

USO DE LA INFORMÁTICA EN MALHERBOLOGÍA

C. ZARAGOZA LARIOS¹

1. INTRODUCCIÓN

No cabe duda que la informática está produciendo una revolución en todas las ciencias y, por supuesto, en la ciencia de las plantas dañinas. El concepto moderno de informática o tecnología de la información comenzó con la expansión de los ordenadores personales (PC) a partir de los años 80. Los sistemas informáticos adquieren datos e información para almacenarlos, procesarlos, comunicarlos y difundirlos. Los resultados nos permiten aprender, enseñar, predecir, tomar decisiones, e incluso, prever las consecuencias de esas decisiones.

Actualmente podríamos diferenciar diferentes campos dentro de las aplicaciones de la tecnología de la información en malherbología:

CAMPO	ALGUNAS APLICACIONES
1- AUTOMÁTICA: EL PROCESO DE DATOS: ESTADÍSTICA:	- ANOVA - REGRESIÓN Y CORRELACIÓN - MODELOS MULTIVARIANTES
2- BASES DE DATOS:	- INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA - RECONOCIMIENTO DE ESPECIES
3- RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES:	- A PEQUEÑA ESCALA - TELEDETECCIÓN
4- EL SOPORTE DE DECISIONES: 4.1. MODELOS DE SIMULACIÓN:	- LA COMPETENCIA CULTIVO-MALEZAS - EL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL
4.2. LOS SISTEMAS EXPERTOS:	- DSS Y CBAS
5- LOS SISTEMAS MULTIMEDIA:	- HIPERTEXTOS
6- LAS REDES DE INFORMACIÓN:	- VIDEOTEX - INTERNET

1

1. Dr. Ingeniero Agrónomo. Servicio de Investigación Agraria. Diputación General de Aragón. Apdo. 727. 50080 Zaragoza. España.

A continuación se exponen, de forma resumida, diferentes usos reales y posibilidades, más o menos desarrolladas, de la informática en la ciencia de las malezas, siempre desde el punto de vista de un usuario, especialista en malherbología, no en informática, de un país moderadamente desarrollado, con el objetivo de sugerir y animar a sus colegas a la aplicación de estas extraordinarias herramientas en sus trabajos.

2. LA AUTOMÁTICA

Es la aplicación que resulta más familiar al investigador en malherbología ya que nos permite realizar cálculos estadísticos a gran velocidad. Hace unos 15 años realizar manualmente análisis de varianza (ANOVA), de correlación, o de regresión, resultaba muy laborioso y había que tener un grado universitario para acometerlos. Ahora, con los programas de estadística disponibles, el cálculo y el dibujo o ajuste de curvas, superficies, etc., se resuelve con enorme rapidez, y es en el análisis de los resultados donde hay que aplicar los conocimientos. Para la interpretación de los resultados es necesario tener buenos conocimientos de estadística, y ponerlos al día, ya que esta ciencia, con el cálculo, experimenta una continua evolución.

En la actualidad se disponen de numerosos paquetes estadísticos como, por ejemplo: BMPD, SPSS, SAS, STATGRAPHICS, NCCS⁽¹⁾, SIXTAT⁽²⁾ o SIGMASTAT⁽³⁾. La mayoría de ellos y, particularmente, las últimas versiones pueden operar en sistema DOS y Windows. Pero desde un punto de vista práctico el mejor programa es el que mejor se maneje y responda a nuestros fines. Hay programas muy potentes, capaces de realizar muchas operaciones, pero cuya complicación es tal que nos impide movernos a gusto. Por otra parte, en general, es necesario dedicar mucho tiempo a su aprendizaje.

Para procesar ensayos de herbicidas es importante que el programa estadístico disponga de algún test de normalidad de datos y homogeneidad de varianzas, ya que es frecuente que la distribución de las malas hierbas no sea normal y, por lo tanto, no es correcto obtener conclusiones del ANOVA sin previa transformación de datos.

Los modelos multivariantes se utilizan con frecuencia en estudios de fitosociología (componentes principales, análisis factorial de correspondencias, correlaciones canónicas,...). Los grandes paquetes de estadística citados contienen normalmente estos programas que pueden aplicarse en el estudio de las malas hierbas. Algunas universidades han desarrollado sus propios modelos para el estudio de la relación de las especies arvenses con los factores ambientales (PERFECO, Pérofiles Ecológicos, BIOMECO) y permiten agrupar las especies con las clases de los factores analizados (4).

El ordenador puede ser útil también para mejorar los diseños de los experimentos (5) o para obtener una mayor eficacia en los muestreos de las poblaciones (6).

3. LAS BASES DE DATOS

Consisten en programas capaces de almacenar y distribuir electrónicamente grandes cantidades de datos alfanuméricos y su empleo es ya un clásico en informática (7). Al aumentarse la capacidad de los soportes informáticos (cintas, disquetes o compact-disc (CD)) se han obtenido bases de datos cada vez más potentes.

Hasta ahora el principal uso de las bases de datos ha sido para búsquedas bibliográ-

ficas. Son muy conocidos los Weed Abstracts de CAB (Commonwealth Agricultural Bureau) de Gran Bretaña, disponibles en CD, o los sistemas de información Current Contents (ISI) o AGRIS, en los que la búsqueda de cualquier tema es extraordinariamente rápida y eficaz. Uno de sus inconvenientes es su precio, bastante elevado e inaccesible para bibliotecas pequeñas.

Algunos ejemplos recientes son: INFOHERB; una base de datos realizada en Polonia sobre 400 herbicidas, indicando sus características, cultivos autorizados, malas hierbas sensibles, ocupando sólo 2,5 Mb. Una base de datos similar, realizada en España, es FITOS, que en 7 Mb incluye 4000 productos comerciales fitosanitarios (todos los registrados en España) con 930 herbicidas y sus características; materias activas, cultivos, clasificación toxicológica, dosis y malezas controladas, momento de aplicación, fitotoxicidad, plazo de seguridad, y otras condiciones de uso. PESTBASE es otra base de datos relacional, útil para seleccionar o evaluar alternativas de control a pesticidas particularmente agresivos al medio. Realizada en Holanda, es capaz de describir 93 pesticidas peligrosos, 253 productos alternativos y 457 procedimientos de control no químico (9).

Otras bases más pequeñas también pueden ser útiles a los malherbólogos. Por ejemplo, para reunir información sobre una especie determinada (Por ejemplo, de *Euphorbia esula*, 830 referencias (10)).

El tema de identificación de malas hierbas, como es sabido, es esencial en malherbología y se ha desarrollado también en diferentes bases de datos, más o menos elaboradas. SIEXMAL es un prototipo español para el reconocimiento de especies arvenses (11). WEEDEX, hecho en Dinamarca, sirve para identificar 80 especies en estado de plántula (12). WEEDS (Western Expert Educational Diagnostic System), ha sido realizado en California con fines de enseñanza. Las bases de datos más recientes son sistemas multimedia (ver Apartado 5) que incorporan con profusión dibujos, fotografías, imágenes de video, ya que se trata de facilitar el reconocimiento al usuario, pues en ocasiones (p. ej.: plántulas de gramíneas) es muy difícil y se requiere entrenamiento (14).

4. EL RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES

Cuando se quiere aplicar un método de control de malas hierbas de forma selectiva, protegiendo las plantas del cultivo, tanto si intervenimos con una labor o con un herbicida total, el principal problema es la discriminación de las plantas a destruir. En la actualidad se ha avanzado mucho en los procesos de visión artificial, tanto a corta como a larga distancia.

Inicialmente, y a pequeña escala, la visión artificial se ha aplicado en el aclareo de la remolacha, distinguiéndose entre el suelo, líneas de cultivo y malas hierbas (15). El análisis del color es esencial pero se puede complementar con el de la forma y la textura, pudiéndose diferenciar entre las especies como *Salsola*, *Amaranthus* y *Polygonum* (16). El análisis de la reflectancia es también muy útil (17, 21), incluso ha permitido diferenciar entre especies tan próximas como el *Polygonum persicaria* y el *P. lapathifolium* a nivel de laboratorio (18).

También se ha aplicado el análisis de imágenes en el reconocimiento de semillas como técnica rápida para estudios del banco de semillas del suelo. La visión artificial se puede apoyar en análisis multivariante y discriminante (19). Es posible discriminar entre semillas de cereales distintos y de malas hierbas con precisiones del 98 al 100% (20).

Otra aplicación práctica de la visión artificial a pequeña escala es para el tratamiento espacialmente selectivo de herbicidas en rodales (manchas de malezas en el campo) en

cultivos de cereal. Consiste en la detección del rodal, ubicación y mapeo, y control de la dosis a aplicar. Con ello se consigue usar menos herbicida, pero más eficazmente, reduciendo los costes y el impacto ambiental (22).

La visión artificial a gran escala o "remote sensing" (RS) se ha empleado desde que existe la fotografía aérea, pero ha experimentado un impulso extraordinario con el análisis de imagen y la teledetección desde los satélites artificiales. Los sistemas de información geográfica son bases de datos que manejan información espacial y se han empleado principalmente para estimar distribuciones espaciales de especies leñosas, cuantificación de plagas, enfermedades o catástrofes forestales (24). También se han desarrollado programas para cuantificación y manejo de vegetación accesoria en zonas forestales (25, 26). En la teledetección influyen numerosos aspectos, entre ellos; la reflectancia del cultivo, su arquitectura foliar, su índice de área foliar, la biomasa, los contenidos de agua, clorofila y nitrógeno, y la incidencia de plagas y la flora arvense.

Otros ejemplos de RS aplicados al control de malezas son la detección y cuantificación de las infestaciones de arbustos caducifolios en grandes zonas pastables (27), a base de fotografía aérea o imágenes de vídeo y posterior análisis (P. ej.: *Isocoma* spp. en Texas (28)).

5. EL SOPORTE DE DECISIONES

Es la parte de la informática más desarrollada en protección vegetal y malherbología. Los llamados modelos de simulación pueden servir para predecir pérdidas de rendimiento causadas por una infestación determinada, calcular umbrales en los que resulta rentable intervenir, o los momentos óptimos de intervención. El objetivo final de los sistemas de apoyo a las decisiones (DSS) es ayudar a los que tienen que tomarlas, poniendo a su disposición gran cantidad de información, incluyendo modelos de simulación para predecir resultados según diferentes opciones y escenarios.

Los sistemas expertos (SE) son básicamente DSS muy desarrollados que pueden incluir complejas bases de datos y modelos, ya que se trata de responder la consulta como si lo hiciera un experto en la materia.

5.1. Los modelos de simulación

La competencia entre malas hierbas y cultivos es uno de los temas que ofrece un gran interés para ser simulado con ordenador. Buscando los umbrales de densidad de malas hierbas destaca la escuela de Wageningen (Holanda) con sus modelos mecánicos de simulación dinámica, basados esencialmente en la fotosíntesis y en la curva hiperbólica de rendimiento- densidad (29, 30). En la actualidad se está validando el modelo INTERCOM y ajustando los parámetros para trigo y remolacha en diferentes países de Europa (31).

Los modelos de simulación norteamericanos están muy avanzados y les caracteriza un gran espíritu práctico, destacando los realizados en maíz, WEEDSIM (32) y NTRM (Nitrogen Tillage Residue Management), que se ha utilizado para simular la competencia entre maíz y *Amaranthus retroflexus* (37). Generalmente los modelos de simulación de la competencia se basan en modelos generales de cultivos. Así, INTERCOM está basado en SUCROS (Simple Universal Crop Growth Simulator)

Los modelos más sencillos pueden ser también de gran utilidad. Entre ellos hay que destacar el estudio de los periodos críticos de competencia en cultivos hortícolas (35, 36). Un

modelo basado en el estudio de la transpiración ha podido explicar el crecimiento de árboles frutales en competencia con el césped de cobertura (33). Un modelo sencillo y eficaz es el realizado en cereales por VITTA y FERNANDEZ-QUINTANILLA (34).

Otros ejemplos de modelos aplicados al estudio de las malezas son: el que simula la dinámica de poblaciones de la acuática *Potamogeton pectinatus*, buscando los momentos más eficaces de control (42), el que describe la dinámica de interacciones entre plantas y patógenos en lucha biológica (43) o el que predice si un cultivo transgénico resistente a un herbicida puede transmitir su gen de resistencia a malas hierbas de la misma familia (45).

También existen numerosos modelos que tratan de predecir el comportamiento de los herbicidas en el campo. Son herramientas comparativas útiles para identificar las moléculas que deben examinarse prioritariamente para prevenir efectos adversos. La simulación es una técnica muy empleada para la predicción del impacto ambiental; para estimar los riesgos del empleo de herbicidas (38), simular la degradación y el transporte de los residuos en el agua de escorrentía (39), o para simular el efecto del clima en las pérdidas de herbicidas por evaporación, erosión y lixiviación (EPIC; Erosion Productivity Impact Calculator (40)). DRASTIC es un modelo empleado para predecir la percolación de la atrazina en cinco estados del cinturón del maíz norteamericano, ya que puede causar problemas de contaminación de acuíferos por su movilidad y persistencia (41). HERBISIM se ha empleado para estudiar la degradación hidrolítica del clorsulfuron en suelos ácidos (44). BIOCLIM puede predecir la distribución de especies potencialmente invasoras en Nueva Zelanda (*Parthenium hysterophorus*, *Solanum eleagnifolium* y *Sorghum halepense*) en base a datos bioclimáticos (49).

Los resultados de los modelos de simulación pueden ser espectaculares, pero no hay que olvidar que, siendo simplificaciones de la realidad, su precisión es muy limitada y es por tanto, necesaria su validación exhaustiva en condiciones reales y diferentes escenarios. La interpretación de los resultados ha de ser cuidadosa para llegar a conclusiones válidas.

Los sistemas para ayudar a las decisiones (DSS) suponen un mayor nivel de complejidad, siendo, muchos de ellos, verdaderos sistemas expertos. Algunos se utilizan para mejorar la eficiencia de los herbicidas o del laboreo. Por ejemplo: usando un modelo bioeconómico para determinar estrategias a largo plazo para el control de *Avena fatua* (47), o mediante un modelo danés que permite reducir la dosis necesaria de herbicida en cereales alcanzando controles satisfactorios (48). Existen DSS en muchos cultivos extensivos; en cereales (50), en remolacha (50, 56), en arroz (51), en maíz (52, 55) o en patata (53). En general, consideran el control de malezas como parte del sistema integrado de cultivo. WHEATMAN es un DSS australiano que sirve para elegir la variedad de trigo, el fertilizante y los herbicidas contra *Avena* spp. (54).

Algunos DSS integran restricciones medioambientales a las prácticas habituales de control. Así, SHRUBKILL ayuda a controlar con fuego las malezas arbustivas en la savana australiana (57). Otro sirve para evaluar el potencial contaminante de los herbicidas en Hawái (58). Existe otro DSS que integra datos climáticos y de tratamientos herbicidas para prevenir las derivas (desplazamientos aéreos descontrolados de la pulverización o los vapores) (59).

5.2. Los Sistemas Expertos

Son programas complejos basados en el conocimiento, en general no expresable con fórmulas, pero pueden integrar también programas algorítmicos, basados en ecuaciones matemáticas y bases de datos. Intentan imitar el razonamiento de un experto en un tema determinado. Los SE, utilizados para mejorar el control de malas hierbas y el uso de

herbicidas, pueden: a) ayudar a identificar las especies presentes, b) ayudar a la decisión de tratar o no, c) predecir respuestas a dosis y mezclas, d) seleccionar los herbicidas más económicos, e) optimizar los mojanteros o surfactantes, f) variar las dosis según el espectro de malezas, su densidad y las condiciones ambientales (60).

HERBICIDE ADVISER es un CBAS (Computer Based Advisory System, que se podría traducir como "sistema de consultas ayudadas por ordenador") y consiste en un modelo de simulación del comportamiento herbicida, un generador de datos climáticos y un programa experto que responde de forma interactiva a consultas telefónicas vía ordenador. Se emplea en Australia y puede llegar a usuarios remotos. Es necesario que dispongan de línea telefónica fiable y un PC 80386 (61). En Irlanda también disponen de CBAS para protección vegetal con un programa interactivo sobre control de malezas (62). También existe un SE para el manejo de hierbas acuáticas en África tropical, capaz de valorar su potencial infestante en diferentes situaciones (77).

SOYHERB permite determinar las opciones herbicidas en cultivos de soja según prácticas de laboreo, tipo de suelo, tipo de infestación (especies y densidad), y rotación de cultivo. Genera programas de herbicidas y calcula su coste para una eficacia deseada (elevada o media). Tiene anexos con datos sobre los herbicidas y control de perennes (63).

Uno de los principales inconvenientes de los CBAS es su aceptación. El principal usuario es, hoy en día, el técnico agrícola joven con formación universitaria. En muchos países europeos los agricultores, debido a su edad o educación, no son proclives a utilizar ordenador, por lo que se han buscado sistemas más adaptados a su mentalidad (23). En Dinamarca había 8 sistemas expertos en protección vegetal en 1991 (2 para agricultores sin ordenador que se comunicaban por carta o teléfono) (66). AUDIOTEX es un CBAS telefónico que produce información oral telefónica y tiene la ventaja de dar recomendaciones según la información que comunica el usuario (64).

También se busca que los sistemas sean "friendly user", fáciles de emplear. CALEX/COTTON es un SE elaborado en California para la producción integrada del algodón, muy sencillo para el usuario, incluyendo recomendaciones para el control de plagas, el riego, la fertilización, la siembra y, por supuesto, el control de malas hierbas (68). HERBMAST es un SE inglés, basado en DBIII y ámbito Crystal, que sirve para elegir los herbicidas más económicos en cereales. Calcula el coste/beneficio basándose en las pérdidas de rendimiento potencial y la eficacia previsible del herbicida (69).

También se han realizado programas colaborativos entre las empresas de agroquímicos y la Administración, principalmente para el empleo racional de herbicidas (66). HERBEXPERT es un sistema para elegir herbicidas en cereal realizado por la Hoechst y la Universidad de Bonn (67) en el que intervienen condiciones climáticas, tipo de flora, estados de crecimiento y restricciones ecológicas.

Las condiciones medioambientales pueden jugar un papel importante en los SE. HERBASYS asesora en el control de malezas a través de tres módulos: HERBASEL para seleccionar herbicida, CHEMPROG para estimar la posible contaminación del agua freática y, por último, se realiza una previsión de la persistencia del herbicida en el suelo (70). CALDISC son bases de datos que permiten mejorar el uso de herbicidas minimizando el impacto ambiental (71). El modelo CLMS (Chemical Movement through Layered Soil) combinado con WGEN (generador de datos climáticos) y la base de datos STATSGO (State Soil Geographic) ha servido para valorar el riesgo de contaminación del agua freática por herbicidas en Montana (USA) (75).

6. LOS SISTEMAS MULTIMEDIA

Son grandes paquetes informáticos capaces de integrar textos, datos, imágenes, vídeo y sonido. Tienen muchas posibilidades pedagógicas y de transferencia tecnológica, y están en continua evolución y mejora. Al ocupar mucho espacio de memoria en el ordenador (PC 80486 ó superior) suelen necesitar CD-ROM, 8 Mb de RAM y pantalla en color. Pero hay que tener en cuenta que, si en un disquete caben 1,4 Mb y en un CD caben 770 Mb, ya se han obtenido discos ópticos de 3700 Mb y se busca cómo llegar a los 5000 Mb.

WEED-ONE es un programa de enseñanza asistida por ordenador realizado en España, para reconocimiento visual de malas hierbas en estado de plántula. Incluye una colección de diapositivas y bases de datos multimedia y módulo de autoevaluación. Contiene 150 imágenes de 100 especies distintas que se pretenden duplicar en el futuro (72).

MALHERB es un sistema multimedia realizado en Francia para la identificación de 490 especies de malezas en estado adulto y 230 en plántula, incluyendo perfiles ecológicos (73).

HYPP CD-ROM es una aplicación "hypermedia" que engloba todas las áreas de la protección vegetal en diversos cultivos y es fruto de una colaboración internacional europea. Incluye 600 especies de malezas, 350 plagas y 400 patógenos; 5000 fotografías, 1000 gráficos y 12000 páginas de textos en inglés, francés, alemán, portugués, español e italiano. La versión inicial sólo necesitaba ordenadores 286 ó 386, 1 Mb de RAM y Windows, el CD-ROM es deseable. El modo "guía" sirve para el consultante que parte de cero, necesitando identificar la infestación. El modo "consulta", para usuarios experimentados que necesitan resolver preguntas concretas, y el modo "hipertexto" (con imágenes, música y vídeo digital) para profundizar sobre algunos conceptos en diferentes bases de datos (74).

Aunque no es estrictamente un sistema multimedia, hay que reseñar, por su espectacularidad, un programa japonés capaz de integrar movimiento y visión artificial en tres dimensiones. Se trata de un robot multipropósito consistente en un manipulador, un mecanismo de autopropulsión y un ordenador. Puede localizar las malas hierbas en cultivos hortícolas, procesando imágenes en color, y eliminarlas utilizando una cuchilla especial (76). Verdaderamente, la informática del siglo XXI nos prepara muchas sorpresas...

7. LAS REDES DE INFORMACIÓN

Se trata de la telemática, el conjunto de sistemas capaces de intercambiar información a grandes distancias de manera digital (7). Permiten el acceso a cualquier ordenador desde puntos remotos con un mínimo esfuerzo y eficaces velocidades de conexión, envío y recepción de datos. Una de las principales ventajas para el usuario es poder realizar consultas en bases de datos diferentes y lejanas. Para ello se necesita un PC, un módem de teléfono, y software para comunicar con distintas fuentes, mediante pago de suscripción. Pero no sirve el mismo software para todas las comunicaciones, las consultas se hacen de forma diferente en cada base de datos y para aprender hay que ir a cursos de especialización... Pero existen tecnologías que tratan de uniformar procesos simplificándolos, así han surgido MINITEL en Francia (desde 1974) y VIDEOTEX en otros países, lo que, en principio, suponía el uso de terminales baratos y de fácil uso, interactivos, económicos y fiables (78). Sin embargo, la popularidad en España ha sido reducida, no habiéndose alcanzado el gran público, siendo los usuarios de PC (provistos de tarjeta de comunicaciones) los que más lo utilizan.

Dentro de la red Ibertex (VIDEOTEX español) está el servicio AGRITEL (dedicado al sector agrícola) que ofrece, entre otras áreas de información, acceso al registro oficial de productos fitosanitarios (nombre del producto, casa comercial, distribuidor, materias activas, formulación, cultivos autorizados, etc...). También ofrece un programa para identificar malas hierbas en cereales de invierno (78). El Agritel español se desarrolla muy lentamente ya que cada región autónoma ha montado un servicio paralelo, a veces, en idiomas distintos. El servicio AGRITEL en Bélgica, que ofrecía el programa HERBI (información sobre herbicidas contra malezas específicas en cereales) ha durado sólo desde 1986 a 1989 (79). No obstante, los países en vías de desarrollo al instalar nuevos sistemas de telecomunicaciones pueden superar a países con sistemas más antiguos (80).

E-MAIL es el correo electrónico que está teniendo una gran popularidad entre los usuarios que disponen de PCs con modem. Es un sistema cómodo, una vez que se adquiere la costumbre de utilizarlo, y tendrá cada vez más importancia en el próximo futuro, ya que los menores de 30 años están especialmente acostumbrados a usar el ordenador. Pero lo más interesante de E-MAIL es que es la puerta de INTERNET.

INTERNET es la cadena informal que une por módem los ordenadores de todo el mundo. Tiene enormes posibilidades; de acceso a bases de datos, a programas tomados en préstamo ("shareware"), a información de todo tipo. Conectarse a la red mundial de redes que forman INTERNET puede costar unos 10 dolares mensuales, siendo gratis para las organizaciones gubernamentales, científicas o universitarias. Ofrece varios servicios: conexiones remotas, búsqueda y transferencia de ficheros, búsquedas por palabras en grandes bases de datos, participación en coloquios, acceso a redes de documentos en formato hipertexto (81). El acceso es aún lento y hay que dedicar bastante tiempo. Pero es un mundo informático que se abre también a los malherbólogos, especialmente a los más jóvenes (en USA la edad media de los usuarios de INTERNET es de 23 años). No en balde una de las primeras bases que se han hecho ha sido una bolsa de trabajo, Weedjobs (82), para especialistas en el control de las hierbas dañinas.

8. Referencias bibliográficas

01. HINTZLE J.L. 1989. NCSS, Number Cruncher Statistical System. 865 East 400 North. Kaysville, Utah 84037.
02. WILKINSON L. 1989. SYSTAT: The System for Statistics. Evanston, IL. Systat, Inc.
03. JANDEL SCIENTIFIC. 1994. SIGMASTAT, Statistical Software. Jandel Sci. Schimmelbuschstr. 25, D-40669 Ekrath.
04. FRAGA M.I., MARTINEZ-CORTIZAS A. 1993. PERFECO: Programa informático para el análisis del comportamiento de especies arvenses. Actas Congreso 1993 Soc. Española de Malherbología. Lugo 144-147.
05. ZEDAKER S.M., GREGOIRE T.G., MILLER J.H. 1993. Sample size needs for forestry herbicide trials. Canadian Journ. of Forest Research 23: 10, 2153-2158.
06. LEMIEUX C., CLOUTIER D.C., LEROUX G.D. 1992. Sampling quackgrass (*Elytrigia*

repens) populations. Weed Science 40: 4, 534-541.

07. CONZALEZ-ANDUJAR J.L. 1995 Uso de tecnologías de la información en la transferencia tecnológica. Boletín de la Soc. Española de Malherbología, no. 18, 27. Editor A. Taberner. R. Roure, 177 -25198 Lérida
09. VAN DE BAAN H.E., CUIJPERS T.A., VAN LENTEREN J.C., SABELIS M.W., 1991. PESTBASE: A relational database for the evaluation of alternatives for environmentally harmful pesticides. Danish Journal of Plant and Soil Science, Special Series Report. 85: S 2161, 57-62.
10. LORENZ R.J., LYM R.G. 1993. A chronology of leafy spurge research. Proc. Western Society of Weed Science, Seattle, Washington. Edited by LYM R., WSWS, Newark, Cal. 46, 30-35.
11. GONZALEZ-ANDUJAR J.L., RODRIGUEZ J., NAVARRETE L. 1990. Development of a prototype expert system (SIEXMAL) for identification of weeds in cereals. Proc. EWRS Symposium Integrated Weed Management in Cereals. Helsinki 429-434.
12. BALLEGAARD T., HAAS H. 1990. WEEDEX, an expert system for the identification of weed seedlings. Dept. of Agricultural Meteorology, P.O. Box 25, 8830 Tjele, Denmark.
13. OLD R., DOBBINS R., HINE P., DALLIHAN R., NORTHAM F. 1991. WEEDS (Western Expert Educational Diagnostic System). Proc. Western Society of Weed Science, Seattle, Washington. Edited by LYM R., WSWS, Newark, Cal. 44, 37-38.
14. FARMANIAN T.W., BARKWORTH M., LIV H. 1989. Trained and untrained individual's ability to identify morphological characters of immature grasses. Agronomy Journal, 18: 6, 918-922.
15. BREIV.V., POGORELYIV.V., OMETOV Y.S. 1991. Efficiency of mechanized establishment of sugar beet plantations. Soviet Agricultural Sciences, 12: 47-51. Weed Abstracts 043-00390.
16. CHAISATTAPAGON C., ZHANG N.Q. 1992. Identifying effective criteria for weed detection using a machine vision. Dept. of Agricultural Engineering, Kansas St. Univ., Manhattan, KS 66506-2906. USA.
17. EVERITT J., RICHERSON J., ALANIZ M., ESCOBAR D. 1994. Light reflectante characteristics and remote sensing of big bend loco (*Astragalus mollisimus*) and wooton loco (*A. wootonii*). Weed Science 42: 1, 115-122.
18. PARDO A., SUSO M.L., ECHAVARRI F., LOMAS A. 1993. Discriminación entre pimiento (*Capsicum annuum* L.) y malas hierbas por medio de técnicas de reflectancia. Actas Congreso Soc. Española de Malherbología. Lugo. 268-271.
19. BENOIL D.L., DERKSEN D.A., PANNETON B. 1992. Innovative approaches to seed bank studies. Weed Science, 40: 4, 660-669.

20. CHEN C., CHIANG Y.P., POMERANZ Y. 1989. Image analysis and characterization of cereal grains with a laser range finder and camera contour extractor. *Cereal Chemistry*, 66: 6, 466-470.
21. THOMPSON J.F., STAFFORD J.V., AMBLER B. 1990. Weed detection in cereal crops. Dept. of Agricultural Engineering, Univ. of California, Davis, CA 95616. USA.
22. STAFFORD J.V., MILLER P.C.H. 1993. Spatially selective application of herbicide to cereal crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 9: 3, 217-229.
23. AMON H. 1994. R & D Project "Electronics in outdoor work". Results of the area of software and plant production. *Agricultural Engineering Abstracts*, 019-02929. CAB.
24. ESCOBAR D., EVERITT J., MAYEUX H. 1992. Aerial photography/computer aided counting technique for estimating tree-kill and ant mound densities. Remote Sensing Research Unit. Agriculture Res. Service, USDA. 2413 E. Highway 83, Weslaco, Tx. 78596-8344 USA.
25. EVERITT J., ESCOBAR D., ALANIZ M., VILLARREAL R., DAVIS M. 1992. Distinguishing brush and weeds on rangelands using video remote sensing. *Weed Technology* 6: 4, 913-921.
26. RICHARDSON B. 1993. Vegetation management practices in plantation forests of Australia and New Zealand. *Canadian Journal of Forest Research*, 23: 10, 1989-2005.
27. EVERITT J., ESCOBAR D., VILLARREAL R., ALANIZ M., DAVIS M. 1993. Canopy light reflectance and remote sensing of shin oak (*Quercus havardii*) and associate vegetation. *Weed Science* 41: 2, 291-297.
28. EVERITT J., ALANIZ M., ESCOBAR D., DAVIS M. 1992. Using remote sensing to distinguish common (*Isocoma coronopifolia*) and Drummond goldenweed (*I. drummondii*). *Weed Science*, 40: 4, 621-628.
29. KROPFF M.J., VAN LAAR H. (Editors) 1993. *Modelling Crop-Weed Interactions*. ISBN 0-85198-745-1. Wageningen Agricultural University. The Netherlands. 304 pp.
30. KROPFF M.J., LOTZ L.A.P. 1992. Systems approaches to quantify crop-weed interactions and their application in weed management. *Agricultural System* 40: 1-3.
31. LOTZ L.A.P. 1995. Results of the MSA-Joint experimentation programme. EWRS Group: Crop-Weed interactions. Workshop Report of Dijon Meeting.
32. FORCELLA F., BUHLER D., SWINTON S., KING R., GUNSOLUS J., MAXWELL B. 1993. Field evaluation of a bioeconomic weed management model for the corn belt, USA. 8th EWRS Symposium "Quantitative Approaches in Weed and Herbicide Research". Braunschweig, Vol. 2, 755-760.

33. ANDERSON J.L., BINGHAM G.E., HILL R.W. 1992. Effects of permanent cover crop competition on sour cherry tree evapotranspiration, growth and productivity. *Acta Horticulturae*, 313, 135-142.
34. VITTA J.I., FERNANDEZ-QUINTANILLA C. 1995. A dynamic model to predict weed-crop competition. EWRS Group: Crop-Weed interactions. Workshop Report of Dijon Meeting.
35. PARDO A., SUSO M.L., ZARAGOZA C., CALVO R., PEREZ S. 1990. Competition between weeds and direct seeded onion (*Allium cepa* L.) XXIII International Horticultural Congress. Tome 2, 3217. Firenze.
36. MEDINA J.A., ALONSO S., CAVERO J., ZARAGOZA C. 1994. Critical period of competition between weeds and transplanted or direct sown peppers. EWRS Mediterranean Symposium "Weed Control in Sustainable Agriculture". Perugia. 157-162.
37. BALL D., SHAFFER M.J. 1990. Computer simulation of light, water and nitrogen competition between corn and redroot pigweed. Proc. Western Society Weed Science, 74-76. Newark, Cal.
38. DONIGIAN A.S., CARSEL R.F. 1992. Developing computer simulation models for estimating risks of pesticide use: research vs. user needs. *Weed Technology*, 3, 677-682.
39. BEHL E. 1992. Computer models for fate assesment during the registration process: data needs. *Weed Technology* 6: 3, 696-700.
40. WILLIAMS J., RICHARDSON C., GRIGGS R. 1992. The weather factor: incorporating weather variance into computer simulation. *Weed Technology* 6: 3, 731-735.
41. BARRET M., WILLIAMS W. 1989. The impact of atrazine on ground water in the midwestern United States. Proc. 12th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, n° 2, 587-594. Taipei, Taiwan.
42. VAN VIERSEN W., HOOTSMANS M. 1990. Weed control strategies for *Potamogeton pectinatus* L. based on computer simulations. Proc. EWRS Symp. on Aquatic Weeds, Uppsala. 231-236.
43. YANG X.B., TEBEEST D.O. 1992. The stability of host-pathogen interactions of plant disease in relation to biological weed control. *Biological Control*, 2: 4, 266-271.
44. BLACKLOW W.M. 1992. Movement, persistence and activity of herbicides in soil: developments of a computer simulation model. Proc. 1st International Weed Control Congress. Vol. 2, 89-91. Melbourne.
45. LEFOL E., 1995. Risks of interspecific transfer of a gene from a transgenic oilseedrape. Ph.D.Thesis. Univ. Paris Sud. Abstract in EWRS. Newsletter n° 60, April, pág.: 8.

47. MAXWELL B.D. 1993. A bioeconomic model for determining long term economic optimum wild oat management strategies in barley. Proc. Western Society of Weed Science, Tucson, AZ. 46, 77-79. WSWS, Newark, Cal.
48. RYDAHL P. 1994. Adjustements of PC-Plant Protection. 11 Danish Plant Protection Conference on the side effect of herbicides. SP-Rapport, n° 6, 115-124.
49. PANETTA F.D., MITCHELL N.D. 1991. Bioclimate prediction of the potential distribution of some weed species prohibited entry to New Zealand. New Zealand Journal of Agric. Research. 34: 3, 341-350.
50. MEIJER B., KAMP J., 1991. Development and introduction of crop management systems. Danish Journal of Plant and Soil Science. Special Series Report, 85: 52161; 207-215.
51. BLAIR A., MARTIN T., WALKER A., WELCH S. 1989. Measurement and prediction of chlorsulfuron persistence in soil following autumn and spring application. Proc. Brighton Crop Protection Conference, Weeds, Vol. 3, 1121-1126.
52. BAADRUP M., BALLEGAARD T. 1990. Advisory computer system for weed control. EWRS Symp. on Integrated Weed Management in Cereals. Helsinki, 443-450.
53. NEUBAUER W., SCHENK M., NORDWIG D. 1988. Possibilities and requirements of computer aided soil and crop management. Institut fur Kartoffelforschung Adl., D-2551. Gross Lusewitz. Germany.
54. WOODRUFF D.R. 1992. WHEATMAN: A decision support system for wheat management in subtropical Australia. Australian Journal of Agricultural Research 43: 7, 1483-1499.
55. LYBECKER D., SCHWEIZER E., KING R. 1991. Weed management decisions in corn based on bioeconomic modeling. Weed Science 39: 1, 124-129.
56. EDWARDS-JONES G., MUMFORD J., NORTON G., TURNER R., PROCTOR G., MAY M. 1992. A decision support system to aid weed control in sugar beet. Computers and Electronics in Agriculture, 7: 1, 35-46.
57. LUDWIG J.A. 1990. SHRUBKILL: A decision support system for management burns in Australian savannas. Journal of Biogeography, 17: 4-5, 547-550.
58. NISHIMOTO R., KHAN M., GREEN R., SWADER F. 1991. Herbicides and water quality. Proc. 13th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, 1, 309-329. Taipei, Taiwan.
59. AL-KHATIB K., MINK G., REISENAUER G., PARKER R. 1993. Development of a biologically-based system for detection and tracking of airborne herbicides. Weed Technology 7: 2, 404-410.
60. GREEN J.M. 1991. Maximizing herbicide efficiency with mixtures and expert systems. Weed Technology 5: 4, 894-897.

61. FERRIS I.G., FRECKER T.C., HAIGH B.M., DURRANT S. 1992. HERBICIDE ADVISER: A decision support to optimize atrazine and chlorsulfuron activity and crop safety. *Computers and Electronics in Agriculture*.
62. DUNNE B., 1991. Ireland: Status of computer based advisory systems. *Danish Journal of Plant and Soil Science. Special Series Report*, 85: S 2161, 37-40.
63. RENNER K.A., BLACK J.R. 1991. SOYHERB: A computer program for soybean herbicide decision making. *Agronomy Journal*, 83: 5, 921-925.
64. PARSONS D.J. 1991. Plant and disease models for use in decision support programs for biocide application. Silsoe Research Institute, Wrest Park, Silsoe, Bedford MK45 4HS, UK.
66. MURALI N.S., SECHER B.J.M. 1991. Status on the computer based plant protection systems in Denmark. Research Center of Plant Protection. Dept. of Pest Managemet. Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby, Denmark.
67. GARVERT V., WAGNER J., KOCHS H.J., HEYLAND K.U., STEETS R. 1990. HERBEXPERT: A computer-aided system for individual herbicide recommendations in cereals. *Weed Abstracts* 039-0 2423. CAB.
68. GOODELL P., PLANT R., KERBY T., STRAND J., WILSON L., ZELINSKY L., YOUNG J., CORBETT A., HORROCKS R., VARGAS R. 1990. CALEX/COTTON: An integrated expert system for cotton production and management. *California Agriculture*, 44: 5, 18-21.
69. CUSSANS G.W., ROLPH J. 1990. HERBMAST: A herbicides selection system for winter wheat. *Symposium EWRS on Integrated Weed Management in Cereals*. Helsinki, 451-457.
70. PESTEMER W., GOTTESBUREN B., WANG K., WISCHNEWSKY M., ZHAO J. 1990. Possible applications of the expert system HERBASYS (Herbicide Advisory System). *Weed Abstracts* 039-02409. CAB.
71. DEL RE A., CAGNASSI G., ERRERA G. 1993. Advisory systems for weed control and reduced environmental impact. *Sez. Vegetale. Istituto de Chimica Agraria ed Ambientale, Fac. di Agraria, UCSC, V. Emilia Parmense 84, I-29100 Piacenza*.
72. OLMOS J.M., RECASENS J. 1995. WEED-ONE: Sistema multimedia de EAO para el aprendizaje en el reconocimiento visual de plántulas de malas hierbas. *Congreso 1995 de la Soc. Esp. de Malherbología*. Huesca (En prensa).
73. LONCHAMP J.F., BARRALIS G., GASQUEZ J., JAUZEIN P., KEURGUELEN N., LÉCLERCH J., MAILLET J. 1991. MALHERB: logiciel de reconnaissance des mauvaises herbes des cultures: approche botanique. *Weed Research* 31, 4, 237-245.

74. CARRASCAL M., FISHER J., ENGEL T. 1993. HYPP CD-ROM: Plant Protection Supported by Hypermedia. 8th EWRS Symposium "Quantitative approaches in weed and herbicide research and their practical application". Braunschweig, 2, 863-868.
75. WILSON J.P., INSKEEP W.P., RUNBRIGHT P.R., COOKSEY D. 1993.¹ Coupling geographic information systems and models for weed control and groundwater protection. *Weed Technology* 7:1, 255-264.
76. DOHI M., FUJIURA T., NAKAO S., IWAO T., KOMATSU M. 1993. Multi-purpose robot for vegetable production (Part. 1). Outline of robot and its application to weed control in hill space. *Journ. Japan. Soc. Agric. Machinery* 55: 6, 77-84.
77. HARLEY K.L.S., BOTTOMLEY W., SUTHERST R.W. 1993. The potential role of an expert system in the management of aquatic weeds in Africa. Control of Africa's floating water weeds. *Proceed. of Workshop. (Edited by Greathead A., De Groot P.)*. 147-148 Harare, Zimbabwe. CAB International, Ascot, UK.
78. CALVO R., NUÑEZ BUTRAGUEÑO J.A. 1993. ¿Qué es el videotex?. Posibilidades de su uso en el sector agrario. *Hoja Divulgadora nº 4/92 HD Ministerio de Agricultura P. y A., IRYDA, Madrid*. 28 pp.
79. CARLETTI G., CLAUSTRIAUX J.J. 1991. Plant protection by videotex: life and death. *Danish Journ. of Plant and Soil Sci. Special Series Rep.* 85: 52161, 41-43.
80. NEGROPONTE N., 1995. Ordenadores para los pobres. *Tribuna del Diario El Mundo. Serie Comunicación. Año VII, nº 230, pág. 5.*
81. CAMPBELL R.A. 1995. WEEDJOBS, free service for listing weed science jobs. *EWRS Newsletter nº 60, 4-6.*
82. DIEZ J., YRALAGOITIA J. 1995. INTERNET: red de redes. *PCworld, Enero*, 128-139.