

Foto 1.- Vista de una parcela con implantación de pinos, 4 meses después de una aplicación de herbicida, en la que se va diluyendo de forma logarítmica las dosis del 100 a 25%. En esta foto se trata de *P. pinea* de un año tratados con dosis de 4 a 1 kg m.a./ha. de pendimetalina.



M. Ortega¹, J. L. Peñuelas², G. Montero³ y J. M. García-Baudin¹

¹ Departamento de Protección Vegetal. INIA.

² Centro Nacional de Mejora Forestal «El Serranillo» (Guadalajara).

³ Departamento de Silvicultura. CI-FOR-INIA.

RESPUESTA DE *Pinus halepensis* Miller, *P. nigra* Arnold, *P. pinaster* Aiton y *P. pinea* L. A HERBICIDAS: RESULTADOS PRELIMINARES

RESUMEN

Se ha estudiado el efecto de cinco herbicidas, hexazinona, oxifluorfen, pendimetalina, simazina y tiazopir en la implantación en campo de jóvenes árboles de un año de *Pinus halepensis* Miller y *P. pinea* L. y de dos años de *P. nigra* Arnold y *P. pinaster* Aiton.

Los tratamientos se realizaron mediante la utilización de un pulverizador, que va diluyendo de forma logarítmica la dosis inicial de herbicida, hasta un cuarto de esta, al final del tratamiento.

Las dosis máximas ensayadas de los herbicidas oxifluorfen, a 1,5 kg m.a./ha, pendimetalina, a 4 kg m.a./ha, simazina, a 2 kg m.a./ha y tiazopir, 2 kg m.a./ha no produjeron mortandad en los jóvenes pinos de las especies consideradas.

Hexazinona resultó fitotóxico, a partir de 1,3 kg m.a./ha en los árboles de las especies *P. halepensis*, *P. pinaster* y *P. pinea*, no observándose daños a ninguna de las dosis ensayadas en *P. nigra*.

El control de las malas hierbas presentes fue eficaz a dosis de 0,5 kg m.a./ha de hexazinona y oxifluorfen y de 3 kg m.a./ha de pendimetalina. Tiazopir y simazina, a 2 kg m.a./ha, dosis máxima ensayada, sólo controlaron en parte las malas hierbas, con una cobertura de alrededor del 50%, aunque hay que tener en cuenta que la especie predominante en el ensayo, *Salsola kali* L., no es frecuente como adventicia en nuestro país.

INTRODUCCIÓN

La Unión Europea está desarrollando un programa de forestación de tierras agrícolas con el fin de reducir superficie de cultivos, especialmente los de bajo rendimiento. Entre los diversos problemas que nos encontramos al forestar las tierras de cultivo, destaca sin duda alguna, la presencia de malas hierbas adaptadas a éstas desde hace centenares de años, que efectuarán una competencia con los jóvenes árboles, en su mayoría de una o dos savias, especialmente en las especies de crecimiento lento, como es el caso de las pertenecientes al género *Pinus* (FROCHOT, TRICHET, 1988; MORRIS et al.; 1994).

En España, el problema de la competencia de las malas hierbas, por los nutrientes, luz y especialmente por el agua con los jóvenes árboles, se agrava considerablemente por la sequía estival, que en gran parte del país, hace que las malas hierbas puedan reducir e incluso eliminar la posibilidad de implantación de estos árboles, que poseen sistemas radicales mucho menos desarrollados en su primer año (ROJO, MONTERO; 1996).

El empleo de herbicidas para el control químico de malas hierbas en cultivos forestales es una técnica usual en los países desarrollados, especialmente en Canadá y Estados Unidos (SAJDAK, KOTAR; 1985; CAMPBELL; 1990; Mc DONALD, FIDLER, 1993). En el cultivo de especies del género *Pinus*, se utilizan desde hace tiempo, herbicidas del tipo de las triazinas, que actúan como inhibidores de la fotosíntesis, como simazina (AHRENS; 1973) y hexazinona (MILLER et al.; 1988), que controlan un amplio espectro de malas hierbas, tienen una buena selectividad en coníferas y presentan una persistencia ade-



Foto 2.- P. pinaster de un año, tratada con el herbicida simazina, a una dosis inicial de 2 kg m.a./ha que se va diluyendo hasta 0,5 kg m.a./ha

cuada para proteger durante largo tiempo a los pinos contra estas adventicias. Recientemente se está introduciendo el empleo de otros tipos de herbicidas como oxifluorfen (HAYWOOD, MELDER, 1991), pendimetalina (VANNER, POPAY, 1992) y tiazopir (VALERA et al., 1992).

En nuestro país, el empleo de herbicidas en especies forestales, no es una práctica corriente, siendo la escarda manual y el empleo de labores, los métodos más usuales para el control de las malas hierbas (MONTAÑA, 1989). Entre los escasos trabajos realizados sobre la utilización de herbicidas en las diversas especies del género *Pinus*, podemos señalar algunos realizados en condiciones de vivero (BUSTO et al., 1997; CARRASCO et al., 1997; FERNÁNDEZ-CAVADA et

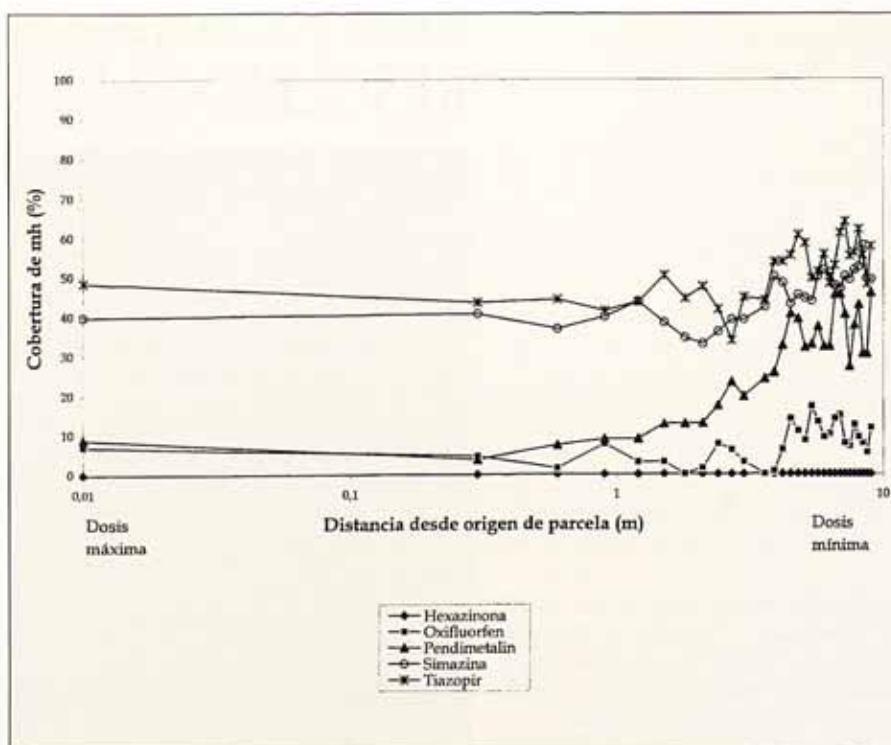


Figura 1.- Porcentaje medio de cobertura de malas hierbas que queda a los cuatro meses de la aplicación logarítmica de cinco herbicidas, a dosis iniciales que se diluyen a un cuarto a lo largo de la parcela

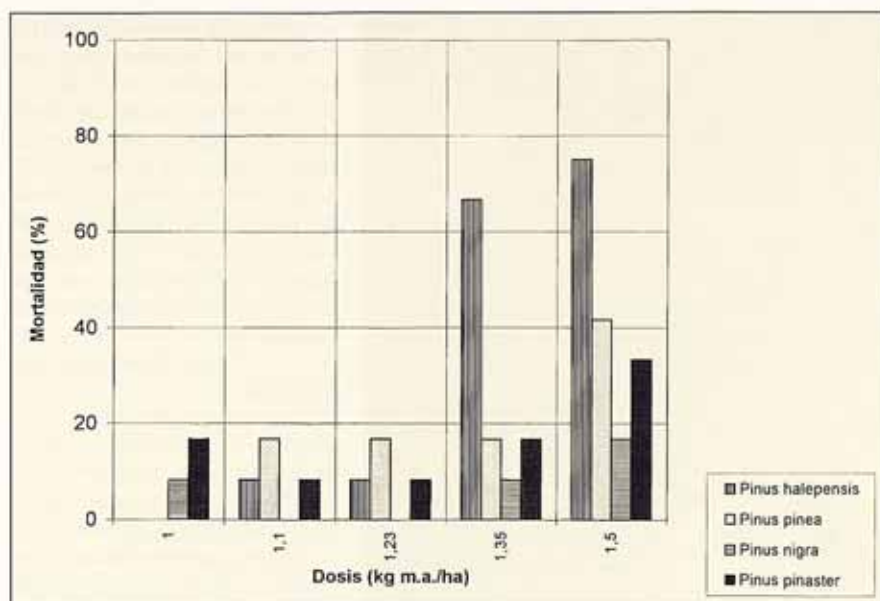


Figura 2.- Efecto de diferentes dosis del herbicida hexazinona sobre la mortalidad de 4 especies de pinos

al., 1995; ORTEGA et al., en prensa, PEÑUELAS et al., 1995a) y en implantaciones en campo (PENUELAS et al., 1995b).

El escaso conocimiento que se tiene sobre el efecto fitotóxico de los herbicidas en las diversas especies del género *Pinus* en España, nos ha motivado a efectuar este trabajo, que estudia la respuesta, en condiciones de campo, de cuatro especies de pino a cinco herbicidas, con el fin de determinar la dosis más eficaz, que siendo tolerada por pinos recién implantados, sea suficiente para un control de las malas hierbas que permita un buen desarrollo de estas coníferas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado son árboles de un año de edad de *Pinus halepensis* Miller y *P. pinea* L. y de dos años de *P. nigra* Arnold y *P. pinaster* Aiton que se plantaron el 17 de abril de 1998 en los terrenos del Centro Nacional de Mejora Forestal «El Serranillo» (Guadalajara) que poseen un suelo franco-arenoso. Se ha utilizado un diseño de bloques al azar, con 4 bloques de 6 parcelas para cada especie. Cada parcela mide 9x2 m y en ella se plantaron 30 árboles jóvenes en línea a una distancia de 30 cm.

Los tratamientos herbicidas se realizaron los días 7 y 8 de mayo de 1998 mediante un pulverizador, marca AZO, con el que se diluyeron las dosis de herbicida de forma logarítmica desde 100% al 25% a lo largo de los 9 m de longitud de la parcela. Los herbicidas utilizados y las dosis máximas fueron: hexazinona (Velpar 90%) a 1,5 kg m.a./ha, oxifluorfen (Goal 24%) a 1,5 kg m.a./ha, pendimetalina (Stomp 33%) a 4 kg m.a./ha, simazina (Gesatop FW 50%) a 2 kg m.a./ha y tiazopir (Visor 24%) a 2 kg m.a./ha. Una parcela de cada bloque se dejó sin tratar y sin escardar como control.

La evaluación de los efectos de los herbicidas en los pinos se realizó a finales de septiembre de 1998, mediante conteo de vivos y muertos. La cobertura de malas hierbas se midió a finales de junio, julio y septiembre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mala hierba predominante en las parcelas de ensayo no tratadas con herbicidas fue *Salsola kali* L., seguida de *Chenopodium album* L. y ocasionalmente aparecieron *Amaranthus albus* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Lactuca serriola* L., *Papaver rhoeas* L., *Polygonum*

aviculare L. y *Portulaca oleracea* L. El control de estas malas hierbas fue total con hexazinona y oxifluorfen, incluso a la dosis mínima empleada (0,5 kg m.a./ha) (Fig. 1). Sin embargo, pendimetalina por debajo de 3 kg m.a./ha deja más de 30% de cobertura de malas hierbas y no controla a *Salsola kali*, ni *Chenopodium album* (Foto 1). Tiazopir y simazina no fueron muy eficaces, a la dosis máxima (2 kg m.a./ha) dejaron alrededor de un 50% de cobertura y no controlaron a *Salsola kali*, ni *Chenopodium album* (Fotos 2 y 3). Además, simazina a esta dosis no controló a *Polygonum aviculare*, como ya se había visto en un ensayo similar realizado en la finca del INIA (Madrid) para estudiar su efecto en alcornoques (ORTEGA et al., 1997).

El herbicida hexazinona afecta negativamente a las especies que se implantaron con un año de edad, *P. halepensis* y *P. pinea*, a partir de dosis de 1,3 kg m.a./ha (Foto 4), produciendo una mortalidad de alrededor del 70 y el 40%, respectivamente (Fig. 2). En el caso de las especies que tenían 2 años cuando se implantaron, no se observó efectos en *P. nigra* (Foto 5) y una mortalidad de alrededor de 30% en *P. pinaster*, a partir de 1,3 kg m.a./ha. Existen antecedentes de tolerancia de *P. nigra* en campo, MILLER et al., (1988), encuentra selectividad a 2,2 kg m.a./ha en implantaciones de una savia, en un suelo con un 63% de arena. Otras especies de pino, como *P. radiata* D. Don, también toleran en campo dosis de 2 kg m.a./ha con un año de edad (GOUS, 1996). La tolerancia a este herbicida parece estar relacionada con la capacidad del metabolismo de la planta para degradar el herbicida por hidroxilación y demetilación en dos metabolitos menos fitotóxicos (REISER et al., 1983), con la tasa de transpiración de la planta, que si es elevada determina una mayor absorción y translocación del herbicida (WOOD et al., 1992) y con la época de aplicación, ya que en primavera, la tasa de crecimiento y transpiración son más elevadas que en invierno

(WOOD et al., 1993). La hexazinona está registrada en nuestro país en repoblaciones de coníferas, a partir de jóvenes árboles de un año de edad, con dosis de utilización de 0,9 a 1,8 kg m.a./ha, por lo que se hace necesario profundizar en su estudio, para evitar posibles problemas.

Los demás herbicidas no produjeron efectos negativos a ninguna de las especies de pinos ensayadas. Oxifluorfen es tolerado a dosis de 1,5 kg m.a./ha (Foto 6). No se conocen estudios sobre la utilización de este herbicida en repoblaciones de pino en nuestro país. En Estados Unidos, parece que especies como, *P. taeda* L. de una savia, toleran 1,1 kg m.a./ha (HAYWOOD, MELDER, 1991). La tolerancia a este herbicida podría deberse más a la dificultad de absorción que a una detoxificación, como ocurre en otras especies de plantas (PORN-PROM et al., 1994).

Asimismo, las 4 especies han resultado tolerantes a las dosis iniciales de tiazopir (2 kg m.a./ha) y de pendimetalina (4 kg m.a./ha). En Estados Unidos, *P. taeda* puede crecer con la aplicación de dosis de 2,4 kg m.a./ha de pendimetalina en implantaciones de 2 años (YEISER et al., 1997), aunque este herbicida suele producir reducciones de crecimiento del sistema radical de los pinos (VANNER; POPAY, 1992; YEISER et al., 1997).

Simazina a la dosis de 2 kg m.a./ha, tampoco afectó a la supervivencia de ninguna de las 4 especies de pinos. Dosis de hasta 6,7 kg m.a./ha son toleradas por *P. nigra* en implantaciones de un año en campo (MILLER et al., 1988). Del resto de las especies ensayadas sólo está citada su tolerancia a 2,25 kg m.a./ha en campo (PEÑUELAS et al., 1995b).

En general, en este estudio se ha visto una buena tolerancia de las 4 especies de pinos



Foto 3.- *P. halepensis* de dos años, tratada con el herbicida tiazopir, a una dosis inicial de 2 kg m.a./ha que se va diluyendo hasta 0,5 kg m.a./ha.



Foto 4.- *P. halepensis* de un año, tratada con el herbicida hexazinona, a una dosis inicial de 1,5 kg m.a./ha que se diluye hasta 0,5 kg m.a./ha.

a herbicidas, tanto de tipo inhibidor de la fotosíntesis como desorganizadores de membrana e inhibidores de la división celular, aunque se debe tener en cuenta que la selectividad a herbicidas de las plantas está influida por el tipo de suelo en el que se aplica el tratamiento, ya que de su absorción depende la disponibilidad de herbicida que puede ser absorbido por la planta.

La proliferación de plantaciones de pinos en tierras agrícolas, hace necesario profundizar en el estudio de la respuesta de las diversas especies del género *Pinus*, a los herbicidas susceptibles de empleo. ■

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, J.F. 1973. Control of sod in Christmas tree plantings with simazine, atrazine and glyphosate. *Proc. North. Weed Sci. Soc.*, 27: 310-314.
- BUSTO, A.; BIMBO B.; GARCÍA-ESPAÑA, V.; GÓMEZ DE BARREDA D. 1997. Selectividad y eficacia de algunos herbicidas en vivero de planta forestal. *Actas SEMh.*, Valencia, 355-359.
- CAMPBELL, R.A. 1990. Herbicide use for forest management in Canada: where we are and where we are going. *For. Chron.* 66, 355-360.
- CARRASCO, I.; OCAÑA, L.; PEÑUELAS, J.L.; DOMÍNGUEZ S., 1997. Ensayo de tratamientos herbicidas en cultivo de tres especies forestales (*P. halepensis*, *P. nigra*, *Q. ilex*) en vivero. *Actas SEMh.*, Valencia, 111-116.
- FERNÁNDEZ-CAVADA, S.; COSCULLUELA, J.; SOPEÑA, J.M.; ZARAGOZA, C. 1995. Primeros resultados de un ensayo de herbicidas en vivero de *Pinus halepensis* y *P. pinaster*. *Actas SEMh.*, Huesca, 297-301.
- FROCHOT, H.; TRICHET, P.

1988. *Influence de la compétition herbacée sur la croissance de jeunes pins sylvestres*. Villème Colloque International sur la biologie, l'écologie et la systématique des mauvaises herbes. Dijon, 509-516.

GOUS, S.F. 1996. Hexazinone weed control in re-established *Pinus radiata* plantations. *South African Forestry Journal*, 176: 23-28.

HAYWOOD, J.D.; MELDER T.W. 1991. *Effectiveness of glyphosate mixed with soil-acting herbicides*. Research Note Southern Forest Experiment Station USDA Forest Service, S0365, 5 pp.

MCDONALD, P.M.; FIDDLER, G.O. 1993. Feasibility of alternatives to herbicides in young conifer plantations in California. *Can. J. For. Res.*, 23, 2015-2022.

MILLER, R.O.; BLOESE, P.D.; HANOVER, J.W. 1988. *Screening of three pre-emergence herbicides for intensive plantation management in Michigan*. Tree Plant Notes US Dep. Agric. For. Serv., 39(2), 13-18.

MONTOYA, J.M. 1989. *El pino piñonero*. Mundi-Prensa, 100 pp.

MORRIS, L.A.; MOSS, S.A.; GARBETT, W.S. 1994. Competitive interference between selected herbaceous and woody plants and *Pinus taeda* L. During two growing seasons following planting. *For.Sci.*, 39(1), 166-189.

ORTEGA, M.; VILLARROYA, M.; MONTERO, G.; CHUECA, C.; GARCÍA-BAUDÍN, J.M.. 1997. Empleo de herbicidas en la implantación del alcornoque (*Quercus suber* L.): Resultados preliminares. *Actas SEMh*, Valencia, 343-346.

PEÑUELAS, J.L.; CARRASCO, I.; HERRERO, N.; NICOLÁS J.L., OCAÑA L., DOMÍNGUEZ S., 1995a. Control de la competencia herbácea en vivero forestal por métodos químicos. *Actas SEMh*, Huesca, 273-276.



Foto 5.- *P. nigra* de dos años, tratada con el herbicida hexazinona, a una dosis inicial de 1,5 kg m.a./ha que se diluye hasta 0,5 kg m.a./ha.



Foto 6.- *P. nigra* de dos años, tratada con el herbicida oxyfluorfen, a una dosis inicial de 1,5 kg m.a./ha que se diluye hasta 0,5 kg m.a./ha.

PEÑUELAS, J.L.; OCAÑA, L.; DOMÍNGUEZ, S.; RENILLA, I. 1995b. Primeros ensayos sobre el control de la competencia herbácea en repoblaciones de terrenos agrícolas abandonados. *Actas SEMh*, Huesca, 229-233.

PORNPROM, T.; MATSUMOTO, H.; USUI, K.; ISHIZUKA K. 1994. Absorption and metabolism of oxyfluorfen in tolerant soybean cells. *Weed Research*, Japan, 39(3): 180-182.

REISER, R.W.; BELASCO, I.J.; RHODES, R.C.; 1983. Identification of metabolites of hexazinone by mass spectrometry. *Biomed. Mass Spectrom*, 10, 581-

ROJO, A.; MONTERO, G. 1996. *El pino silvestre en la Sierra de Guadarrama*. MAPA, 296 pp.

SAJDAK, R.L.; KOTAR, J. 1985. Vegetation management problems and solutions: lake states. *Proc. South. Weed Sci. Soc.*, 38, 326-327.

VALERA, A.; BODAS, V.; COSTA, J. 1992. Visor, nuevo herbicida para cultivos perennes a partir del primer año de plantación. *Actas SEMh*, Lleida, 393-398.

VANNER, A.L.; POPAY, A.J. 1992. *Pendimethalin: a herbicide with potential for use in forest nurseries*. *Proc. 45th. New Zealand Plant Protect. Conf. Wellington*, 256-258.

WOOD, J.E.; STEPHENSON, G.R.; HALL, J.C.; HORTON, R.F. 1992. Selective phytotoxicity of Hexazinone to *Pinus resinosa* and *Pinus banksiana*. *Pest. Bioch. Phys.*, 44, 108-118.

WOOD, J.E.; SCARRAT, J.B.; STEPHENSON, G.R. 1993. Hexazinone toxicity in red pine and jack pine. *Can. J. For. Res.*, 23(10), 2230-2235.

YEISER, J.L.; HOWELL, R.K.; DUSKY, J.A. 1997. Pendulun, Arsenal, Oust, Escort, Velpar L and combinations for herbaceous weed control in loblolly pine plantations. *Proc. South. Weed Sci. Soc.*, 94-98.