

# SISTEMA EXPERTO PARA LA ELECCION DEL APROVECHAMIENTO FORESTAL.

FRANCISCO MARCOS MARTÍN, EDUARDO ESTEBAN ROLDÁN, EMILIO FERNÁNDEZ LÓPEZ-PÉLAEZ, JOSÉ SÁNCHEZ DE LOS RÍOS, CRISTOBAL VILA PORTILLO.

DPTO. DE INGENIERÍA FORESTAL. E.T.S.I. DE MONTES. CDAD. UNIVERSITARIA S.N. 28040 MADRID.

## RESUMEN.

Se presenta un sistema experto (denominado MERPA 1.0) para elegir la técnica de aprovechamiento energético forestal que más se adapta a cada tipo de monte considerado. Las variables empleadas para definir el tipo de monte son:

- Pendiente.
- Resistencia del terreno.
- Rugosidad del terreno.
- Densidad de vías de saca.
- Grado de mecanización disponible o deseado.

## INTRODUCCIÓN.

En 1990 Peter Linehan, Graduate Research Assistant del Department of Forest Management de la University of Maine en Orono (Maine, USA) presentaba el primer sistema experto forestal escrito en VP-Expert. Su título "Harvestable?", hablaba por sí sólo de los objetivos que el simpático americano proponía en su trabajo de master. Posteriormente este trabajo fue modificado, ampliado y revisado, escribiéndose en Expert System Professional (otro lenguaje de sistemas expertos que presenta algunas ventajas frente a VP-Expert, pero que es más complejo a la hora de ser modificado).

El sistema experto Harvestable? consideraba únicamente aspectos legales y físicos para determinar si se podía aprovechar una zona forestal y recomendaba el método de aprovechamiento entre tres posibles soluciones:

- Inoperable para ser aprovechado.
- Aprovechable sólo en invierno, con el suelo helado.
- Aprovechable en cualquier época del año, condiciones ideales.

Estos resultados podrían parecernos extraños en España donde el problema del encharcamiento y de las heladas del terreno en invierno impiden los aprovechamientos forestales. En la zona donde se diseñó el sistema experto, Maine, el problema es que el suelo está encharcado en verano y no permite (problemas de resistencia del terreno) el paso de la maquinaria; cuando el terreno se hiela es posible extraer madera del monte con grandes máquinas. Ya señalamos (Marcos, 1994), los sistemas de aprovechamiento en estas latitudes norteamericanas que suelen ser tres:

- Corta con motosierra + Saca con cable skidder o grapa skidder.
- Corta con feller-buncher (taladora-apiladora) + Saca con autocargador.
- Corta y saca con feller-forwarder (cortador-autocargador).

## EL LENGUAJE UTILIZADO.

Existen numerosos lenguajes para escribir un sistema experto. Chatain y Dussauchoy (1988) recogen un buen resumen de los mismos. Los más potentes y conocidos son Lisp y Prolog, que también resultan ser de los más antiguos. Estos dos lenguajes, con múltiples versiones y aplicaciones presentan dos inconvenientes: Su dificultad de manejo y sus requerimientos. Por este motivo se han desarrollado lenguajes menos potentes y complejos pero que requieren ordenadores sencillos, son fáciles de aprender, fáciles de manejar y fáciles de corregir. Entre estos destacan, por sus aplicaciones, VP-Expert, Expert System y Guru.

El lenguaje utilizado por nosotros es el utilizado por Linehan (1990) y que ya hemos empleado en otras ocasiones (Marcos, 1992, 1993 y 1995). Las dos grandes ventajas del lenguaje VP-Expert ya las hemos señalado y queremos matizarlas y recordarlas:

- Requiere un ordenador sencillo con un equipamiento sencillo. Basta un 286 con un disco duro de 2 Mbites y memoria RAM de 1 Mbite. La pantalla puede ser incluso en blanco y negro aunque el programa presentado requiere una Super VGA sencilla.

- Es fácil de aprender por cualquier ingeniero, sin requerir la ayuda de un informático cada vez que hay que hacer una variación del mismo, con lo que se encarecerían los costos de mantenimiento del sistema.

- Es compatible con archivos DBASE format y hojas de cálculo. Es decir, lee sin problemas archivos en extensión .DBF y .WKS o similar.

A pesar de ello tiene dos inconvenientes, que en nuestro caso no nos han obviado las ventajas:

- 1) Sólo maneja un tipo de lógica (Backward Chaining).
- 2) No es compatible con LINDO. (Linear

## VARIABLES CONSIDERADAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA EXPERTO.

Las variables físicas consideradas en el trabajo de Linehan eran las que habían sido publicadas por Mellgren (1980) en un estupendo trabajo financiado por diversas empresas y organismos canadienses, y que en esa parte del mundo se consideran las más importantes. Estas son:

- Pendiente del terreno.
- Resistencia del terreno.
- Rugosidad del terreno.

La tan conocida clasificación canadiense divide las zonas de pendiente en 5 clases:

1. Ligera (0 -10%).
2. Suave (10-20%).
3. Moderada (20 -33%).
4. Empinado (33 - 50%)
5. Muy empinado (50 -100 %)

La resistencia del suelo agrupa al suelo en las clases:

1. Muy bueno. Muy resistente.
2. Bueno.
3. Moderado.
4. Pobre.
5. Muy pobre. Muy poco resistente.

En España De la Maza (1975 y 1985), Valladares (1975), Rubio Mazón (1984) Marcos (1992) han estudiado las variables que influyen en los aprovechamientos forestales. Dos de los autores de la presente comunicación (Marcos y Vila; 1993 y 1995) también han estudiado

las variables que deben utilizarse para elegir la maquinaria de repoblaciones en países mediterráneos. Aún siendo ciertas todas las variables citadas por estos autores hemos de reconocer que las tres señaladas por Mellgren recogen de forma muy evidente la combinación de varias de las señaladas por los españoles. Así, por ejemplo la lluvia se combina con la naturaleza del suelo para producir una resistencia del suelo, suelos encharcados de invierno pueden ser muy resistentes en primavera o en verano.

Debido a las consideraciones anteriores en el sistema experto diseñado (MERPA v.1.0) se recogen las variables indicadas por Mellgren y recogidas por Linehan (pendiente, resistencia y rugosidad del terreno) a las que se han añadido la densidad de vías de saca y el grado de mecanización disponible o deseado.

La densidad de vías de saca influye notablemente en terrenos en pendiente ya que permite el uso de un tipo concreto de maquinaria frente a otro. En el caso de los canadienses esta variable no se considera a la hora de elegir el sistema de aprovechamiento, sí se considera a la hora de estudiar los costes de la saca.

El grado de mecanización disponible es fundamental en España donde la maquinaria de aprovechamientos forestales suele ser en su mayor parte importada (sólo hay dos fabricantes fuertes de maquinaria forestal totalmente española, Tecform y Foresta) a unos precios muy altos. Por otro lado, a veces, por motivaciones sociales se recomienda usar mano de obra (que puede estar "subvencionada") pues los aprovechamientos forestales se realizan en zonas deprimidas. Esta variable ha sido utilizada en reiteradas ocasiones por nosotros (Marcos, 1992, 1993 y 1995)

El sistema experto MERPA 1.0 está basado en el sistema MERPA revisado y corregido. El sistema experto MERPA se presentó en 1992, en Zaragoza, en la Conferencia Internacional de Mecanización Agraria. Los trabajos de investigación posteriores realizados en Pic de L'Orri (Lérida) (1993) , varias zonas de Salamanca (1993-1996) y en la finca "Las Ciguiñuelas" (Toledo) (1996) nos han hecho reconsiderar las variables a utilizar y modificar ligeramente la tabla de verdad. Así mismo, la entrada de maquinaria forestal avanzada es mayor en España en 1997 que en 1991 (fecha en la que se realizó el sistema experto MERPA en su versión original). De todos modos las ideas fundamentales de MERPA 1.0 no difieren de MERPA como tampoco difiere el lenguaje utilizado en ambos casos (VP-Expert).

## BIBLIOGRAFÍA

CHATAIN Y DUSSAUCHOY (1988). Sistemas expertos, métodos y herramientas. Paraninfo. Madrid.

DE LA MAZA J. (1975). Criterios y factores que condicionan los aprovechamientos forestales. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid.

DE LA MAZA J. (1985). Aprovechamientos madereros. Rev. El Campo. nº. 98, Abril-junio pp. 41-48. Banco de Bilbao. Bilbao.

LINEHAN P. (1990). An expert system for evaluating the legal and physical components for determining operatibility of commercial forest timberlands in Maine. Proc. os IUFRO 1990 S3:04 XIX World Congress, Montreal.

MARCOS MARTÍN F. ET AL.(1992) Design of an expert system to determine the method of forest harvesting. Conf. Int. de Mec. Agraria. Zaragoza.

MARCOS MARTÍN F. (1993) An integrated forest planning to use in reafforestation in Spain. IUFROS3:04 Meeting. Auburn. Alabama. USA.

MARCOS MARTÍN F. (1994), Los aprovechamientos forestales en Maine (Estados - Unidos), Rev. Montes, nº 36, pp. 19-22. Madrid.

MARCOS MARTÍN F. , VILA PORTILLO C. (1995). Integrated model for reforestation in mediterranean countries. Congreso Forestal Mundial. Tampere. Finlandia (Actas en preparación).

MELLEGREN, P.G. (1980). Terrain clasification for Canadian forestry. CANadian Pulp and Paper Association. Montreal, Quebec. 13 p.

RUBIO MAZÓN J.M. (1984), Aprovechamientos forestales I. Rev. Mecanización y transformación forestal. pp. 5-8. Madrid.

VALLADARES CONDE A. (1975), Manual de explotación forestal, Ministerio de Agricultura. Madrid.

Grado de mecanización	Pendiente	Rugosidad del suelo	Resistencia del suelo	Densidad vías de saca	CORTA	SACA	SISTEMA
1, 2,3	>=4	4	<=3	<=3	Motosierra	Manual Animal	S10
1	<=3	3	<=3	<=3	Motosierra	Grapa -Skidder	S11
1	<=3	<3	<=3	<=2	Motosierra	Autocargador	S12
1	<=3	4	<=3	<=3	Motosierra	Cable-Skidder	S13
2	<=3	<=3	<=3	<=2	Cortadora-apil. Procesadora	Autocargador	S21
2	4	<=3	<=3	<=2	Procesadora	Skidder	S22
2	<=3	4	<=3	<=2	Procesadora	Skidder	S22
3	<=3	<=3	<=3	3	Feller-forwarder	Feller-forwarder	S31
3	4	<=3	<=3	<=3	Procesadora Makkeri	Skidder	S32
3	<=3	4	<=3	<=3	Procesadora Makkeri	Skidder	S32
1,2,3	<=5	5	<=5	<=3	Motosierra	Animal	S1R
1,2,3	<=5	<=5	5	<=3	Motosierra	Animal Cable Skidder	S1P

TABLA DE DECISIÓN DEL SISTEMA EXPERTO MERPA 1.0