

Utilización de los Sistemas Expertos en entomología

J. L. GONZALEZ-ANDUJAR

Los Sistemas Expertos (SSEE), uno de los campos en que se divide la Inteligencia Artificial, han levantado un gran interés en los últimos cinco años entre los expertos en entomología.

Las posibilidades de utilización de los SSEE en entomología, son amplias y esperanzadoras. Van desde la identificación de especies hasta la obtención de recomendaciones para el control de plagas.

En este trabajo se realiza una descripción de los SSEE, sus posibilidades, presentándose algunas aplicaciones desarrolladas en el campo entomológico.

J. L. GONZALEZ-ANDUJAR. Sección de Estadística; I.N.I.A.; Apto. 8111. 28080 Madrid.

Palabras clave: Sistemas Expertos, Entomología.

INTRODUCCION

Los sistemas expertos (SSEE) es uno de los campos en que se divide la Inteligencia Artificial, han levantado en los últimos años un gran interés por su aplicación a problemas científicos, técnicos y comerciales (BUCHANAN, 1986; RAUSHER, 1987; LOGAN, 1988; SCHMOLDT, 1988). Este entusiasmo se ha visto reforzado por el hecho de que los SSEE desarrollados han probado ser capaces de alcanzar los objetivos para los cuales habían sido diseñados (HAYES-ROTH *et al.*, 1983).

La aplicación de la tecnología de los SSEE a los recursos naturales en general y la entomología en particular apenas tiene cinco años, pero las perspectivas son optimistas y se están creando numerosos grupos de trabajo que en breve plazo de tiempo producirán una enorme cantidad de aplicaciones en todos los campos de la entomología.

En este trabajo se hace una descripción de los SSEE, dando en primer lugar una definición de los mismos y su estructura para pasar posteriormente a presentar al-

gunas aplicaciones desarrolladas en el área entomológica.

DEFINICION DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

Se han definido los SSEE como programas de ordenadores que resuelven problemas en un campo específico a un nivel comparable al de los expertos humanos (FEIGENBAUM, 1979; BUCHANAN y DUDA, 1983). De manera más formal podemos definir los SSEE como programas de ordenadores que ofrecen soluciones para problemas complejos mediante la imitación del proceso de razonamiento humano (heurístico) y empleando una base de conocimiento extraída de expertos humanos (STONE *et al.*, 1986).

Entre las funciones básicas de un Sistema Experto podríamos citar:

- Resolver problemas difíciles tan bien como lo haría un experto humano.
- Razonar utilizando reglas que un experto humano considere eficaces.
- Manipular descripciones simbólicas y razonar sobre ellas.

- Funcionar con datos erróneos y reglas imprecisas.
- Explicar por qué se plantean las preguntas.
- Justificar las respuestas.
- Interactuar eficazmente y en lenguaje natural con los usuarios.

DIFERENCIAS CON LOS PROGRAMAS CONVENCIONALES

Aunque sean programas de ordenadores los SSEE no pueden ser considerados competidores de los programas convencionales. Las diferencias entre ambos se pueden resumir en:

- Los SSEE pueden representar formalmente no sólo hechos específicos, datos, estadísticas, etc., sino también reglas de inferencia, reglas de decisión, incertidumbres en la información, etc.

- Los SSEE pueden realizar inferencias sobre tales informaciones.

- Los SSEE pueden explicar su proceso de inferencia a no especialistas especificando la regla de decisión, fuente de información y líneas de razonamiento utilizadas para llegar a una determinada sugerencia.

- En los SSEE la estructura de control está separada del dominio de conocimiento. Esto permite su fácil modificación, mientras que los programas convencionales son más difíciles de modificar porque el cambio de una parte del programa puede tener impacto en otras partes del mismo.

COMPONENTES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

En la Figura 1 se presentan los principales elementos de un SE. En primer lugar podemos ver la relación existente entre el (los) experto(s) y el ingeniero del conocimiento, el proceso generado en esta relación se denomina adquisición del conocimiento. El primero aporta el conocimiento en el área de interés y el segundo colabora poniendo ese conocimiento en forma tal que el sistema sea capaz de asi-

miarlo. En este trabajo conjunto está la clave del éxito en el desarrollo del SE.

Como parte central figura la base de conocimientos, que contiene la serie de hechos, reglas y otras informaciones necesarias. Los hechos representan el conocimiento que es generalmente aprovechable y aceptado por los expertos en una determinada área.

La forma de representación del conocimiento varía de unos SSEE a otros (AMAREL, 1981; ALTY y COOMBS, 1986). Las más importantes son:

- redes semánticas
- ternas objeto-atributo-valor
- reglas
- marcos
- expresiones lógicas

En entomología la forma más frecuente de representar el conocimiento es mediante la utilización de reglas. Las reglas son una colección de heurísticas que los expertos usan típicamente para alcanzar una decisión, aunque no necesariamente óptima, en un tiempo razonable. Las reglas incluidas en la base de conocimiento representan la forma en que el experto se aproxima al problema, y no requiere pruebas matemáticas o validación estadística. Las reglas constan de dos partes: "la premisa" y la "conclusión". A su vez, la premisa consta del condicional "SI" y a veces de una expresión lógica (Y, O). La conclusión consta del adverbio "Entonces". Por ejemplo,

SI plaga = Mosca blanca Y el cultivo = tomate ENTONCES se recomienda aplicar el insecticida buprofezin 25%

La base de conocimiento es siempre un producto inacabado, siendo constantemente adaptada y expandida para incluir nuevos conocimientos.

El mecanismo de control es equivalente a un director del sistema: administra todos los recursos del mismo, decide cuando debe comenzar a funcionar el motor de inferencia, cuando parar el proceso, etc.

El motor de inferencia evalúa las reglas lógicas y las enlaza a la vez en una trayectoria principal para obtener una solución

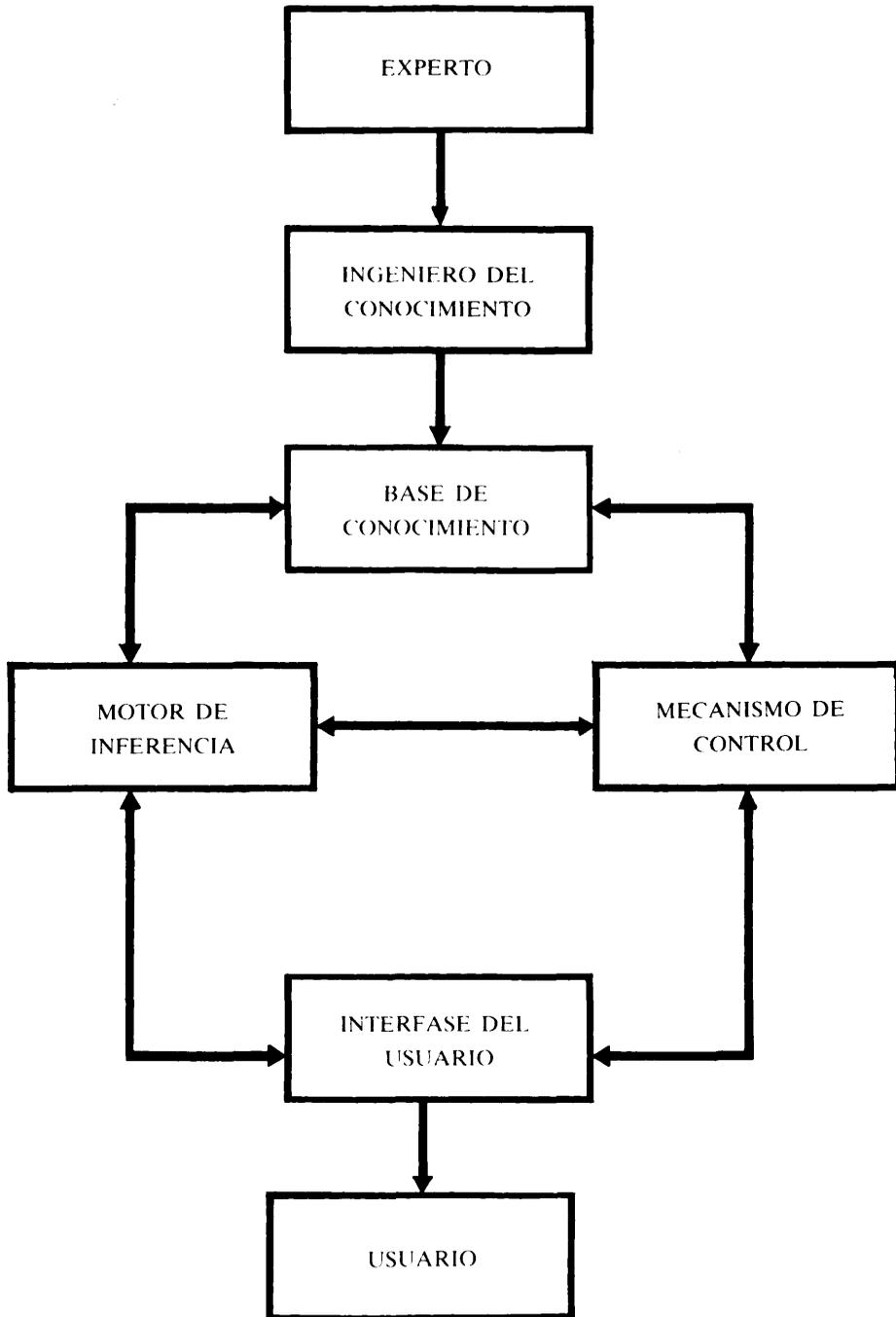


Fig. 1.—Componentes de un sistema experto.

o recomendación. Para la obtención de soluciones, el sistema se ve obligado a elegir que reglas debe examinar, para ello los dos mecanismos que se utilizan son:

- Encadenamiento hacia adelante.
- Encadenamiento hacia atrás.

Los mecanismos de encadenamiento hacia adelante se utilizan en problemas de diagnóstico, en los que se tienen unos hechos (por ej. características anatómicas de un insecto) y se quieren saber cuales son las conclusiones (especie) que pueden derivarse de ellos. Por el contrario, los mecanismos de encadenamiento hacia atrás se utilizan en problemas que están orientados hacia el objetivo (por ej. enfermedades) y se quieren saber que hechos (síntomas) son necesarios para conseguirlos.

Otro componente importante del SE es la interfase de usuario ya que de él dependerá juzgar si el sistema le resulta útil o no. Y en esta fase serán de gran utilidad los elementos del hardware (ratones, pantallas gráficas, etc.) y software (menús, gráficos, etc.) que hagan fácil y agradable la utilización del SE por parte de los usuarios.

LOS SISTEMAS EXPERTOS EN LA ENTOMOLOGIA

La utilización de SSEE en la Entomología se ha limitado principalmente a pro-

blemas de identificación (MICHALSKI *et al.*, 1983; PASQUAL y MANSFIELD, 1988) y al manejo integrado de plagas (COULSON y SAUNDERS, 1987, YU *et al.*, 1990). A continuación presentaremos algunos de los SSEE desarrollados:

— **PLANT/CD** predice el daño producido sobre el trigo por *Agrotis ypsilon* usando una combinación de reglas y un modelo de simulación sobre la evolución poblacional de esta importante plaga. Las entradas requeridas son: conteo de trampas, el espectro de edad de las larvas, condiciones del suelo e información sobre variedades de trigo.

— **POMME** facilita información sobre las plagas y manejo del cultivo del manzano. El sistema ofrece a los agricultores conocimientos sobre fungicidas, insecticidas, daños por heladas y sequías. Información externa como datos atmosféricos incluyendo predicciones y síntomas del cultivo son utilizados por el sistema para general recomendaciones sobre el manejo del cultivo.

— **NERISK** ha sido desarrollado para evaluar el impacto de los pesticidas sobre los artrópodos predadores y parasitoides beneficiosos. Ayudando a la toma de decisiones sobre la integración de controles químicos y biológicos. En la Figura 2 podemos ver una salida modificada de este sistema experto.

RISK ASSESMENT: BACTERIAL PESTICIDES ON APPLE

NATURAL ENEMY	IMPORTANCE VALUE	MEAN TOXICITY
PHYTOSEIDS	5	1.0
COCCINELLIDS	2	1.4
MIRIDS	2	1.0
PARASITIDS	1	1.6
CHYSOPIIDS	1	1.4
WEIGHTED AVERAGE		1.3

IMPORTANCE VALUE: 1 = UNIMPORTANT, 3 = MODERATE IMPORTANCE
5 = VERY IMPORTANT

TOXICITY VALUES: 1 = 0-10% MORTALITY; 2 = 10-40%;
3 = 40-80%; 4 = 80-100%

NOTE: MORTALITY TO PARASITIDS IS OFTEN INDIRECT, OCCURRING WHEN A PARASITIED HOST DIES FROM PESTICIDE.

Fig. 2.—Muestra de la salida del sistema experto NERISK para la evaluación del impacto de un pesticida bacterial sobre artrópodos.

— **GRAPES** este Sistema Experto ha sido realizado para ayudar a la toma de decisiones en viticultura y tiene en cuenta los siguientes problemas: enfermedades, insectos, malas hierbas y del cultivo.

En relación con los problemas ocasionados por los insectos incluye la identificación, incluyendo un soporte gráfico de ayuda, de los mismos, y su control.

— **QSOY** permite proteger los cultivos de soja contra *Heliothis zea*. El sistema requiere para su funcionamiento, información sobre las condiciones ambientales y los resultados del muestreo de larvas, ofreciendo recomendaciones sobre la utilización de diferentes pesticidas.

— **PEST** es un prototipo desarrollado para la identificación de insectos en cultivos y su control por medios químicos. Aunque su principal misión es la de explorar la aplicación de los SSEE a la Entomología.

— **AGRIEXPERTOS** desarrollado en nuestro país, es un conjunto de SSEE que comprenden: aplicación de fertilizantes, malas hierbas y plagas de insectos en maíz, vid y girasol. En los SSEE sobre plagas se trata de identificar en cada cultivo el tipo de plaga, realizando posteriormente una recomendación del tratamiento a aplicar.

Actualmente estamos asistiendo a una gran actividad en el desarrollo de SSEE en el campo agrícola, especialmente

orientados al manejo integrado de plagas (STONE *et al.*, 1986). Pero no debemos pensar que los SSEE son una panacea universal que podrán solucionar todos nuestros problemas, sino que estarán condicionados al tipo de problema al cual queramos aplicarlos. Para la identificación de insectos y la recomendación para su control, es posible utilizar un SE cuando el dominio del problema tenga un tamaño manejable y las soluciones estén bien definidas, se requiera manipulación simbólica y solución heurística y, por último, que los conocimientos necesarios los posean pocas personas.

La combinación de los SSEE con las diferentes herramientas utilizadas en la investigación entomológica (Simulación, Bases de Datos) da lugar a los Sistemas de Soporte de la Decisión (SHANNON y COL, 1985; MOSER, 1986) que permitirán abrir un brillante futuro a la entomología aplicada.

Y por último, no podemos olvidar la importancia de los SSEE como medio de transferencia de tecnología a posibles usuarios (agricultores, agentes de extensión agraria, etc.) (GONZALEZ-ANDUJAR, 1988) y, además, permiten aumentar las capacidades de los científicos y profesores al poner a su disposición los últimos conocimientos en otros campos de investigación y las posibilidades educativas que poseen.

ABSTRACT

GONZALEZ-ANDUJAR, J. L., 1990: Utilización de los Sistemas Expertos en Entomología. *Bol. San. Veg. Plagas*, 16 (1): 405-410.

Expert Systems are one of the fields in that Artificial Intelligence is divided. They have raised a great expectation in the last five years amongs entomological's experts.

The possibilities of use of the Expert Systems in entomology are large and hopeful. They go from the species identification to the obtaining of recommendations for pest control.

In this paper a description of Expert Systems and its possibilities are explained and some entomological applications of Expert are also presented.

Key words: Expert Systems, Entomology.

REFERENCIAS

- ALTY, J. L. y COOMS, M., 1986: *Sistemas Expertos: Conceptos y ejemplos: Métodos computacionales para la representación y el control*. Díaz de Santos. Madrid.
- AMAREL, A., 1981: Review of characteristic of current expert systems. *Tech. Rep. CBM-TM-89*. Laboratory for Computer Sciences Research. Rutgers University, New Brunswick, NJ, 9 pp.
- BUCHANAN, B. G., 1986: Expert systems: working systems and the research literature. *Expert Systems*, 3: 32-51.
- BUCHANAN, B. G. y DUDA, R. O., 1983: Principles of rule-based expert systems. En: MC. Yovits (Ed.). *Advances in Computers*, vol. 2. Academic Press, NY, pp. 163-216.
- COULSON, R. N. y SAUNDERS, M. C., 1987: Computer-assisted decision-making as applied to entomology. *Annual Review of Entomology*, 32: 415-437.
- FEIGENBAUM, E. A., 1979: Themes and case studies of knowledge engineering. En: D. Michie (Ed.). *Expert Systems in the Micro Electronics Age*. Edimburgh University Press. Edimburgh, pp. 3-25.
- GONZALEZ-ANDUJAR, J. L., 1988: Aplicación de los Sistemas Expertos a la agricultura. *ITEA* 79: 2-6.
- HAYES-ROTH, F., WATERMAN, D. A. y LENAT, D. B., 1983: An overview of Expert Systems. En: F. Hayes-Roth, D. A. Waterman y D. B. Lenat (ed.). *Building Expert Systems*. Addison Wesley, Reading, MA, pp. 3-29.
- LOGAN, J. A., 1988: Toward and Expert Systems for Development of pest simulation models. *Environ. Entomol.*, 17 (2): 359-376.
- MITCHALSKI, J. A.; DAVIS, J. H.; BISHT, V. S. y SINCLAIR, J. B., 1983: *A computer based advisory system for diagnosing soybean diseases in Illinois*. Plant Diseases Report, American Physiological Society.
- MOSER, J. G., 1986: Integration of artificial intelligence and simulation in a comprehensive decision-support system. *Simulation* 47 (6): 223-229.
- PASQUAL, G. M. y MANSFIELD, J., 1988: Development of a prototype Expert System for identification and control of insect pests. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2: 263-276.
- RAUSCHER, M. H., 1987: Expert Systems for natural resources management. *Compiler* 5 (1): 19-27.
- SCHMOLDT, D. L., 1988: Predict: An expert system for pest diagnosis. *Compiler* 6 (1): 29-41.
- SHANNON, R. E.; MAYER, R. y ADELSBERGER, H. H., 1985: Expert Systems and simulation. *Simulation* 44 (6): 275-284.
- 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 Entomological Society of America*. 32: 161-166.
- YU, Y.; GOLD, H. J. y LINKER, H. M., 1990: SQOY: An Expert System for protecting soybean corn earworm (no publicado).