionó, el S.E. tiene unas partes claramente diferenciadas, que pasamos seguidamente a comentar:

- 1) *La base de conocimientos*: contiene el conjunto de informaciones específicas del campo deseado. La información es suministrada por el experto, las más de las veces por reglas de inferencia del tipo:  $A \rightarrow B$ .
- 2) *El motor de inferencias*: es un programa que utiliza los conocimientos contenidos en la base para resolver el problema que plantean unos hechos concretos (un diagnóstico, un plan...). El motor de inferencia tiene que seleccionar de las reglas posibles de ser aplicadas a unos datos concretos, una regla válida para ese caso, y resolver conflictos cuando se puede aplicar más de una regla.
- 3) *La base de hechos* (memoria de trabajo): contiene, en primer lugar, los datos del problema a resolver y, en segundo lugar, registra la huella de los razonamientos efectuados, siguiendo el rastro del comportamiento del sistema.

Al explicar en qué consiste un S.E., se ha visto que su interés consiste en poder ser simultáneamente un medio de transmitir y ejecutar el conocimiento. Hay, además, un efecto colateral que por sí solo justificaría el interés de los sistemas expertos, ya que, durante la concepción de un S.E., el especialista está obligado a reflexionar sobre su propia práctica y a desglosar las heurísticas que utiliza, toma conciencia de un saber «evidente» que poseía e ignoraba. Así, el experto aprende a estructurar mejor su conocimiento, y, con ello, progresa en su propia disciplina y transmite mejor sus métodos a otros expertos humanos.

La relativa novedad de las técnicas de I.A., y un cierto desconcierto respecto a lo que es un S.E., justifican esta descripción que ha sido relativamente extensa. En agricultura las aplicaciones de S.E. son múltiples, y, excepto en el caso del diagnóstico puro y simple, en el resto de las aplicaciones hay una importante componente económica. Entre estas aplicaciones destacan la gestión integral de cultivos, el manejo de invernaderos y la planifica-

---

ción de maquinaria o cultivos. A continuación describiremos con detalle los prototipos que pretendemos analizar.

### III. APLICACIONES DE LOS S.E. A LA AGRICULTURA

Hemos visto en los párrafos anteriores que el primer S.E. nace en 1974. Desde entonces, ha habido varios intentos de aplicarlos a la agricultura, pero nos centraremos en los trabajos aparecidos en la literatura desde 1985, por ser entonces cuando los instrumentos que permiten su aplicación a los microordenadores aparecen en el mercado. El país que más ha trabajado en este sentido —a juzgar por el número de publicaciones científicas— es EE.UU., seguido de la R.F.A., Francia y Australia. En España no aparecen trabajos científicos que relacionen los S.E. con la agricultura.

Hay varias revisiones sobre el tema, entre las que destacan: Jones (1989), quien hace una revisión general, y Dolutschitz, R. & Schmisser, W. (1988), que hacen hincapié en la gestión de empresas agrarias. Webster, J. & Amos, J. (1987) en su revisión sobre el tema destacan que casi todas las aplicaciones se refieren al control y diagnóstico de plagas, pero que hay un gran futuro en el campo del análisis financiero. Colomb (1988) entra en un análisis crítico de las posibilidades de los S.E. para la agricultura en general y para la economía agraria en particular.

Desde el punto de vista del potencial de los S.E. para la ingeniería y técnica agrícolas destaca el trabajo de Gaultney (1985), quien menciona las aplicaciones a diagnóstico de averías, sistemas hidráulicos o eléctricos, adquisición, selección y programación de maquinaria, diseño de alojamientos ganaderos, control de alimentación o predicciones meteorológicas.

Hay otros trabajos de tipo general que no son como los antes citados una revisión de los S.E. en desarrollo, sino que más bien tocan aspectos generales de los mismos. Entre ellos destacan Jones (1985), quien estudia su empleo para integrar S.E. con modelos matemáticos, simulación o gestión de bases de datos.

A continuación entraremos a comentar con cierto nivel de detalle las que, a nuestro juicio, son las aplicaciones más interesantes de los S.E. dentro de la agricultura.

---

## IV. PLANIFICACION AGRICOLA

Un aspecto de la planificación es la selección de una variedad de un cultivo para su posterior siembra. Puede destacarse en este sentido el S.E. CUE (Morgan *et al.*, 1989), que selecciona una variedad de trigo para cultivar en Escocia en base a la información suministrada por el usuario.

A nivel de empresa individual hay algunas referencias a trabajos sobre el tema de planificación económica de empresas agrarias, destacando Novoa y Ohlmer (1988), que construyen un S.E. que ayuda a comparar la eficiencia de las empresas con los objetivos explicitados por los agricultores.

Ha habido trabajos en S.E. para aplicaciones a asesoría financiera y fiscal, destacando el trabajo de Uhrig *et al.* (1988), quienes describen el papel de un S.E. en la toma de decisiones respecto a la selección de estrategias para comercializar cereales, analizando las respuestas del agricultor por medio de una serie de reglas heurísticas y tratando de unir el S.E. a redes internacionales de tratamiento de la información.

Siguiendo dentro del apartado de planificación agrícola, donde hemos citado aplicaciones a nivel de empresa, hay que recoger también las aplicaciones de gestión de recursos naturales a escala regional, destacando FARMPLAN (Heathwole, 1987), S.E. que representa el conocimiento y los procesos de decisión que se requieren para desarrollar planes de uso agrario-forestal que permitan la conservación del suelo agrícola. Este S.E. está conectado con una base de datos geográfica del estado de Virginia (EE.UU.).

Un ejemplo, también cercano a nuestra problemática, es el de Bernardi (1985), que recoge un S.E. para simular el empleo del uso agrícola del agua en la cuenca del río Po (Italia).

Dentro del concepto de planificación pueden englobarse algunos de los S.E. que tratan de asesorar sobre la gestión integral de un cultivo, que serán tratados con más detalle en el próximo apartado. En este sentido puede resaltarse el módulo de planificación temporal de actividades que incorpora el S.E. CALEX (Plant, 1989a). Este módulo organiza e integra las acciones a tomar cuando varios aspectos del programa interaccionan (control de plagas, riego, fertilización, etc.).

---

## V. GESTION DE CULTIVOS

Un segundo campo donde el empleo de I.A. resulta prometedora es en el de gestión integral de cultivos. A este respecto se puede tomar como modelo el desarrollado en la Universidad de Davis (Plant, 1989b), para la gestión integral del cultivo de algodón.

Uno de los objetivos últimos del S.E. es maximizar el margen bruto del cultivo, lo que implica un proceso dinámico y continuo de toma de decisiones técnico-económicas a lo largo del ciclo de cultivo. Las decisiones de siembra, riego, abonado, tratamiento con pesticidas, lucha integrada, cosecha, etc., tienen que tomarse desde la perspectiva de los objetivos finales del productor.

La realización de un sistema como éste implica la formación de un grupo de expertos en fisiología, patología, entomología y economía. La coordinación del grupo puede hacerla un experto en informática, pero probablemente la persona con una visión más global es el especialista en economía agraria.

Para los economistas agrarios es de gran interés iniciar esta línea de trabajo, pero por el momento no hay un proyecto concreto en España. Dada la importancia del algodón, sería conveniente el inicio de unas líneas maestras de lo que sería un prototipo de gestión de cultivos tomando como modelo los existentes en la actualidad.

Este tipo de sistemas actúan como «integradores» de un conocimiento disperso entre varios expertos. Además del citado CALEX, destacan el sistema FLEX, para gestión de algodón en Tejas (Stone, 1986). En Australia, el SIRATAC (Hearn, 1987) tiene la particularidad de estar planteado para que los cultivadores de algodón contacten con un sistema central por medio de llamadas telefónicas y modem.

Los programas de gestión integral de cultivos se derivan del primer S.E., basado en modelos agrarios. El modelo GOSSYM, y su sistema experto compañero COMAX (McKinion *et al.*, 1989) está basado en un complejo modelo de crecimiento del cultivo de algodón (resultado de 20 años de investigación), y del comportamiento del mismo en base a factores limitantes (nutrientes y agua en suelo). La conclusión de su aplicación práctica en 1987 es que

---

los beneficios de su uso supusieron unos 165 dólares/hectárea a los agricultores que lo emplearon para ayudarse en sus decisiones.

## VI. ANALISIS DE INVERSIONES EN LA AGRICULTURA

No hemos encontrado precedentes para esta posible actividad de los S.E. El planteamiento de una inversión en cualquier sector puede ser de una empresa de nueva creación o inversión en una empresa existente. En el segundo caso el análisis es más complejo, ya que a nuestro juicio las fases a estudiar en tal situación son:

- 1) Análisis y diagnóstico financiero-económico de la empresa.
- 2) Análisis de los objetivos y estrategia empresariales.
- 3) Generación de las posibles alternativas de inversión.
- 4) Análisis financiero de la inversión.
- 5) Planificación financiera de la inversión.

Un auténtico experto cuando analiza un problema de este tipo ha de cubrir las cinco fases enunciadas. Cuando el problema se plantea desde el punto de vista del banco o de la institución que financia parte de la inversión, las fases se limitan a la 1.<sup>a</sup>, 4.<sup>a</sup> y 5.<sup>a</sup>, siempre pensando en la solvencia de la empresa y en la rentabilidad de la inversión.

El problema es lo suficientemente complejo para descomponerlo en sus partes fundamentales, que son las siguientes:

- A) Diagnóstico financiero-económico de la empresa existente.
- B) Generación de alternativas de inversión a partir de los objetivos empresariales.
- C) Análisis financiero de la alternativa escogida.
- D) Planificación financiera de la inversión.

El proceso de desarrollo de un S.E. que juegue el papel de asesor a un agricultor en materia de inversiones debe empezar por

lo más inmediato, que es la última fase del problema. Esta fase es la más sencilla de acometer, precisamente por ser la menos general. Podemos ver que mientras más específica y menos general es la solución del problema es, por el contrario, más fácil de formular en términos algorítmicos.

De hecho, la actividad (C), análisis financiero, es la que hoy en día está resuelta por distintos programas de ordenador que se pueden haber escrito en lenguajes como BASIC, PASCAL o FORTRAN, o bien en software de aplicación, como LOTUS 123.

El papel del sistema experto queda aquí restringido a aconsejar sobre el número de años a analizar, o sobre las magnitudes de algunos valores residuales o plazos de amortización. Es por ello que esta actividad no requiere el empleo de técnicas de I.A., si bien la construcción de un S.E. puede hacer que el análisis financiero pueda ser llevado a cabo por personas con menos formación de la que hoy día se requiere para emplear los programas desarrollados en lenguajes algorítmicos.

Al análisis financiero de la inversión le debemos unir una primera planificación financiera a medio-largo plazo, actividad claramente diferenciada de (C), y que hoy día se lleva a cabo de forma heurística. Queda, por tanto, clara la necesidad de que un S.E. lleve adelante la actividad de planificación financiera (D).

Hoy en día la planificación financiera a medio-largo plazo exige contar con una base de datos muy actualizada sobre cuestiones de subvenciones, créditos blandos, líneas privilegiadas de financiación, etc. Las fuentes de financiación privilegiada son el gobierno regional, nacional y la C.E.E, y dentro de cada uno de estos niveles hay distintos Ministerios, instituciones oficiales, etc. Hay algunas líneas de ayuda que llegan a ser de nivel municipal-provincial. La diversidad de las fuentes y lo cambiante y múltiple de las reglas y criterios hace que sea necesario tener un experto totalmente «puesto al día». Esto es fácil de conseguir mediante una actualización «on line», o por medio de actualizaciones periódicas de frecuencia mensual de la base de conocimientos. Por medio de una investigación profunda podemos descubrir los criterios de expertos distintos en cada campo: gestión de subvenciones y ayuda, créditos bancarios, etc.

El resultado de esta investigación es un sistema de gran utili-

---

dad práctica. Para que la investigación sea productiva, los expertos consultados deben ser relevantes para que el conocimiento de los *procesos de selección* de fuentes y de *las reglas* para decidir el plan financiero que en la práctica se siguen por los expertos en el tema sea de interés.

Hasta este momento hemos cubierto las actividades (C) y (D) a partir de las cuales nos encontramos con una elaborada metodología para el análisis financiero de inversiones y la planificación financiera a medio plazo. Podemos proceder a la construcción de un método sistemático que incluya las actividades denominadas (A) y (B). Estas son actividades de análisis y diagnóstico de la empresa antes de decidir qué inversión se hará en concreto.

Las dos últimas fases (análisis y planificación financiera), a diferencia de las primeras, pueden tener interés, además de para el propio inversor, para una institución financiera que se preocupe de la solvencia de sus deudores. Por el contrario, las dos primeras actividades, que podemos denominar «análisis previo», tienen mayor interés para el propio inversor.

Normalmente la selección de la inversión (C) no ha pasado por la fase (B), de generación de alternativas, al menos de forma explícita, lo que a nuestro juicio es indispensable. Para enfrentarse con un problema tan serio como es la decisión de una inversión deberían plantearse las alternativas posibles. Esto no es un análisis de sensibilidad, sino el estudiar, pongamos por caso, distintos sistemas de riego o distintos tamaños de nave para el ganado, etc.

Por último, es importante que previo a una decisión de tipo inversión, se tenga un diagnóstico económico/financiero de la empresa. En la actividad (A) se pueden conocer las restricciones financieras del empresario, que influirán en el plan financiero aconsejado en la fase (D). El diagnóstico financiero se comentará más adelante.

## VII. FITOPATOLOGIA Y DIAGNOSTICOS

El diagnóstico de enfermedades en medicina o diagnósticos de posibles yacimientos mineros son las aplicaciones de S.E. que

---

han resultado más fértiles. En la agricultura está clara su utilidad de cara a la determinación del agente causal de la enfermedad (2). Este no es un campo específico de nuestro interés, excepto por sus implicaciones en el «análisis de empresas». El diagnóstico financiero tiene bastante en común con el problema de diagnóstico médico o fitopatológico. El problema del análisis de las características financieras de una empresa estaba incluido en la fase (A) del posible S.E. de análisis de inversiones en la agricultura.

En este sentido podemos referirnos al trabajo de Pozanaio y Kroevinac (1989), quienes construyeron un S.E. Para diagnóstico financiero, integrándolo con un modelo de simulación para estudiar los efectos de distintas políticas financieras en el desarrollo de una empresa. A partir de este modelo se calculan unos ratios que se comparan con la media de las industrias del sector. Las reglas para efectuar el diagnóstico son 200, y se obtuvieron a partir de entrevistas con expertos y de la consulta de fuentes bibliográficas.

Otro trabajo de interés es el S.E. «FinARS» (financial analysis review expert system) (Boggess *et al.*, 1989). FinARS da una primera evaluación del estado financiero de una empresa agrícola. Dentro de los S.E. de este tipo podemos mencionar Dale *et al.* (1989), que analiza el estado nutricional de vacas lecheras.

### VIII. OTROS CAMPOS DE INTERES

Hemos hecho una revisión bastante amplia sobre los S.E. en la agricultura, tratando de clasificar los trabajos dentro de áreas homogéneas.

Otros campos de aplicación de S.E. no mencionados hasta ahora son la aplicación de fertilizantes, donde podemos recoger: Yost *et al.* (1988) o Goodrich y Kalkar (1988), entre otros. En España ya hay programas comerciales en explotación.

En el campo de control de medio ambiente y automatismos podemos ver: Fynn *et al.* (1989) para control del abonado y riego en invernaderos, en función de las previsiones climáticas exter-

---

(2) Si el lector tiene interés puede consultar: Paqual y Mansfield (1988); Jones *et al.* (1987); Stone *et al.* (1986), y Peart *et al.* (1986).

nas; Vranken *et al.* (1988) para control de granjas porcinas; Leuschner (1988) para control de granjas de broilers; Peart *et al.* (1986) para control del secado de maíz y control del riego por aspersión.

Por último, podemos mencionar SMARTSOY (Batchelor *et al.*, 1989) que es un prototipo que controla plagas en soja. El sistema simula los daños de 4 insectos en la soja, recomendando el tratamiento en función del estado del cultivo y el nivel de la plaga. Precedentes a este trabajo podemos mencionar SOYBUG (Beck *et al.*, 1989), un S.E. que no incluía interacciones entre plagas.

## IX. CONCLUSIONES

Hemos revisado los tres aspectos más importantes de los S.E. para la agricultura. Otras aplicaciones son: detección de averías en maquinaria, gestión del riego, control de invernaderos y automatismos, fotointerpretación, alimentación animal, etc. En la economía agraria es de esperar la aparición de S.E. que sirvan de ayuda al análisis financiero, planificación de cultivos y gestión de empresas en general (fiscal, laboral...). En general, un S.E. debe ser el medio de relacionar un experto con un usuario, por tanto, hay muchas aplicaciones posibles de los S.E. en la agricultura.

Como resumen, hay que resaltar que la construcción de un S.E. en algún tema relacionado con la economía agraria, o cualquier otra disciplina, tiene como efecto indirecto positivo el obligar a los centros decisores a explicitar su forma de razonar. De esta manera se obtiene una gran cantidad de conocimiento sobre los procesos reales de toma de decisión por expertos. Este resultado, por sí solo justifica el esfuerzo dedicado a la construcción de un sistema experto.

## BIBLIOGRAFIA

- BATCHELOR, W. D., y McCLENDON, R. W. (1989): «Evaluation of SMARTSOY: An expert simulation system for insect pest management», *Agricultural Systems*, 31, 67-81.
-

- BECK, H. W.; JONES, P., y JONES, J. W. (1989): «SOYBUG: An expert system for soybean insect pest management», *Agricultural Systems*, 30, 269-286.
- BECK, H.; JONES, P.; WATSON, D., y ZAZUETA, F. (1989): «An expert database system for ornamental plants», *Agricultural Systems*, 31, 111-126.
- BERNARDI, F.; FARINA, G.; GENNARI, D.; MATTEUCCI, M.; MENENTI, M., y STEFANINI, L. (1984): «An expert-system to mimic agricultural water use in the Po river basin», *Conference Internationale: les besoins en eau des cultures*, París, Francia, 624-634.
- BOGGESE, W. G.; VAN BLOKLAND, P. J., & MOSS, D. (1989): «FinARS: A financial analysis review expert system», *Agricultural Systems*, 31, 19-34.
- COLOMB, R. M. (1988): «The Place of Expert Systems in Agricultural economics: a Comment», *Rev. of Marketing and Agric. Econ.*, 56 (2): 209-210.
- COUFFIN, C. (1988): «Financial analysis by expert system on the farms», en: Claustrioux, J. J.; Ramlot, P. (eds.), *Proceedings of the Second Colloquium: Computer and Agriculture*, Gembloux, Bélgica, págs. 198-208.
- DALE WHITTAKER, A.; TOMASZEWSKI, M. A.; TAYLOR, J. F.; FOURDRAINE, R.; VAN OVERVELD, C. J., y SCHEPERS, R. G. (1989): «Dairy herd nutritional analysis using knowledge systems techniques», *Agricultural Systems*, 31, 83-96.
- DATEV, E. G. (1988): «Knowledge based systems in practical applications», en: Kuhlmann, F.; Rief, B. (eds.), *Knowledge based systems in agriculture. Prospects for application; Paper*, Frankfurt, págs. 216-220.
- DOLUSCHITZ, R., y SCHMISSEUR, W. E. (1988): «Expert systems: applications to agriculture and farm management», *Computers and Electronics in Agriculture*, 2(3), 173-182.
- DOMÍNGUEZ, A., y RANTAKALLIO, E. (1988): «Knowledge based systems in plant production. Selective fertilization using an expert system», en: Kuhlmann, F.; Rief, B. (eds.), *Knowledge based systems in agriculture. Prospects for application; Paper*, Frankfurt, págs. 321-331.
- FYNN, R. PETER; ROLLER, W. L., & KEENER, H. M. (1989): «A decision model for nutrition management in controlled environment agriculture», *Agricultural Systems*, 31, 35-53.
- GAULTNEY, L. D. (1985): «The potential for expert systems in agricultural systems management», *Paper, American Society of Agricultural Engineers*, n.º 85-5033, 11 págs.
- GOODRICH, P. R., y KALKAR, S. N. (1988): «Manure application expert», *Landwirtschafts-Gesellschaft*, Proceedings of the 2nd international DLG-congress, 521-525.
- HALTERMAN, S. T.; BARRET, J. R., y SWEARINGIN, M. L. (1988): «Double cropping expert system», *Transactions of the ASAE, American Society of Agricultural Engineers*, 31(1), 234-239.
- HEARN, A. B. (1987): «SIRATAC: a decision support system for cotton management», *Review of Marketing and Agricultural Economics*, 55(2), 170-173.
- HEATWOLE, C. D. (1987): «Conservation planning using expert systems
-

and geographic information systems», *Paper, American Society of Agricultural Engineers*, n.º 87-5011, 15 págs.

JONES, J. W. (1985): «Using expert systems in agricultural models», *Agricultural Engineering*, 66(7), 21-23.

JONES, J. W.; JONES, P., y EVERETT, P. A. (1987): «Combining expert systems and agricultural models: a case study», *Transactions of the ASAE. American Society of Agricultural Engineers*, 30(5), 1.308-1.314.

JONES, J. W.; JONES, P., y EVERETT, P. A. (1985): «Applying agricultural models using expert system concepts», *Paper, American Society of Agricultural Engineers*, n.º 85-5517, 20 págs.

JONES, P. (1989): «Agricultural applications of expert systems concepts», *Agricultural Systems*, 31, 3-18.

LEUSCHNER, P. (1988): «Air conditioning control in broiler houses», *Landwirtschafts-Gesellschaft*, Proceedings of the 2nd international DLG-congress, 107-119.

McKINION, J. M.; BAKER, D. N.; WHISLER, F. D., y LAMBERT, J. R. (1989): «Application of the GOSSYM/COMAX system to cotton crop management», *Agricultural Systems*, 31, 55-65.

MORGAN, D. W.; MCGREGOR, M. J.; RICHARDS, M., y OSKOU, K. E. (1989): «SELECT: An expert system shell for selecting amongst decision or management alternatives», *Agricultural Systems*, 31, 97-110.

MORRISON, J. E. (1988): «Computerized selection of planters and drills: an example of the use of «AI» in agriculture», Proceedings of the 11th international conference of the *Internacional Soil and Tillage Research Organization*, Edinburgh, U.K. 775-780.

NOVOA, V., y OHLMER, B. (1988): «Analysis of economic efficiency for farms», *Landwirtschafts-Gesellschaft*, Proceedings of the 2nd International DLG-Congress for Computer Technology, 166-175.

PASQUAL, G. M., y MANSFIELD, J. (1984): «Development of a prototype expert for identification and control of insect pests», *Computers and Electronics in Agriculture*, 2(4), 263-276.

PATAQ, J. P. (1988): «Expert system: forage planning», en: Clautriaux, J. J.; Ramlot, P. (eds.), *Proceedings of the Second Colloquium: Computer and Agriculture*, Gembloux, Bélgica, págs. 186-195.

PEART, R. M.; LI, Y. C.; LATURNER, R. E., y LI, L. (1987): «Integration of expert systems with simulation for agricultural decision support systems», *Proceedings of the 1st international conference on agricultural systems engineering*, Chagchun, China, 84-92.

PEART, R. M.; ZAZUETA, F. S.; JONES, P.; JONES, J. W., y MISHOE, J. W. (1986): «Expert systems take on three tough agricultural tasks», *Agricultural Engineering*, 67(3), 8-10.

PLANT, R. (1989a): «An artificial intelligence base method for scheduling crop management actions», *Agricultural Systems*, 31, 127-155.

PLANT, R. (1989b): «An integrated expert decision support system for agricultural management», *Agricultural Systems*, 29(1): 49-66.

POZNANIO, V., y KROEVINAC, S. (1989): «Expert decision-support system for financial management», *Comunicación al X Congreso de la Asociación Europea de Investigación Operativa*, Belgrado.

RAUCH-HINDIN, W. B. (1989): *Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la Actividad Empresarial, la Ciencia y la Industria (Fundamentos y Aplicaciones)*, ed. Díaz-Santos, Madrid.

STEFIK, M. AIKINS, J. *et al.* (1982): «The organization of Expert Systems: a Tutorial», *Artificial Intelligence*, 18(2): 135-174.

STONE, N. D.; COULSON, R. N.; FRISBIE, R. E., y LOH, D. K. (1986): «Expert systems in entomology: three approaches to problem solving», *Bulletin of the Entomological Society of America*, 32(3), 161-166.

UHRIG, W.; THIEME, R. H., y PEART, R. M. (1988): «The selection of marketing alternatives for grain», *Landwirtschafts-Gesellschaft*, Proceedings of the 2nd International DLG-Congress for Computer Technology, 155-165.

VRANKEN, E.; BERCKMANS, D., y GOEDSEELS, V. (1988): «Decision-making aids in pig keeping», *Landwirtschafts-Gesellschaft*, Proceedings of the 2nd international DLG-Congress, 120-126.

WEBSTER, J. P. G, y AMOS, J. J. (1987): «Expert systems for agricultural management», *Farm Management*, 6(7), 335-346.

YOST, R.; UEHARA, G.; WADE, M.; SUDJADI, M.; WIDJAJA-ADHI, I. P. G., y LI, Z. C. (1988): «Expert system in agriculture: determining lime recommendations for soils of the humid tropics», *Research Extension Series*, Hawaii Institute of Tropical, págs. 624-634. *Agriculture and Human Resources*, n.º 89, 8 págs.

## R E S U M E N

Los sistemas expertos son programas de ordenador y base de datos diseñados para simular la experiencia acumulada de un experto humano cuando hace una recomendación. El trabajo analiza varios sistemas expertos de reciente aparición en la agricultura. Las áreas de interés en que pueden aplicarse los sistemas expertos son: planificación agraria y de recursos naturales, gestión integral de cultivos, control de plagas y enfermedades, diagnóstico, análisis de inversiones, control de automatismos, selección de maquinaria, control de riego y otros. La conclusión final es que la agricultura se enfrenta a una importante mejora tecnológica.

## R E S U M E

Les systèmes experts correspondent à logiciels et bases de données, conçus afin de simuler l'expérience accumulée d'un expert humain lorsqu'il fait une recommandation. Dans ce travail, il est analysé plusieurs systèmes experts récemment apparus dans l'agriculture. Les domaines d'intérêt dans lesquels les systè-

mes experts peuvent s'appliquer sont les suivants: planification agricole et des ressources naturelles, gestion intégrale des cultures, contrôle des fléaux et des maladies, diagnostic, analyse des investissements, contrôle des automatismes, choix des machines, contrôle de l'irrigation et autres. Dans la conclusion finale, il est exposé que l'agriculture doit affronter une importante amélioration technologique.

#### S U M M A R Y

Expert systems are computer software programs and database designed to simulate accumulate experience of an human expert in making recommendation. The paper analyses a number of recent expert systems in agriculture. The following areas of interest apply to expert system: farm and natural resources planning, integrated crop management, pest control, investment appraisal, diagnosis, automatism control, machinery selection, irrigation management and others. The final conclusion is that an important technological change is under development.

---

---