

MÉTODOS PARA EL CONTROL DE MALAS HIERBAS. (I) CULTURALES



Ricardo González Ponce

*Instituto de Ciencias Agrarias (ICA)
Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
(CSIC)*

Serrano 115 dpdo.
28006 Madrid
rgponce@ccma.csic.es



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN

SUBSECRETARÍA

SECRETARÍA GENERAL
TÉCNICA

METODOS PARA EL CONTROL DE MALAS HIERBAS. (I) CULTURALES

Aquí se trata de todos aquéllos medios agronómicos, de uso más ó menos corriente, que permiten controlar las malas hierbas, haciéndolo de forma exclusiva ó de forma simultánea a otras actividades con diferentes objetivos, sin necesidad de utilización de métodos químicos.

Junto con las MEDIDAS PREVENTIVAS y METODOS FISICOS y BIOLOGICOS que se exponen en otra **hoja divulgadora** de esta serie, suponen los métodos de control de malas hierbas alternativos al uso de herbicidas y que generalmente son usados en agricultura ecológica ó como complementarios a los métodos de control químicos.

En el momento actual existen ya numerosos medios que puede utilizar el agricultor para contener las poblaciones de malas hierbas y evitar los daños competitivos a los cultivos. Todos estos medios se citan a continuación.

ESCARDA MANUAL.

Es el procedimiento más antiguo y sencillo para el control de malas hierbas, se realiza directamente a mano ó con utensilios diversos como azadilla, azadón y escardadoras manuales según las características y superficie ocupada por los cultivos. Esta se lleva a cabo aún, en agricultura realizada en condiciones especiales como:

- 1) Países ó áreas subdesarrolladas y con una agricultura de supervivencia en que otros métodos de control son difíciles de conseguir ó caros en relación al producto a obtener y la mano de obra es barata.
- 2) En explotaciones familiares ó de fin de semana en que la mano de obra es barata ó la escarda la realizan miembros de la unidad



- 3) En agricultura de detalle, como viveros y semilleros, en que se ocupa escasa superficie, pero al ser los productos de alto valor permiten un uso intensivo de mano de obra. En USA, un 4.2 % de la superficie se controla por escarda manual.
- 4) En cualquier explotación, utilizando mano de obra en periodos desocupados, con fines de reducir infestaciones, extirpar especies de las que no se conocen aún métodos seguros de control y rematar la limpieza de un campo que no ha quedado plenamente limpio de malas hierbas después de usar otros métodos.

Existen una serie de ventajas e inconvenientes en el uso de este tipo de escarda.

VENTAJAS:

- Promueve el uso de mano de obra en tiempos libres de trabajo
- No posee un impacto ambiental negativo

INCONVENIENTES:

- Existe una baja eficiencia en el control, pues suelen necesitarse entre 200 y 400 h. por hombre y hectárea de terreno a limpiar en cada pasada al campo, pero dado que durante el ciclo de los cultivos existen varios flujos de emergencia de malas hierbas, el tiempo dedicado a éste puede ser muy grande.
- Es un método ineficaz para el control de especies perennes, que poseen órganos subterráneos susceptibles de rebrotar, como son estolones, rizomas y tubérculos (grama, juncia, etc.).
- Al igual que ocurre con otros métodos, es muy difícil de realizar en condiciones de suelo húmedo.
- En ciertos cultivos y en estados iniciales de crecimiento es difícil de distinguir la mala hierba del propio cultivo.

Ha sido estudiada la ergonomía de los diversos utensilios a utilizar y la eficiencia en el uso de éstos (Chatizwa, 1997). El método más moderno desarrollado en Europa ha sido el de plataformas arrastradas por un tractor, que se desplazan lentamente por el cultivo y sobre las que van hasta ocho trabajadores tumbados boca abajo que extirpan las malas hierbas de las líneas a medida que el artilugio pasa por ellas (Turner, 2000).



Fig. 1.- Labor previa del terreno para siembra (“falsa siembra”).

ESCARDA MECANICA

Es aquélla que se lleva a cabo con maquinaria y aperos más o menos sofisticados cuya misión es enterrar, arrancar, fragmentar ó cortar las semillas u otros órganos reproductivos así como plantas de las malas hierbas presentes en toda la su superficie del suelo, entrelineas del cultivo, alrededor de los plantones, etc. Pudiendo ésta hacerse antes ó después de instalarse el cultivo.

La eficacia de la escarda mecánica depende fundamentalmente de tres factores, el *tipo de apero* utilizado, las *malas hierbas existentes* en el campo y *tiempo en que se ejecuta la escarda* (García Torres y Fernández Quintanilla, 1991). En la Tabla 1 se muestran los efectos de distintos tipos de aperos sobre las malas hierbas.

Respecto del *tipo de apero* utilizado para la escarda, cada uno tiene una eficacia distinta en función de su construcción. Así el uso del *subsolador* apenas puede influir negativamente sobre las malas hierbas presentes, a no ser en las mismas líneas de actuación. El uso del *arado de vertedera* al invertir el terreno promueve un enterramiento



de la vegetación a una profundidad en la que las hace difícil rebrotar, así como deja en localizaciones profundas semillas donde se mantienen sin germinar y sin dar lugar a plántulas, pero que pueden quedar latentes y almacenadas en el suelo durante muchos años. Futuras labores de volteo del terreno dejarán a las semillas más próximas a la superficie del suelo y con posibilidad de dar plantas viables. Con *el arado de discos* se obtiene alta eficacia en la escarda y se produce un decaimiento del banco de semillas del suelo, sin embargo puede dañar a las raíces de cultivos arbustivos ó arbóreos.

El *arado de discos* puede usarse tanto antes de instalarse el cultivo como con el cultivo ya crecido. En caso de cultivos de fuerte enraizamiento como judía, patata ó cereal se usa para eliminar pequeñas malas hierbas. La *grada de discos y cultivador* tienen efectos similares, si bien la primera trabaja mucho mejor que el segundo en caso de malas hierbas ya bastante desarrolladas. Estas junto con el *vibrocultor, grada de púas y barra escardadora* no tienen efectos ni sobre especies ya desarrolladas ni especies perennes.

El *cultivador* se usa para la escarda preferentemente en dos estaciones, en primavera y otoño para sacar a la superficie los rizomas después de la ruptura por la labor de grada previa y en otoño sobre el rastrojo de cereal para estimular la germinación de malas hierbas. Tanto el *aporcador* como *rotocultor*, trabajan, el primero, tapando las plántulas de malas hierbas y el segundo arrancándolas y enterrándolas, ambos entre líneas de los cultivos. La eficacia del *chisel* es bastante limitada sobre plantas muy arraigadas en el terreno tanto en el caso de especies adultas anuales como perennes.

Respecto de las *malas hierbas existentes* en el campo, el tipo de apero puede variar sustancialmente, así como el *tiempo de actuación*. En especies anuales, el número de flujos de emergencia y en la época que ocurran van a marcar el tipo de labor, época a realizarlo antes de que las plantas sean adultas ó no se pueda acceder al campo por exceso de lluvias, estado del campo, antes ó después de implantar el cultivo, etc. Como regla general, en especies anuales, cuanto más joven sea la mala hierba y más seco sea el suelo al tiempo de la labor más eficaz será la escarda. En el caso de especies perennes, como la “cañota” (*Sorghum halepense*) y la “juncia” (*Cyperus rotundus*) la

	Destrucción plantas pequeñas y superficiales	Destrucción mayoría plantas jóvenes	Alteración plantas anuales establecidas	Alteración plantas perennes establecidas
LABOREO PRIMARIO				
Subsolador	—	—	—	—
Arado vertedera	XX	XX	XX	XX
Arado discos	XX	XX	XX	XX
Arado cincel (chisel)	XX	X	X	—
LABOREO SECUNDARIO				
Fresadora	XX	XX	XX	—
Grada discos	XX	XX	XX	X
Cultivador	XX	XX	X	X
Vibrocultor	XX	XX	—	—
Grada púas	XX	—	—	—
Barra escardadora	XX	—	—	—
ENTRELINEAS				
Cultivador	XX	XX	XX	XX
Aporcador	XX	XX	XX	XX

Tabla 1.- Efectos de distintos tipos de aperos sobre las malas hierbas (García Torres y Fernández Quintanilla, 1991); XX= efecto importante; X= efecto ligero.

escarda mecánica se basa durante el tiempo de barbecho en dar labores frecuentes, y cada vez después de que los rebrotes hayan adquirido un buen desarrollo, hasta que se agoten las reservas de estas especies y pierdan la capacidad de rebrote. También a base de dar labores profundas y voltear a la superficie los rizomas, estolones ó bulbos enterrados para que se desequen ó pierdan su viabilidad por las heladas en la superficie del campo.

Para muchas especies de malas hierbas, las fotosensibles, la exposición a la luz de las semillas durante el laboreo del suelo estimula su germinación. De esta forma, cubriendo el apero de labranza de forma que no acceda la luz a la semilla se puede reducir la emergencia de malas hierbas en una buena proporción. Realizando en obscuridad el laboreo



se redujo la emergencia de “pamplina” ó “hierba pajarera” (*Stellaria media*) y “cenizo” (*Chenopodium album*), pero no la de “cola de zorra” (*Alopecurus myosuroides*) (Welsh y cols., 1999). En experimentos llevados a cabo en áreas cerealistas españolas, realizando el laboreo normal diurno se alcanzó “a posteriori” un recubrimiento del suelo de malas hierbas del 80%, el cual descendió al 2% cuando el laboreo se realizó por la noche (Dorado y cols., 1994).

La elección pues del tipo de apero, frecuencia de su uso y el tiempo de actuación en la escarda mecánica dependerá de las condiciones climáticas, presencia o no del cultivo, morfología comparada del cultivo y malas hierbas infestantes en un momento preciso etc. Así en la denominada “falsa siembra” que se realiza en agricultura cerealista se espera para sembrar a que caigan las primeras lluvias de otoño y justo antes de sembrar se labra con *grada* con fines de eliminar las malas hierbas y “ricia” emergidas como consecuencia de dichas lluvias. De esta forma, se elimina un primer flujo y muy numeroso de malas hierbas, que de no eliminarse tendrían fuerte capacidad competitiva con el cultivo, dada su emergencia temprana respecto del mismo (González Ponce y Hernando, 1978). El uso excesivo de *fresadoras* ó *cultivadores* para el control de malas hierbas cuando el terreno no está cubierto por el cultivo ó este es leñoso, si se hace en suelos algo arcillosos y tiempo húmedo propiciará la creación de una “suela de labor” en el terreno con los subsiguientes problemas para el crecimiento radicular de los cultivos.

Como consecuencia de la aparición de problemas asociados a un abuso de la mecanización del campo, tales como la erosión del suelo, excesivo consumo energético, compactación del suelo, etc., en las décadas de 1970 y 1980 estuvo en boga el uso del **laboreo reducido** y **siembra directa**, é incluso posteriormente el **no laboreo**.

En una rotación guisante-trigo-trigo-cebada seguida en Cataluña en laboreo convencional proliferó mas el “jaramago blanco” (*Diploptaxis erucoides*) mientras que en mínimo laboreo lo fue el “cien nudos” (*Polygonum aviculare*) (Verdu y Mas, 2005).

Fue observado que, con laboreo reducido se favorece la presencia de especies de malas hierbas anuales monocotiledóneas (gramíneas) en



Fig. 2.- Binadora entrelineas de cultivo de lechuga (cedida por D. Carlos Zaragoza Larios).

relación a las dicotiledóneas ó de hoja ancha (Cussans, 1976) y con no laboreo incrementa la proliferación de especies perennes (Pollard y Cussans, 1976). En la reciente **agricultura de conservación** en la que el laboreo es muy reducido ó nulo se modifica sustancialmente la dinámica de población de las malas hierbas, así con el tiempo van disminuyendo las especies con semillas de tamaño medio ó grande (de 0.5 a 1 cm) y aumentan las de tamaño pequeño. Además, al no labrar se propicia la desaparición de especies anuales en favor de las perennes, llegando incluso al cabo de 7 a 10 años a aparecer especies arbustivas ó arbóreas. En este tipo de agricultura es necesario obligatoriamente recurrir al uso de herbicidas para controlarlas (Asociación Española de Laboreo de Conservación / Suelos Vivos, 1998). En la Tabla 2 se muestran especies comunes en este tipo de agricultura.

A pesar de que este tipo de agricultura necesita de los herbicidas para el control de las malas hierbas, debido a un posible abuso en la utilización de éstos ha tomado de forma paralela a la investigación de herbicidas la investigación en ingeniería mecánica para el desarrollo de nuevos aperos, más eficientes en la extirpación. Así, tanto en cultivos intensivos como extensivos existe una buena parafernalia de utillaje como *gradas*



Anuales(de invierno y primavera)	Perennes y bianuales
<i>Alopecurus myosuroides</i> (cola de zorra)	<i>Asclepias</i> spp.
<i>Amaranthus</i> spp. (bledo)	<i>Cirsium arvense</i> (cardo corredor)
<i>Brassica</i> spp. (mostaza)	<i>Convolvulus arvensis</i> (corregüela)
<i>Bromus</i> spp. (bromo, espiguilla)	<i>Cynodon dactylon</i> (grama)
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (zurrón de pastor)	<i>Cyperus rotundus</i> (juncia)
<i>Chenopodium</i> spp. (cenizo)	<i>Daucus officinalis</i> (zanahoria silvestre)
<i>Digitaria sanguinalis</i> (pata de gallina)	<i>Echallium elaterium</i> (pepino del diablo)
<i>Kochia scoparia</i> (barriola)	<i>Malva</i> spp. (malva, quesito)
<i>Lactuca</i> spp. (lechuga borde)	<i>Shorgum halepense</i> (cañota)
<i>Panicum</i> spp.	
<i>Solanum nigrum</i> (tomatito)	
<i>Stellaria media</i> (hierbapunta, pamplina)	
<i>Setaria</i> spp. (almorejo, lagartera)	

Tabla 2.- Especies de malas hierbas frecuentes a los 3 a 5 años de no labrar el terreno (modificado de Asociación Española de Laboreo de Conservación/ Suelos Vivos, 1998).

de púas ó varillas flexibles, cepillos rotatorios, sistemas de autoguiado con detectores de líneas ó plantas, escardadores digitales y de torsión etc.

Los nuevos aperos poseen diversas formas de actuación (Zaragoza y cols. 1993):

- 1) Removiendo ligeramente la superficie del suelo para desarraigar las plántulas gracias a unos rodillos ó cestas que ruedan cerca de la línea de cultivo.
- 2) Actuando por toda la superficie del campo como un rastrillo y arrancando las plántulas de malas hierbas que se hallan menos desarrolladas y arraigadas que los cultivos.
- 3) Al igual que ocurre con la *fresadora* desenterrando las semillas y plántulas de malas hierbas y exponiéndolas en la superficie del suelo a su desecación.
- 4) Cortando las raíces de las malas hierbas justo bajo la superficie del suelo por medio de una aleta ó cuchilla especializada.
- 5) Enterrando someramente las plántulas de malas hierbas sobre las líneas de cultivo al desherbar entre ellas.



Fig. 3.- Grada de varillas flexibles (cedida por D. Carlos Zaragoza Larios).

- 6) Cortando y enterrando a cierta profundidad las malas hierbas de las líneas de cultivo.
- 7) Actuando el apero muy próximo al cultivo y protegiéndole por una pared rígida ó carenado.

Las *gradas de púas* ó *varillas flexibles* tratan de una serie de varillas que trabajan en zig-zag arrancando de forma parcial ó total las malas hierbas y adicionalmente aporcando ligeramente el cultivo. Pueden ser usadas selectivamente en cereales y maíz a finales del ahijamiento de los mismos, es decir, con un denso follaje del cultivo que hace trabajar a las varillas entrelineas (Rasmussen, 1994). Para que este apero cumpla mejor su cometido es preciso que la superficie del suelo esté bastante seca, pero con un cierto grado de humedad para desarraigar fácilmente las malas hierbas que deberán hallarse en estados muy primarios de crecimiento, como hasta 4 hojas.

El uso de este apero tiene una serie de ventajas e inconvenientes (Meco y colbs., 2001)



VENTAJAS:

- Elimina plantas de malas hierbas, principalmente dicotiledóneas.
- A las que no elimina, puede retrasarlas el crecimiento con lo que las hace menos competitivas con el cultivo, a no ser que se recuperen.
- Su uso es económico, y actúa sobre toda la superficie del suelo.
- Su velocidad de trabajo es aceptable (6-12 km/h).

INCONVENIENTES:

- Puede dañar ó eliminar plantas cultivadas. No debiendo arrancar más de un 10%, sino hay que regular la presión de las púas.
- No controla del todo gramíneas ni especies muy enraizadas y menos las especies perennes.
- A veces no es método muy eficaz y hay que repetir su uso.
- Puede estimular nuevas germinaciones en condiciones de humedad.

Cirujeda y Taberner (2003) han encontrado controles de “amapola” (*Papaver rhoeas*) muy variables en cultivo de cereales con el uso de este implemento (10 a 79%) en función del clima existente. Considerando que es recomendable utilizarle en combinación con otros métodos de control. Los mejores resultados los obtuvieron con suelos entre secos y en tempero, cuando la mala hierba poseía de 0,7 a 5cm. de diámetro, y que después del pase de la grada ocurriera ambiente seco y caluroso al menos 15 días después del tratamiento. Pardo (2003) ha encontrado que para las condiciones semiáridas la mayor eficacia de este apero se consigue con un pase de profundidad media ó alta, paralelo a las líneas de siembra, a una velocidad de 9 km/h y en estado de ahijamiento del cereal.

Los *cepillos rotatorios* constan de unos rodillos de fibra de polipropileno de tal dureza que al girar por encima de la superficie del suelo arrancan las plántulas de malas hierbas entrelíneas del cultivo, de aquí que sean muy adecuados para la escarda en cultivos hortícolas, si bien su uso ha llegado a probarse en cereales también. Este apero puede llevar discos, platos o campanas protectoras a ambos lados de forma que se limite el contacto con las plantas cultivadas. Existen cepillos que ope-



Fig. 4.- Desbrozadora para siega de malas hierbas.

ran sobre un plano horizontal y otros sobre un plano vertical. La profundidad de trabajo es el factor más importante para asegurar un buen control en cepillos que operan en un plano vertical. Además la velocidad del tractor, la de los cepillos y condiciones edáficas interactúan para conseguir una capacidad de trabajo adecuada (Weber y Meyer, 1993).

El uso de éstos tiene una serie de ventajas e inconvenientes (Meco y colbs., 2001)

VENTAJAS:

- Apenas afectan al cultivo, por no dañar a sus raíces.
- Con los ajustes precisos se consigue una alta capacidad de trabajo.
- Puede escardar a condiciones de humedad del suelo mayores que a las que lo haría un cultivador normal.

INCONVENIENTES:

- Su uso es muy lento, dado que trabaja a 3 Km/h.
- No trabaja bien en suelos pedregosos.



- Controla especies hasta el estado de 4 hojas ó que poseen semillas de germinación superficial.

También se han desarrollado los *escardadores de torsión* que ofrecen una escarda precisa entre líneas del cultivo al trabajar con pares de púas a cada lado de la línea de cultivo y que en algunas ocasiones en cultivo de guisante ha ofrecido excelentes resultados (Ascard y colbs., 1999). En arboricultura se han desarrollado aperos tirados por tractor que llevan *cabezas con dientes de metal que trabajan en vertical* y escardan alrededor y entre los árboles manualmente ó automáticamente a través de un sensor que marca la situación del tronco del árbol e impide que este sea dañado por los dientes escardadores (Bowman, 1997).

SIEGA

Consiste en cortar en un tiempo determinado, por encima de un cierto nivel del suelo la vegetación de malas hierbas, con el fin de evitar daños de éstas sobre los cultivos a los que infestan y en el caso de las especies anuales evitar que lleguen a reinfestar el terreno de nuevo con sus semillas. Se usa en casos en que las malas hierbas han alcanzado un desarrollo demasiado grande para ser destruidas por laboreo ó en lugares donde es imposible el mismo por hallarse entremezcladas en un cultivo que establece una cobertura total del suelo. Por consiguiente, la elección del tiempo preciso de corte y la altura del mismo son decisivos para evitar la formación de las semillas y su posterior diseminación.

En el caso de las especies perennes, el mejor tiempo de corte es siempre anterior a la floración, donde más reservas de los estolones se han consumido. Normalmente se requieren varios cortes hasta agotar las reservas. De no hacerse así, se favorece la dispersión de estas especies, ya que los sucesivos cortes aéreos favorecen el desarrollo y extensión de estolones y rizomas, de los que van a brotar de nuevo numerosos brotes aéreos.

La operación de siega de las malas hierbas puede realizarse en terrenos sin cultivo ó terrenos con el cultivo en pie, bien sean leñosos ó herbáceos. En caso de las praderas ó cultivo de leguminosas forrajeras (alfalfa, veza, etc.) a la vez del corte de las malas hierbas

se corta la vegetación de la especie cultivada pudiéndose ambas ser consumidas por el ganado, además de producir un serio descenso del almacén de semillas en el suelo. Ocurre sin embargo que la flora poco a poco se va adaptando a la frecuencia de los cortes. Para el caso de malas hierbas más altas que el cultivo, al menos en que sus semillas están situadas por encima, se ha ingeniado una máquina basada en el sistema utilizado en la cosechadora de semilla de colza, con el dispositivo de corte justo por encima de la altura del cultivo (Steele, 1997).

ROTACION DE CULTIVOS

Ha sido el método mas ampliamente utilizado antes del siglo veinte para el control de malas hierbas tanto en cultivos extensivos como intensivo. Es un hecho conocido desde antiguo que la presencia continuada a lo largo de los años de un cultivo en un mismo terreno llevaba a un descenso paulatino de la productividad de dicho cultivo, debida a numerosos factores y ocurriendo a la vez un creciente asentamiento de ciertas especies de malas hierbas específicas.

Existe pues una flora arvense asociada a cada tipo de cultivo y lugar, y esto es debido a que cada especie cultivada posee un ciclo biológico, unas características morfológicas y fisiológicas, unas determinadas necesidades del medio para su desarrollo, es tratada a agrónomicamente de distinta forma, etc. Así, un cultivo que crece de forma continuada en un campo, con el tiempo llega a ser invadido por unas especies vegetales de la flora potencial del área adaptadas a las condiciones de este cultivo, existiendo pues unas malas hierbas dominantes que se hacen endémicas del campo. Esto ocurre especialmente para especies de la misma familia como el “tomatito” (*Solanum* spp.), especies de umbelíferas en zanahoria, de compuestas en lechuga, la “avena loca” (*Avena* spp.) en cereales, etc. en cultivos de solanáceas horticolas. Esta especificidad, aún en familias diferentes, pero en ciertas condiciones edáficas fue encontrada para la mala hierba “peine de Venus” (*Scandix pecten-veneris*) en parcelas de monocultivo de cebada (Dorado y colbs., 1997).

La secuenciación de distintos cultivos en un mismo campo, conlleva la integración de una serie de prácticas como son, el uso de la compe-



Fig. 5.- Rotación de cultivos de secano.

titividad de éstos, sus posibilidades alelopáticas, un manejo distinto del suelo, distintos ciclos biológicos, distintas demandas del medio de cada especie, etc. lo que todo en su conjunto promueve unas condiciones que evitan la predominancia y proliferación de una mala hierba específica (Liebman y Davis, 2000). No obstante, en zonas semiáridas, se intensifica la infestación de “cenizo” (*Chenopodium album*) bajo la rotación cebada- girasol, y de *Arabidopsis thaliana*, “corregüela” (*Convolvulus arvensis*), *Draba verna* y “cachurro” (*Torilis nodosa*) en rotación cebada-veza (Dorado y colbs., 1997), existiendo, en general en la rotación de cultivos una diversificación de la población de malas hierbas, tanto más cuantos más cultivos se utilizan y más distintas son las características de los que intervienen en la rotación.

La inclusión de un tiempo de **barbecho** más o menos largo entre dos cultivos permite que, con las labores propias que se dan, entre otras razones, para en ciertos casos una dudosa acumulación de agua en el suelo, se elimine una numerosa población de malas hierbas tanto anuales como perennes que emergen durante ese periodo (Chao y colbs., 2002). Sin embargo la pérdida de producción del terreno durante un

tiempo largo sin cultivo, junto con los indeseables efectos sobre el suelo (erosión, compactado, etc.) por un laboreo frecuente, hacen a veces al barbecho indeseable. Lo mejor sería la elección de una secuenciación de cultivos adaptables a la zona, de distintas familias, con distintas necesidades del medio y dejando intervalos de tiempo de barbecho precisos entre cultivos para con las labores, en ese tiempo, eliminar el máximo de flujos de emergencia de malas hierbas dañinas. Ha sido encontrado que la introducción de dos periodos de barbecho en trigo redujo la población de avena loca en un 22.1 % (Molberg, 1958).

La introducción de *leguminosas* en rotación cerealista, tanto para enterrado en verde como para forraje, aparte de los beneficios que proporcionan por el enriquecimiento del suelo en nitrógeno, favorecen un decrecimiento de las tasas de infestación de malas hierbas en el cultivo siguiente. Esto ocurre, porque al ser enterradas ó segadas, normalmente, antes de la floración ó cuajado de los frutos, se hace junto con las malas hierbas infestantes, antes de que formen sus semillas ó caigan al suelo. En zonas frescas, la introducción de *pastos* en cereales, durante varios años, según la cantidad de semillas de malas hierbas almacenadas en el suelo, proporciona unos buenos efectos no sólo para mantener la fertilidad del suelo sino controlar grandemente las malas hierbas. La inclusión de tres años de alfalfa en condiciones hídricas favorables del suelo llegó a reducir la población de avenas locas en un 68% (Gram, 1956).

Ha sido encontrado en condiciones semi-áridas que hubo una disminución similar de las poblaciones de “avena loca” (*Avena sterilis*) usando las rotaciones barbecho- cebada ó girasol- veza forrajera – cebada a la conseguida con el herbicida imazametabenz (Navarrete y Fernández Quintanilla, 1990). También las rotaciones del cereal con girasol ó veza forrajera favorecieron mucho el descenso del número de especies y cobertura de malas hierbas respecto del monocultivo, tal como se muestra en la Grafico. 1. También, en estudios recientes realizados en numerosas localidades españolas con condiciones semi-áridas se ha encontrado que el seguimiento de una rotación trigo- barbecho- cebada- veza enterrada ha permitido no sólo una buena contención de la población de malas hierbas sino un mantenimiento de la fertilidad de los suelos y una producción sostenida del sistema (Pardo, 2003).

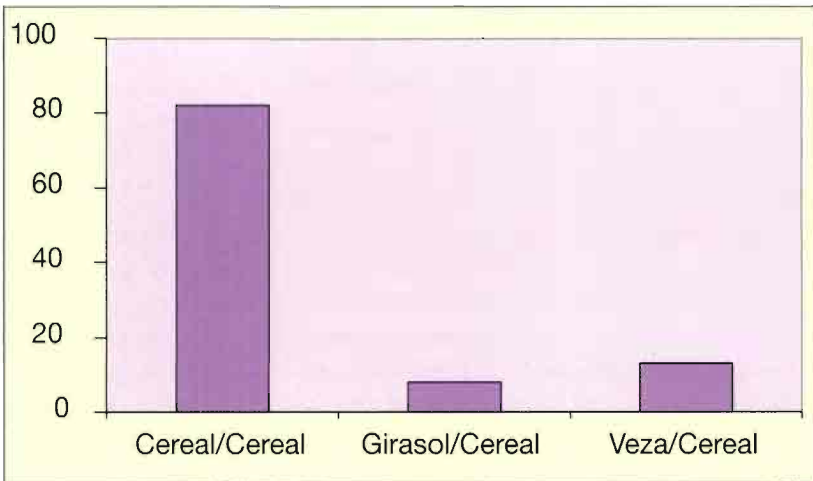


Grafico 1.- Número de plantas de malas hierbas por m² en cereal para distintas rotaciones en secano semi-árido de Toledo (García Muriedas y cols., 1997)

Una inclusión de pastos de gramíneas/ trebol en rotación con cereales permitió un buen control del problemático y cada vez más abundante "cardo corredor" (*Cirsium arvense*) (Rasmussen y Colbs., 2005).

TIEMPO DE INSTALACION DEL CULTIVO

Se trata de manipular éste con el fin de eliminar a través de las actividades propias preparatorias del suelo los flujos de emergencia de las malas hierbas presentes previamente a la **siembra ó plantación del cultivo**. Estas actividades llevarán consigo una escarda de las malas hierbas emergidas, sobre todo a través del laboreo, que además preparará el suelo adecuadamente para la instalación del cultivo. Para ello conviene retrasar estos tiempos lo máximo posible, con el fin de dar tiempo a que las lluvias promuevan una fuerte nascencia de malas hierbas y a continuación, en cuanto se pueda acceder al terreno, dar las labores pertinentes. De esta forma, eliminaremos una buena cantidad de malas hierbas del banco de semillas presente en el suelo. Este sería el caso de la "falsa siembra", citada anteriormente como método de escarda mecánica en cereales, método de uso corriente en agricultura cerealista que se muestra como muy efectivo para el control

de “avena loca” (*Avena* spp.) (Friesen, 1964). También se utiliza este método en la preparación de semilleros de especies hortícolas y después de un riego que estimule las nascencias de plántulas.

Estos retrasos suelen hacerse normalmente en otoño ó primavera, tiempos más corrientes para siembras ó plantaciones. Sin embargo, en caso de especies anuales, este retraso de tiempo tiene sus límites, ya que hay que hacerle compatible con que el cultivo disponga del tiempo suficiente para cubrir su ciclo biológico ó cada uno de sus estados de crecimiento de forma adecuada para alcanzar una producción óptima. En caso de cereales de siembra otoñal, su retraso en la siembra puede dar lugar ó a que ocurran lluvias invernales copiosas y para cuando se quiera sembrar el cereal no ahije adecuadamente por falta de frío, entre rápido en encañado y como resultado se obtenga una escasa cosecha ó a que al retrasarse la siembra sea necesario sembrar otra variedad, en este caso de ciclo corto, para que pueda cubrirse el ciclo. Han sido estudiados en unas condiciones particulares de USA los efectos de distintos tiempos de siembra de cereales sobre su rendimiento de grano y control de “avenas locas” infestantes (Tingey, 1965), así, en caso de siembras tempranas invernales y tardías primaverales descendió el número de estas malas hierbas, en el primer caso, por emerger el cultivo antes que ellas y reforzarse la competencia del cultivo y en el segundo caso por eliminar con las labores distintos flujos de emergencia. Además, los rendimientos de grano de cereal disminuyeron tanto en siembra primaveral tanto temprana como tardía, en el primer caso debido a la competencia de la mala hierba y en el segundo por las altas temperaturas que ocurrieron en los estados iniciales de crecimiento del cereal.

En caso de cultivos hortícolas como tomate y pimiento, un retraso en el trasplante al terreno para eliminar los primeros flujos de emergencia primaveral con las labores pertinentes puede hacer que se retrase la maduración de los frutos y las últimas cosechas no ser comercializables. También, en horticultura, como consecuencia de haber tenido el terreno dedicado un tiempo a la solarización y luego ser necesarias labores de acondicionamiento del terreno puede retrasarse demasiado la implantación de los cultivos. Un cierto retraso en la plantación de especies arbustivas ó arbóreas puede eliminar también una buena población de malas hierbas.



DENSIDAD DE SIEMBRA O PLANTACION DEL CULTIVO

Lo que se pretende con este método es aumentar la densidad de siembra ó de plantación del cultivo con el fin de establecer una ***elevada cobertura vegetal*** del mismo, que ocupe al máximo la superficie del suelo y lo haga de la forma más temprana posible. De esta forma, conseguiremos en cultivos herbáceos anuales, que cuando el cultivo alcance ya un cierto desarrollo, con su sombreado se eviten emergencias de malas hierbas, así como que compita por espacio, luz y nutrientes con las malas hierbas ya emergidas e impida su establecimiento y reproducción. Por consiguiente, esta alta densidad de plantas cultivadas que aprovechen al máximo la superficie fotosintética disponible se puede conseguir en principio, a base de aumentar las *dosis de siembra* ó *número* ó *tamaño de las plantas a trasplantar*, pero esto sólo hasta el punto en que se establezca la máxima cobertura posible para el cultivo del que se trate. Pues si estos son excesivos, pueden suponer un gasto innecesario para la explotación, al no obtenerse proporcionalmente mayores rendimientos, ó en el caso de trasplantes en estados avanzados de crecimiento del cultivo,- caso del tomate -, no cubrir la planta adecuadamente su ciclo en el terreno definitivo y como consecuencia ocurrir una reducción ó retraso de la producción.

El conseguir una buena cobertura vegetal del suelo dependerá de factores edáficos, condiciones climáticas, fertilización aplicada, etc. En caso de los cereales la cobertura está muy ligada al ahijamiento, tanto o más que lo está la dosis de semilla aplicada por superficie, así, puede conseguirse una elevada cobertura con una alta densidad de siembra, es decir, tener muchas plantas por superficie con pocos hijos por planta ó con no tan alta densidad pero favoreciendo la presencia de numerosos hijos por planta, lo cual puede optimizarse a través de diversos factores como la variedad, fecha de siembra, fertilización nitrogenada, etc.

En cereales, antiguamente se realizaban las siembras “a voleo” con lo que las semillas se distribuían más o menos homogéneamente por toda la superficie de la parcela, gastando más semilla por superficie que actualmente. Con la siembra en líneas se gastó menos semilla, se ganó en homogeneidad en la nascencia y se favoreció la escarda mecánica. En cultivos en líneas los incrementos en la densidad de



Fig. 6.- Experimento de efectos de densidades de siembra de cebada sobre "avena loca".

siembra han sido muy efectivos en la supresión de "avena loca" (*Avena* spp.). En USA fue encontrado que un incremento de las densidades de siembra de trigo de 70 a 140, de cebada de 63 a 126 y de avena de 47 a 94 kg/ha produjeron fuertes descensos en la población de esta mala hierba, alcanzándose hasta un incremento de producción de grano del 8% (Tingey, 1965).

En la Grafico.2 se muestra cómo en condiciones semi-áridas del Centro de España hemos encontrado que unos incrementos de la densidad de siembra de cebada de 52 a 260 kg/ha de la variedad Albacete y de 71 a 355 kg/ha de la variedad Reinette, - equivalentes a, desde 150 a 750 semillas de cada variedad por m²-, dieron lugar a similares producciones de grano. Además, al aumentar las densidades se originaron unos paulatino descensos en los porcentajes de nascencia de la cebada y en el crecimiento y producción de semillas de "avena loca" (*Avena sterilis*) (González Ponce y colbs., 1991).

Se han encontrado resultados muy variables en cuanto a los efectos de la distancia entre líneas de cultivo sobre la población de malas hierbas y productividad del mismo. Como norma general las malas hierbas

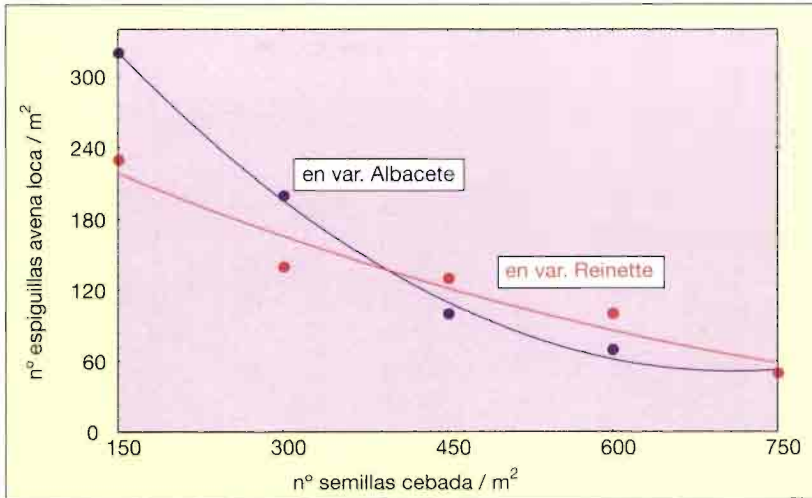


Grafico 2.- Influencia de la densidad de siembra de dos variedades de cebada sobre la producción de semillas de avena loca infestando a la cebada (González Ponce y colbs., 1991)

crecen más y son más dañinas al cultivo al crecer entre líneas amplias que entre líneas estrechas ó en las líneas. Se ha encontrado en sistemas de agricultura ecológica que sembrando el cultivo a escaso espaciado entre líneas incrementó el crecimiento y cobertura del suelo del cultivo (Younie y Taylor, 1995), habiendo mayor control de malas hierbas con altas dosis de siembra que con estrecho espaciado entre líneas. Una variante de esto último es el hacer la **siembra en líneas agrupadas** en cultivo de cereales, método antiguo por el que utilizando la misma dosis de semilla por superficie que “a voleo”, en principio, puede favorecer el control de las malas hierbas, en las líneas, por la fuerte competencia del cultivo a altas densidades al agruparse tres ó cuatro líneas de siembra, y entre líneas al estar estas distanciadas por permitir una fácil escarda de los aperos (Benaiges, 1964).

ESPECIE O VARIEDAD CULTIVADA

Así la elección del cultivo puede ser un factor esencial que ayudará al control de las malas hierbas presentes, teniendo en cuenta elegir aquellas especies y variedades que posean:



Fig. 7.- Experimento de competencia de variedades de cebada con "avena loca".

- Rápidas emergencia y/o crecimiento inicial aéreo ó radicular, ya que la planta que antes se instala en el terreno antes aprovecha los recursos como agua, luz y nutrientes y es más competitiva. Incluso se ha demostrado que un mayor tamaño de semilla, en caso del trigo de invierno, favorece un establecimiento temprano del cultivo (De Lucas Bueno y Froud-Williams, 1996).
- Gran y rápido establecimiento de la superficie foliar, cobertura de la superficie del suelo y altura de planta lo que las permitirá recibir más fácilmente la radiación fotosintéticamente que las malas hierbas y facilitará el sombreado de las mismas (Verschwele y Niemann, 1993).
- Buena adaptación a las condiciones edafo-climáticas del lugar, ó que en caso de que el medio sea susceptible a estreses hídricos, nutricionales, salinos, térmicos, etc. sean capaces de tolerarlos mejor que las malas hierbas.
- Capacidades alelopáticas para reducir ó inhibir el crecimiento de las malas hierbas.



En base a esto es fácil deducir que cultivos ó variedades que posean una elevada producción de biomasa como los cereales, con un vigoroso crecimiento como maíz, patata ó alfalfa serán excelentes competidores y cultivos de escaso desarrollo foliar como ajo, zanahoria y cebolla, ó lento desarrollo como pimiento y remolacha son poco competidores. En cualquier caso, hay que tener presente el ciclo de crecimiento de la especie ó variedad a utilizar y el tiempo de aparición potencial de los diversos flujos de emergencia de las malas hierbas. Anteriormente, ya fue obtenido que, dentro de las especies cultivadas de Solanáceas el tomate, debido a su más rápido crecimiento y absorción de nitrógeno del suelo fue más competitiva contra especies infestantes de malas hierbas tales como “tomatito” (*Solanum nigrum*) y “estramonio” (*Datura stramonium*) que lo fue el pimiento, razón obvia para que siempre que se pueda, elegir la primera especie en campos hortícolas de fuerte infestación de malas hierbas (González Ponce y colbs., 1996; Santin y González Ponce, 2003).

Son escasos los estudios realizados acerca de la competitividad de distintas especies dentro de la misma familia ó de distintas variedades dentro de la misma especie con las malas hierbas, a no ser en el caso de los cereales. Ha sido demostrado desde años atrás que el cultivo de cebada es capaz de controlar más la “avena loca” que el de trigo (Tingey, 1965), siendo esto debido en gran parte a la generalmente mayor capacidad de ahijamiento y cobertura del suelo en caso de la cebada, así como a poseer un sistema radicular más extenso que el del trigo e incluso que de la mala hierba durante gran parte del desarrollo inicial de estas especies. Ha sido encontrado que los atributos del cultivo de trigo más relacionados con su capacidad de sombreado de las malas hierbas y por consiguiente para su control han sido la altura de planta, el número de tallos, la producción temprana de biomasa y el tamaño de hoja (Lemerle y colbs., 1996), lo que nos permitiría seleccionar las variedades más adecuadas para su cultivo.

Existen autores que han encontrado que la altura de planta de trigo fue un atributo que expresa una competencia superior al de la producción de tallos para el control de malas hierbas, siendo la competencia por luz en este caso, responsable de los daños que ejerce el trigo en “avena loca” (*Avena sterilis* spp.) (González Ponce y Santin, 2001). Según esto las variedades de cereal de porte alto, rústicas, antiguas y

típicamente cultivadas en una zona ser más competitivas contra las malas hierbas que las variedades de porte bajo, de alta relación grano/paja y de obtención mucho más moderna. De todas formas, el tema es bastante complejo pues en la dominancia de uno u otros caracteres morfológicos del cultivo para la competencia intervienen otros factores, así como el grado en que estos caracteres llega a ser diferente entre las variedades y la expresión de los mismos en función del medio.

CUBIERTAS VIVAS O CULTIVOS ENTRE LINEAS

Consiste en la utilización de especies, de las que se va a obtener ó no un producto y que *se intercalan en el espacio ó en el tiempo* entre un cultivo determinado con el fin controlar las malas hierbas presentes en el campo y que pueden afectar al cultivo en pie ó a los subsiguientes. Cuando son intercaladas en el tiempo se utilizan en la rotaciones de cultivos anuales ocupando el terreno que podría haber estado dedicado a barbecho, como en caso de leguminosas etc. y que adicionalmente a sus efectos sobre las malas hierbas permiten mejorar la fertilidad del suelo y evitar pérdidas de nitratos y de suelo por erosión y cuyo uso fue citado en un capítulo anterior.

La denominación más corriente de *cubiertas vivas* se refiere a cuando son intercaladas las especies en el mismo espacio del campo, normalmente entre líneas del cultivo, del cual se quiere extraer un producto. Se suelen implantar en cultivos arbóreos y arbustivos que cubren escasamente el suelo durante un tiempo ó incluso en cultivos herbáceos que temporalmente poseen escasa cobertura del suelo. La finalidad de éstas es también no sólo ayudar al control de las malas hierbas del campo sino mejorar el balance hídrico del suelo, evitar las pérdidas de suelo y nitratos por erosión, aprovechar más la superficie para obtener mayor producto, etc. Se tiene referencias sobre el uso de éstas ya desde 1902 en USA segándolas para uso del ganado y dejando libres de ellas alrededor de los árboles. Han sido utilizadas numerosos tipos de cubiertas en diversos países y condiciones.

Los *condicionantes para la elección de las especies* son:

- 1) Que se ajuste su ciclo en función del manejo que lleve el campo que lleve asociado el cultivo (laboreo, fertilización,



- recolección, etc. También que su ciclo de crecimiento sea rápido y se realice en la estación de lluvias.
- 2) Que se hallen bien adaptadas al medio, que creen cobertura suficiente del suelo y lo más temprana posible durante los periodos en que se quieren evitar los efectos perniciosos de la erosión e inhibir el desarrollo de las malas hierbas.
 - 3) Elegir aquéllas que posean alta capacidad para absorber y movilizar nutrientes del suelo durante su crecimiento no establezcan competencia ni aérea ni radicular con el cultivo, es decir, que ocupen nichos ecológicos diferentes (Altieri y Liebman, 1986).
 - 4) Que puedan poseer posibles efectos alelopáticos demostrados contra malas hierbas, si bien para algunos autores el principal efecto de control de las cubiertas no son los factores alelopáticos sino la competencia por factores de crecimiento de las especies instaladas con las malas hierbas (Grundy y cols., 1999). Esto es tratado en el capítulo de METODOS BIOLOGICOS.
 - 5) Que posean bajo desarrollo en altura, desarrollo radicular superficial, baja combustibilidad y buena capacidad para autosembrarse.
 - 6) Que no sean hospedadoras de insectos, patógenos etc.

En caso de especies anuales herbáceas han sido asociadas con éxito el maíz y la soja (Well y Mc Fadden, 1991). También el intercalado de ajo, col y ruibarbo en cultivos hortícolas (Muller-Scharer y Baumann, 1993), el de fríjol entre líneas de la caña de azúcar, de judías en trigo, de veza con avena, etc. Existen asociaciones de cultivos muy conocidas en horticultura con especies de crecimientos lento y rápido, o de porte diferente a la vez, este es el caso de rábano/zanahoria, lechuga/zanahoria, lechuga/col, tomate/cebolla, etc. También el mantenimiento de una cubierta de “verdolaga” (*Portulaca oleracea*) previamente a la siembra de brocoli evitó la infestación del campo por malas hierbas y no afectó al rendimiento del cultivo (Ellis y cols., 2000).

Han sido demostradas en numerosas ocasiones en campo los efectos negativos que poseen los restos de *veza villosa* y *centeno* como cubiertas vivas sobre la población de malas hierbas, obteniéndose de ellas en laboratorio compuestos orgánicos con capacidad inhibitoria de la ger-



Fig. 8.- Cubierta entre líneas de viñedo en invierno.

minación ó del crecimiento de diversas malas hierbas. Más recientemente fue demostrado que, después de crecer en campo veza villosa ó centeno al aumentar su residuo final de 2990 a 3200 kg/ha para la primera y de 2460 a 4280 kg/ha aumentaba el control de malas hierbas. Los resultados sin embargo fueron similares para especies tan diferentes, lo que indujo a pensar que existieron otra serie de factores no alelopáticos de mayor influencia sobre las malas hierbas, como eran el alterar la temperatura y humedad del suelo, y disminuir la transmitancia de la luz, de aquí que a más grosor de la capa de paja fueran mayores los efectos negativos sobre las malas hierbas (Teasdale y Mohler, 1992). Además se han encontrado efectos supresores de malas hierbas mediante el uso de especies como *vallico*, *festuca*, *trigo*, *alfalfa*, *trébol*, etc. en cultivo de maíz en USA, tanto sembrados previamente y eliminados con un herbicida antes de sembrar el maíz, como asociados al cultivo.

Han sido seleccionadas en las condiciones de Suiza diversas especies vegetales para su establecimiento como cubiertas vivas en viñedo, las cuales germinaron correctamente en otoño, alcanzaron una cobertura del 80% del terreno en invierno y en primavera, después de producir sus



semillas murieron dejando menos del 15% de malas hierbas sobre el terreno. Especies que además mostraron en laboratorio excelentes características alelopáticas. Las especies pertenecían a los Gen. *Medicago*, *Trifolium*, *Bromus*, *Geranium*, *Plantago* y *Sanguisorba* (Delabays y cols., 1999). En experimentos llevados a cabo en fincas de Codorniu S.A. en España, el uso de cebada como cubierta en viñedo cultivado en secano no ha sido recomendable porque puede competir por agua con el cultivo, sin embargo el uso de especies autóctonas como cubiertas en viñedo de regadío se mostró de alto interés (Esteve, 2003).

Para la Asociación Española de Agricultura de Conservación/ Suelos Vivos (2000) las **cubiertas vegetales vivas** se clasifican:

a) POR SU ORIGEN Y MANEJO

1) No sembradas

- 1.1) Espontáneas de malas hierbas (no seleccionadas)
- 1.2) Espontáneas de malas hierbas y seleccionadas hacia gramíneas

2) Sembradas

- 2.1) Gramíneas (cebada, vallico, bromo, etc.)
- 2.2) Leguminosas (veza, altramuz, etc.)

b) POR SU DURACION

- 1) Temporales (invierno, ciclo anual)
- 2) Permanentes (céspedes)

c) POR EL METODO DE CONTROL DE LA CUBIERTA

- 1) Segadas mecánicamente
- 2) Segadas químicamente con herbicidas
- 3) Controladas por pastoreo

En todos los casos será preciso que tanto las especies espontáneas emergentes en otoño como las *gramíneas* sembradas en este tiempo alcancen un desarrollo suficiente durante el invierno que absorben los posibles excedentes de nitratos del suelo y eviten la erosión del mismo en momentos de fuertes lluvias, en suelos de fuerte pendiente y escasamente estructurados, como ocurre frecuentemente en el olivar.

En las condiciones del **cultivo de olivar en Andalucía** se llevan a cabo varias técnicas de implantación de cubiertas. Cuando se pretende

seleccionar las especies espontáneas presentes hacia *gramíneas* es obligatorio el uso de un herbicida selectivo que controle las especies de malas hierbas de hoja ancha. En cualquier caso, bien las gramíneas restantes, bien las cultivadas una vez arraigada la cubierta, en otoño deben ser fertilizadas con nitrógeno a fin de que se potencie su ahijamiento y cobertura del terreno durante el invierno. Hacia el mes de marzo, tiempo de encañado de las gramíneas en Andalucía, es necesario paralizar el crecimiento de la vegetación de la cubierta, dado que desde ese tiempo en adelante el olivar va a tener una gran demanda de agua para atender al engrosamiento de los frutos, van a acontecer escasas lluvias y existiría una gran competencia de la cubierta viva por agua con el cultivo. Se elimina pues la vegetación de malas hierbas ó cultivo con malas hierbas bien por medio de un herbicida ó medios mecánicos como segadora, desbrozadora etc. pero dejando una banda de cubierta sin controlar, especialmente en el caso de haber dejado la vegetación autóctona. Esta banda de cubierta viva sin tratar tendrá una anchura variable, más de 0.5 m, y situada alternadamente en los distintos años y en diversos lugares con el fin de que al madurar la semilla de las gramíneas se produzca la autosiembra para años posteriores.

En caso de *cubiertas de leguminosas* las ventajas que posee son las de fijar nitrógeno atmosférico al suelo y además que la siega mecánica se realiza muy fácilmente, sin embargo al descomponerse rápido protegen poco el suelo y además al segar pueden evolucionar las poblaciones de malas hierbas hacia especies perennes y rastreras. Estos mismos inconvenientes surgen cuando la *cubierta viva es de malas hierbas*, la ventaja en utilizar ésta es la que no existen costos de su implantación en el terreno.

El uso de cubiertas vivas fue realizado para el olivar andaluz sembrando cebada entre líneas del cultivo (Castro, 1993). Posteriormente, fue ensayado sin mucho éxito el uso de las especies gramíneas espontáneas “cebadilla” (*Hordeum murinum*), “vallico” (*Lolium rigidum*), “bromo” (*Bromus diandrus* y *Bromus madritensis*), todas éllas malas hierbas del olivar las cuales aunque produjeron bastante biomasa producían compactación del suelo, a veces inversión de flora y poseían altas necesidades de fertilización nitrogenada (Saavedra y Pastor, 1995). Posteriormente, se ensayaron cubiertas a base de diversas crucí-



feras tanto silvestres como cultivadas, de ellas las silvestres “mostaza” (*Sinapis alba*, “roqueta” (*Eruca vesicaria*) y “colleón” (*Moricandia moricandioides*), así como el rábano entre las cultivadas, produjeron elevadas cobertura y biomasa (Alcántara y Saavedra, 2001).

FERTILIZACION

Si bien es conocido que una de las causas de la creciente infestación de los campos por malas hierbas se debe a la creciente aplicación de fertilizantes minerales u orgánicos, especialmente ricos en **nitrógeno**, un uso racional de la fertilización puede favorecer indirectamente el control de malas hierbas.

Es conocido de antiguo que la aplicación de fertilizantes nitrogenados en campo estimulaba la germinación de semillas y nascencia de “avena loca” (*Avena* spp.), obteniéndose efectos superiores con nitrato amónico cálcico a con urea (Watkins, 1966). Posteriormente, este efecto se atribuyó a la presencia de nitratos en el suelo, bien durante el proceso de mineralización del nitrógeno, bien por la aplicación directa de éstos al suelo como fertilizantes, cuya presencia rompe el letargo de las semillas presentes en el suelo. El carácter estimulante de los nitratos sobre la germinación de esta mala hierba fue demostrado por nosotros en condiciones controladas (González Ponce y Salas, 1989).

Por consiguiente, la aplicación de éstos ó la presencia de los mismos en el suelo con suficiente antelación a las labores preparatorias del terreno para la siembra ó plantación del cultivo, si existe humedad suficiente en el suelo, permitirá un flujo de emergencia de las malas hierbas que posteriormente pueden ser eliminadas por las labores. Se trataría en el caso de los cereales de la citada anteriormente “falsa siembra”. El único inconveniente para su utilización sería en que el uso de un fertilizante a base de nitratos antes de las lluvias ó con mucho tiempo antes de la siembra no sería aprovechado por los cultivos debido, en el primer caso, a su lavado en el suelo y en el segundo a la desnitrificación.

También es conocido que, la fertilización no sólo beneficia al crecimiento y productividad de los cultivos sino lógicamente también a los de las malas hierbas. La cuestión es encontrar un fertilizante, una dosis, una forma de aplicación ó un tiempo adecuado de fertilización en que



Fig. 9.- Aplicación de fertilizante en sementera de cereal.

podiera proporcionalmente beneficiarse más el cultivo que la mala hierba ó decantar la competencia a favor del cultivo para así favorecer el control de la mala hierba. Existen muy pocas investigaciones al respecto y las que hay discrepan acerca de lo efectos sobre todo del nitrógeno. En las variedades de trigo Pané 247 (talla alta) y Anza (talla semi-enana) ambas infestadas por “avena loca” (*Avena sterilis*) en las condiciones semi-áridas del centro de España, se demostró que al aumentar las dosis de fertilización nitrogenada incrementaron las alturas, más aún en la variedad Pané 247 que Anza, también incrementó escasamente la altura de la mala hierba. La altura fue un factor decisivo de competencia por luz del trigo con la mala hierba, de forma que la elección de dosis altas de nitrógeno (más de 100 kg/ha) y la elección de una variedad de talla alta (Pané 247) permitieron una cierta contención de la población de la mala hierba (González Ponce y Santin, 2001) (Graficos. 3 y 4). Según resultados preliminares obtenidos por nosotros en un experimento de campo, donde el cultivo de cebada se hallaba fuertemente infestado por “vallico” (*Lolium rigidum*) parece que una aplicación temprana de fertilización nitrogenada (en otoño y principios de ahijamiento), favorece a la cebada en detrimento de la mala hierba,

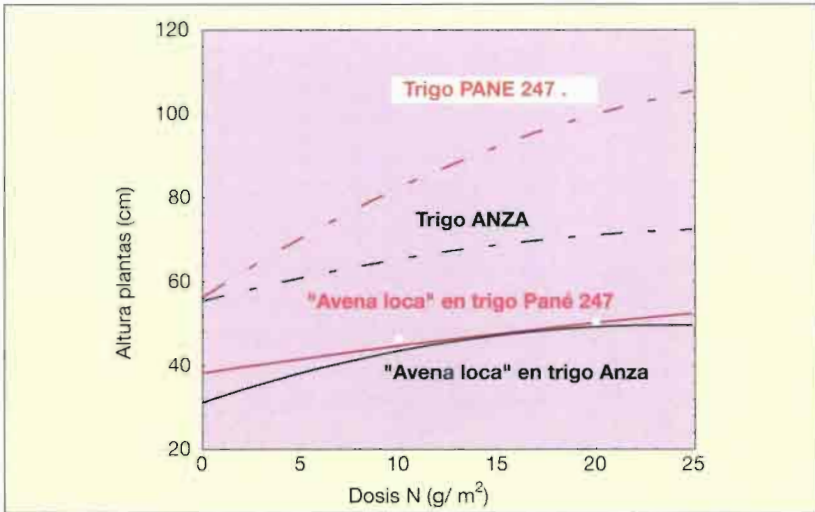


Grafico 3.- Efecto de las dosis de fertilización nitrogenada sobre la altura de variedades de trigo y de la "avena loca" infestante (González Ponce y Santin, 2001).

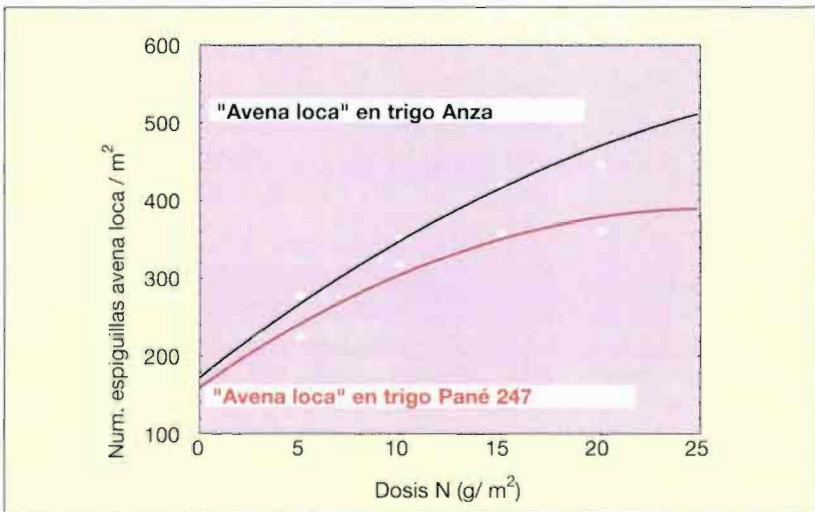


Grafico 4.- Efecto de las dosis de fertilización nitrogenada sobre la producción de espiguillas de "avena loca" infestando las variedades de trigo (González Ponce y Santin, 2001).

mientras que una aplicación más tardía o disponibilidad más tardía de nitratos por la mala hierba favorece a ésta en detrimento del cultivo. Esto es posible debido a que, la cebada si desde el principio de su ciclo posee a disposición nitratos en el suelo los absorbe y ahija rápidamente y puede dejar el suelo deprimido en los mismos para el tiempo del ahijamiento del vallico, que se prolonga más en el tiempo que el de la cebada (González Ponce, 1998).

La forma de localización de los fertilizantes minerales puede variar las relaciones de competencia entre cultivo y las malas hierbas infestantes, existiendo resultados contradictorios. según la localización y el tipo de fertilizantes aplicados. La mayoría de los experimentos realizados ya desde hace años demuestran que la localización del fertilizante en bandas, sobre todo nitrogenado, y proxima a la semilla del cultivo de cereal sembrado en líneas, beneficia mas y mas rapido al cultivo que la fertilización superficial seguida de laboreo para su incorporación al suelo. Este impulso dado al cultivo favorece su rápida competitividad contra las malas hierbas presentes y permite un cierto control de las mismas. Para llevar a cabo esta técnica es preciso disponer de la maquinaria precisa para que en una pasada, al poder ser, fertilice de fondo y siembre simultáneamente, lo cual supone un ahorro de laboreo.

Resultados muy positivos han sido encontrados en diversas condiciones climáticas de Canadá con esta técnica, localizando urea entre 6 y 9 cm de profundidad, en bandas a 20 cm de distancia, previamente al laboreo y después realizando la siembra con trigo de otoño. Se obtuvieron mayores rendimientos del trigo y mayor control de "avena loca" y malas hierbas de hoja ancha que en caso de fertilización en superficie (Kirkland y Beckie, 1998). Sin embargo, contrariamente a muchos resultados positivos para el control de malas hierbas se obtuvo en USA que la aplicación de nitrato amónico en bandas a 50 mm debajo de la semilla de trigo de primavera y sin laboreo permitió un incremento en la absorción de nitrógeno y productividad del trigo sin afectar a la población de "avena loca" (Reinertsen y cols., 1984). Mas reciente es el estudio de los efectos positivos de la localización de fosfatos e incluso de fertilizantes compuestos amonio/ fosfato en forma de microgranulos con resultados ya evidentes y positivos para el cultivo de cereales (SIPCAM INAGRA-.AGROQUALITA, 2005)



y prometedores para el control de malas hierbas. En cualquier caso, las diferentes respuestas a la localización de fertilizantes variarían con las condiciones edáficas, climáticas, tipo de vegetación, fenología comparada del cultivo y las malas hierbas infestantes, etc. del lugar, por lo que se hace precisa la experimentación "in situ" como ocurre con todos los factores de producción en agronomía.

La aplicación de fertilizantes orgánicos sólidos, de origen animal, puede provocar un incremento importante de la población de malas hierbas, por ir incorporadas en las defecaciones sin haber sido destruidas en el tracto digestivo de los animales. Estos fertilizantes a dosis razonables pueden incrementar también las poblaciones de malas hierbas al estimular su crecimiento y productividad de semillas ya que no solo poseen compuestos estimuladores del crecimiento sino que mejoran las condiciones físicas y químicas del sustrato. A dosis muy elevadas de 4 a 8 kg de estiércol fresco/ m² y en combinación con solarización se pueden destruir gran cantidad de semillas presentes en el suelo.

La inyección en suelos de Dinamarca de estiércol líquido en bandas próximas a las líneas de cultivo de cereal han proporcionado también muy buenos resultados en la productividad del cultivo y decremento de la infestación de malas hierbas (Rasmussen, 2002).

BIBLIOGRAFÍA

- ALCANTARA, C. y SAAVEDRA, M. (2001). Las crucíferas como cubiertas vegetales vivas en el olivar: primeros resultados. Actas Cong. Soc. Esp. Malherbología. León. 215- 219.
- ALTIERI, A. y LIEBMANN, L. (1986). Insect, weed and plant disease management in multiple cropping systems. En. Multiple cropping systems. Edit. C.A. Francis. Mc Millan Publishing Company, New York. 183- 218.
- ASCARD, J., OLSTEDT, N. y BENGTTSSON, H. (1999). Mechanical weed control using interrow cultivation and torsion weeders in vining pea. Proc. 11 th Eur. Weed Res. Symposium, Basel, Switzerland, 19.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LABOREO DE CONSERVACION/ SUELOS VIVOS (1998). Guía de agricultura de conservación de cultivos anuales. Inst. Agricultura Sostenible. CSIC. Córdoba. 35 págs.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LABOREO DE CONSERVACION/ SUELOS VIVOS (2000). Agricultura de conservación en el olivar: cubiertas vegetales. Inst. Agricultura Sostenible. CSIC. Córdoba. 36 págs.
- BENAIGES, C. (1964). Agricultura productiva. Técnicas para lograr mayores cosechas y mejores tierras. Cereales y leguminosas. DGCA. MAPA. Madrid.

- BOWMAN, G. (1997). Steel in the field: a farmer's guide to weed management tools. Edit. U:T. Burlington. Sustainable Agriculture Publications. Univ. Vermont, Vermont, USA.
- CASTRO, J. (1993). Control de la erosión en cultivos leñosos con cubiertas vegetales vivas. Tesis Doctoral ETSIA. Univ. Córdoba. 241 págs.
- CIRUJEDA, A. y TABERNER, A. (2003). Posibilidades del uso de la grada de púas flexibles en cereales de invierno sobre *Papaver rhoeas* L. y otras especies dicotiledóneas en Cataluña. Actas Cong. Soc. Esp. Malherbología. Barcelona. 150- 155.
- CUSSANS, G.W. (1976). The influence of changing husbandry on weeds and weed control in arable crops. Proc. British Crop Prot. Conference. Weeds. Brighton, 1001- 1008.
- CHAO, J., LACASTA, C., ESTALRICH, E., MRCO, R. y GONZALEZ PONCE, R. (2002). Estudio de la flora arvense asociada a los cereales de ambientes semiáridos en rotación de cultivos de secano. Actas V Cong. Soc. Esp. Agric. Ecológica., Gijón. 733- 740.
- CHATIZWA, I. (1997). Mechanical weed control: the case of hand weeders. Proc. British Crop Prot. Conference. Weeds. Brighton, 203- 208.
- DELABAYS, N., SPRING, J. y MOSIMANN, E. (1999). Selection of species for ground cover in vineyard. Proc. 11 Eur. Weed Res. Symposium, Basel, Switzerland, 127.
- De LUCAS BUENO, C. y FROUD- WILLIAMS, R.J. (1996). Effect of the seed size on the competitive ability of winter wheat cultivars. Proc. X Coll. Intern. Biol. Ecol et System. Mauvaises Herbes, Dijon, France. 137- 142.
- DORADO, J., del MONTE, J.P. y LOPEZ-FANDO, C. (1997). Influencia de los sistemas de manejo en la evolución del banco de semillas del suelo en cultivos cerealistas. Actas Cong. Soc. Esp. Malherbología, Valencia, 121- 126.
- DORADO, J., LACASTA, C. y MECO, R. (1994) Relaciones entre el tipo de labor y malas hierbas en un sistema cerealista. Actas Cong. Soc. Esp. Agric. Ecológica, Toledo, 6 págs.
- ELLIS, D.R., GUILLARD, K. y ADAM, R.G. (2000). Purslane as a living mulch in broccoli production. Am. J. Altern. Agriculture, 15, 50 – 59.
- ESTEVE, J. (2003). Cultivos de cobertura en viña. Actas Cong. Soc. Esp. Malherbología, Barcelona, 160-166.
- FRIESEN, H.A. (1964). Weed control in cereal in Western Canadá. Proc. 7 th British Weed Control Conference, 965- 977.
- GARCIA-MURIEDAS, G., ESTALRICH, E., LACASTA, C. y MECO, R. (1997). Efecto de las rotaciones de cultivos herbáceos de secano sobre las poblaciones de adventicias. Actas Cong. Soc. Esp. Malherbología. Valencia, 33- 36.
- GARCIA TORRES, L. y FERNANDEZ-QUINTANILLA, C. (1991). Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. MAPA y Edi. Mundi-Prensa, Madrid, 348 págs.
- GONZALEZ PONCE, R. (1998). Competition between barley and *Lolium rigidum* for nitrate. Weed Research, 38, 453- 460.
- GONZALEZ PONCE, R. y HERNANDO, V. (1978). Influencia de la época de siembra de *Triticum vulgare* L. y grado de infestación de *Avena sterilis* L. en la competencia de ambas especies. An. Edaf. y Agrobiología 37(9-10), 839- 852.
- GONZALEZ PONCE, R. y SALAS, M.L. (1989). Effects of different nitrogen compounds and temperatures on the germination of *Avena sterilis* ssp. *macrocarpa* Mo. Biol. Plantarum, 31 (1), 261- 268.
- GONZALEZ PONCE, R., SALAS, M.L., HERCE, A., LACASTA, C. y MOLINA, F. (1991). Competencia diferencial de dos variedades de cebada a diversas dosis de siembra con *Avena sterilis* ssp. *macrocarpa* Mo. Actas Cong. Soc. Esp. Malherbología, Córdoba, 92- 96.



GONZALEZ PONCE, R. y SANTIN, I. (2001). Competitive ability of wheat cultivars with wild oats depending on nitrogen fertilization. *Agronomie*, 21, 119- 125.

GONZALEZ PONCE, R., ZANCADA, C., VERDUGO, M. y SALAS, M.L. (1996). Plant height as a factor in competition between black nightshade and two horticultural crops. (tomato and pepper). *J. Hort. Science*, 71(3), 453- 460.

GRAM, E. (1956). Control of wild oats in Denmark. *Plant Prot. Bulletin FAO*, 4 (11) 70-171.

GRUNDY, A.C., BOND, W., BURSTON, S. y JACKSON, L. (1999). Weed suppression by crops. *Proc. British Crop Prot. Conference. Weeds*, Brighton, 957- 962.

KIRKLAND, K.J. y BECKIE, H.J. (1998). Contribution of nitrogen fertilizer placement to weed management in spring wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Technology* 12, 507- 514.

LEMERLE, D., VERBEEK, B., COUSENS, R.D. y COMBES, N.E. (1996). The potential for selecting spring wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Research*, 36, 505- 513.

LIEBMAN, M. y DAVIS, A.C. (2000). Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research*, 40, 27- 47.

MECO, R., AIBAR, J., ALARCON, R., CIRIA, P., CRISTOBAL, M.V., DE BENITO, A., GARCIA MARTIN, A., GARCIA MURIEDAS, G., LABRADOR, J., LACASTA, C., LAFARGA, A., LEZAUN, J.A., NEGRO, M.J., PARDO, G., TORNER, C., VILLA, F., ZARAGOZA, C. (2001). Control de la flora arvense en agricultura ecológica. *Hojas Divulgadoras Núm. 2113 HD. MAPA*.

MOLBERG, E.S. (1958). Wild oats. Cultural and cropping. *Res. Rep. West Sect. Nat. Weed Communications*, Canadá 33- 35.

MÜLLER-SCHARER, H., BAUMANN, D. (1993). Untersaaten im feldgemesebau: möglichkeiten und begrenzungen. *Proc. 8 th Eur. Weed Res Symposium, Braunschweig*, 371- 372.

NAVARRETE, L., FERNANDEZ -QUINTANILLA, C. (1990). The population dynamics of *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana* under various cropping systems in a mediterranean environment. 173- 178. *En: Integrated weed management in cereals. Proc. Eur. Weed Res. Symposium., Helsinki*.

PARDO, G. (2003). Estudio comparativo de la fertilización y el desherbado en el cultivo ecológico de cereales en zonas semiáridas. *Teis Doctoral. Univ. Pública Navarra*, 207 pgs.

POLLARD, F., CUSSANS, C.W. (1976). The influence of tillage on the weed flora of four sites sown to successive crops of spring barley. *Proc. British Crop Prot. Conference. Weeds*, 1019- 1028.

RASMUSSEN, J. (1994). Mechanical weed control in cereals, a part of the future plant production. *Ann. Rep. 1993. Danish Inst. Plant Soil Sci., Tjele* 58- 61.

RASMUSSEN, K. (2002) Influence of liquid manure application method on weed control in spring cereals. *Weed Research* 42, 287- 298.

RASMUSSEN, I.A., ASKEGAARD, M. y OLESEN, J.E. (2005). Development of weeds in organic crop rotation experiments. *En: Proc. 13 th EWRS Symposium. Bari, Italy*.

REINERTSEN, M.R., COCHRAN, V.L. y MORROW, L.A. (1984). Response of spring wheat to N fertilizer placement, row spacing and wild oats herbicides in a no-till system. *Agronomy J.* 76, 753- 756.

SAAVEDRA, M., PASTOR, M. (1995). Cobertura de especies autóctonas en olivar: diseño de una técnica de implantación y manejo. *Actas Cong. Soc. Esp. Malherbología. Huesca*, 175- 180.

SANTIN, I., GONZALEZ PONCE, R. (2003). Competencia de *Datura stramonium* con tomate y pimiento. Actas Cong. Soc. Esp. Malherbología. Barcelona,

SIPCAM INAGRA- AGROQUALITA (2005). Microgranulos fertilizantes para la siembra combinada de cultivos en línea. (Comunicación personal)

STEELE, J. (1997). Mechanical weed control. New farmer and grower. Soil Association, Bristol, 55, 28- 29.

TEASDALE, J.R., MÖHLER, C.L. (1992). Weed supression by residue from hairy vetch and rye cover crops., Proc. I Intern. Weed Control Congress, Melbourne, 2, 516- 518.

TINGEY, D.C. (1965). Control of wild oats in small grains. Bull. Utah St. Univ. Agr. Exp. Station, 16 págs.

TURNER, B. (2000). Weeds and the organic farmer. The organic way. HDRA, Country, 160, 44- 45.

VERDU, A.M.C. y MAS, M.T. (2005). Tillage effects on the diversity of the surface soil seed bank in a 4-year winter crop rotation. En: Proc. 13 th E\$WRS Symposium, Bari, Italy.

VERSCHWELE, A. y NIEMANN, P. (1993). Indirect weed control by selection of wheat cultivars. 285-289. En: Non- chemical weed control. Comm. 4 th Intern. Conference IFOAM, Dijon.

WATKINS, F.B. (1966). Effect of nitrogen fertilizer on the emergence of wild oat (*A. ludoviciana* Dur.) Quens. J. Agr. Science, 23, 87- 89.

WEBER, H. y MEYER, J. (1993). Mechanical weed control with a row brush hoe. 91- 94. En: Non- chemical weed control. Comm. 4 th Intern. Conference IFOAM, Dijon.

WELSH, J.P., PHILIPPS, L., BULSON, H.A.J. y WOLFE, M. (1999). Weed control strategies for organic cereal crops. Proc. British Crop Prot. Conference. Weeds, Brighton, 945- 950.

WELL, R., y Mc FADDEN, M.E. (1991). Fertility and weed stress effects on performance of maize/soybean intercrop. Agr. Journal, 83, 717- 721.

YOUNIE, D. y TAYLOR, B.R. (1995). Maximizing crop competition to minimise weeds. New Farmer and Grower. Soil Association , Bristol. 18.

ZARAGOZA, C., PARDO, A. y SUSO, M.L. (1993). Alternativas a los herbicidas en el control de las malas hierbas. 5- 21. En: Méthodes alternatives de lutte contre les adventices. Coll. Groupe EWRS Cultures Legum. Irriguées, Logroño.



CENTRO DE PUBLICACIONES

Paseo de la Infanta Isabel, 1 - 28014 Madrid

MÉTODOS PARA EL CONTROL DE MALAS HIERBAS. (II) FÍSICOS Y BIÓLOGICOS



Ricardo González Ponce

*Instituto de Ciencias Agrarias (ICA)
Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
(CSIC)*

Serrano 115 dpdo.
28006 Madrid
rgponce@ccma.csic.es



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN

SUBSECRETARÍA

SECRETARÍA GENERAL
TÉCNICA

MÉTODOS PARA EL CONTROL DE MALAS HIERBAS. (II) FÍSICOS Y BIÓLOGICOS (Medidas preventivas)

Las plantas que bajo un concepto antropomorfo y productivista agrario denominamos como malas hierbas, son un componente de primer orden de los *agrosistemas* donde tienen un papel más o menos directo. Sin embargo, utilizan recursos del medio para su propia supervivencia y por consiguiente entran en competencia por estos recursos con las plantas cultivadas, viéndose éstas últimas afectadas grandemente en su crecimiento y productividad. Debido a las elevadas pérdidas de productividad del cultivo por la presencia de malas hierbas, lo cual puede hacer inviable una explotación agrícola, es por lo que el agricultor desde tiempos antiguos ha recurrido a su eliminación.

Antes del descubrimiento del primer herbicida orgánico de síntesis, el 2,4-D, en la década de los años cuarenta, el control de malas hierbas estaba basado en la escarda manual, prácticas culturales y algunos escasos productos químicos con función herbicida, pero que no eran selectivos. Desde entonces, la investigación, desarrollo y utilización de nuevos *herbicidas* ha sido creciente. Sin embargo, la aparición de residuos de éstos en suelos, aguas y alimentos, cuestiones de salud humana, efectos sobre otros organismos, aparición de resistencias de malas hierbas a muchos de los herbicidas, etc. unidos a los problemas causados por otros agroquímicos han creado una cierta opinión adversa en el consumidor hacia su uso, ó abuso, proliferando corrientes de opinión nuevas hacia la *agricultura ecológica u orgánica*, la *agricultura sostenible* y más recientemente la *producción integrada*. Esto ha llevado a re-examinar la problemática del control de las malas hierbas, buscando nuevas *estrategias alternativas ó complementarias al uso de herbicidas sintéticos tradicionales*, para conseguir campos cultivados libres de malas hierbas, al menos hasta un umbral en que éstas en un principio no sean dañinas para el cultivo. Además, en ciertos cultivos intensivos, co-



mo muchos de los hortícolas, existen escasos herbicidas autorizados, debido a la escasa superficie dedicada a ellos y por consiguiente escaso interés en la investigación de productos adecuados para estos cultivos por parte de las empresas productoras. Es en éstos, en los que existe un interés muy especial en la búsqueda de otros métodos de control de las malas hierbas que no sean químicos.

Las corrientes ecologistas más extremas permitirían una presencia de malas hierbas en los cultivos como fuente de biodiversidad, dados algunos de sus efectos positivos en los agrosistemas, sin embargo, los daños futuros ocasionados a los cultivos podrían ser grandes y el agricultor no podría vivir de las escasas cosechas del campo. En un tecnicismo a ultranza el control de malas hierbas se basaría en la simple utilización de herbicidas, y sin usar otros medios de control a veces complementarios ó alternativos a los mismos, que son acerca de los que aquí se trata.

Autores como Le Baron (1990) aducen que muchas de las críticas a los herbicidas son injustificadas, pues muchos de los daños que éstos ocasionan no es por su uso sino por su mal uso, incluyendo en este último el uso abusivo, usando inadecuadamente la tecnología de aplicación de los productos ó deshaciéndose de los residuos finales de forma inadecuada.

Hoy día, existe una fuerte presión de la sociedad por el deseo de poseer una mejor calidad ambiental, lo que hace que las medidas a tomar para el control de las malas hierbas deban de:

- *proteger al agricultor*
- *proteger al consumidor*
- *proteger el ambiente*
- *ser eficaces y*
- *ser económicas.*

Así, se está trabajando en la investigación sobre herbicidas cada vez menos tóxicos y más biodegradables en los agrosistemas, uso de dosis reducidas, uso de surfactantes que hagan más eficaces la absorción de los herbicidas, eliminación del mercado de herbicidas muy tóxicos, y métodos de control alternativos a éstos. En cualquier caso, los métodos de control no usando herbicidas sintéticos unas veces son comple-

mentarios de los métodos químicos, otras, si están ya muy controladas las poblaciones por antiguo uso de químicos ó se inicia por primera vez un cultivo en un terreno anteriormente no cultivado pueden ser alternativos al uso de químicos, y otras veces, sólo se debe recurrir a métodos químicos en casos muy concretos de fortísimas infestaciones en momentos puntuales ó zonas localizadas.

En cualquier caso, y tal como es preceptivo en la agricultura moderna, aparte de los efectos sobre la salubridad ambiental que uno u otro método puedan tener, es preciso considerar el coste económico de los métodos de control a utilizar y su eficacia a largo plazo. En este aspecto es de vital importancia no sólo conocer el medio edáfico y climático en que se haya la explotación sino los cultivos instalados, las especies de malas hierbas presentes, su grado de infestación, tiempos de emergencia y ciclos vitales en relación al cultivo, los medios de control disponibles, así como las características socio-económicas de la zona.

También, hay que tener en cuenta, que cada uno de estos métodos de control no sólo pueden ser complementarios del control con herbicidas, sino que a su vez, en una explotación agrícola será necesario recurrir a varios de éstos y cuantos más de ellos posibles dentro de una planificación global del trabajo.

Sea cuales fueren los métodos de control de malas hierbas empleados, de una forma general, y en base a la finalidad que deseáramos obtener con ellos tendrían fines de PREVENCIÓN, CONTENCIÓN, REDUCCIÓN ó ELIMINACIÓN de las malas hierbas. En el caso de la PREVENCIÓN, se evitaría que se introdujera una especie en un área determinada, en la CONTENCIÓN se mantienen niveles de infestación pero con bajos daños sobre el cultivo, en la REDUCCIÓN se bajan los niveles de infestación hasta niveles mínimos y apenas dañinos, en la ELIMINACIÓN, como su nombre indica, se trata de hacer desaparecer drásticamente una especie en un área determinada.

En esta monografía tratamos acerca de las MEDIDAS PREVENTIVAS a usar para evitar las infestaciones y proliferación de las malas hierbas así como los METODOS FISICOS y BIOLÓGICOS para su control que están al alcance del agricultor. En otra **hoja divulgadora** se trata acerca de los METODOS CULTURALES.



Fig. 1.- Borde de maizal infestado por malas hierbas

MEDIDAS PREVENTIVAS

Son todas aquellas que tratan de evitar la introducción y diseminación de los propágulos de especies de malas hierbas, semillas u otros órganos reproductivos, en un país, región, finca ó parcela determinada. Entre las medidas preventivas que se pueden adoptar se hallan:

- **Establecimiento de cuarentenas.** Así, numerosos países restringen en las aduanas la importación de semillas o plantas, pues éstas pueden adaptarse a las nuevas condiciones del país de llegada y llegar a alterar los agrosistemas, al modificar las relaciones entre la flora existente, ya conocida, y que se sabe cómo puede ser controlada por medios habituales, y no a las nuevas especies.
- **Limpieza de maquinaria agrícola.** Tanto los aperos de labranza como sembradoras, cosechadoras, etc. deben ser limpiadas después de cada operación pues pueden llevar semillas u otros órganos que de no eliminarse serían incorporados al terreno. Ha sido estudiado recientemente el papel de las cosechadoras de cereales,

sean picadoras de la paja o no sobre la diseminación de “vallico” (*Lolium rigidum*) (Blanco y cols., 2003).

- **Uso de semillas certificadas.** Estas poseen la garantía de hallarse limpias de otras semillas nocivas y además poseer alta pureza germinativa. En una agricultura deprimida, es característico que la semilla que se utilice sea producida en la propias explotación ó explotaciones próximas con lo que la limpieza de la semilla no es buena y además por degeneración genética el cultivo se va degradando año tras año, disminuyendo su productividad así como su crecimiento y capacidad competitiva con las malas hierbas infestantes.
- **Uso de plantones limpios.** Así, habrá que evitar que los recipientes donde se hallen instalados en los viveros los cultivos utilizados para trasplante, como los hortícolas y especies frutales, ornamentales, forestales etc. transporten malas hierbas al lugar de instalación de los cultivos. A veces, los sustratos en que se hallan estas especies debido a las excelentes condiciones que se crean para el crecimiento de las plantas en vivero, son un buen soporte para albergar y transportar malas hierbas.
- **Impedir el paso de animales.** Muchos animales pueden transportar semillas como los pájaros, hormigas ó animales superiores enganchados a su pelo. También en el ganado, muchas semillas coriáceas presentes en alimentos vegetales no pierden viabilidad al pasar por su tracto digestivo y al dejar pasar a las parcelas este ganado, a veces para aprovechar su estercolado “in situ”, llega a aportar con sus deyecciones sólidas una buena cantidad de semillas viables. Estas semillas a veces son de origen externo al campo de cultivo y poseen fácil germinación y establecimiento en el campo debido a la riqueza en nutrientes del medio en que se hallan. Al igual, la aportación de estiércoles no compostados, procedentes del exterior a la explotación pueden aportar un buen número de semillas, lo cual no ocurre con éstos cuando han sido previamente por las altas temperaturas alcanzadas en el proceso de compostado.
- **Limpieza de márgenes.** En los contornos de las parcelas, cunetas de los caminos cercanos y bordes de las acequias de riego, dadas las especiales características nitrófilas e hídricas del medio crecen nume-



Fig. 2.- Limpieza de cosechadora.

rosas y muy desarrolladas especies de plantas que han escapado a los medios de control y son foco de infestación que poco a poco por la acción del viento, de pájaros, del hombre, de ganado etc., se van trasladando a los campos de cultivo y diseminando hacia el interior de las parcelas. Por é ello, el agricultor, en desacuerdo con ecologistas y cazadores (los márgenes son refugio de caza), necesita limpiar estas áreas, al menos de especies herbáceas ricas en semillas.

- **Vigilancia de acequias.** Colocando filtros en los sistemas de riego para evitar el paso de las semillas de la vegetación circundante que son trasladadas por el agua de riego. Es conocida la infestación de campos agrícolas por “acedera” (*Rumex obtusifolius*), mala hierba que habita en márgenes de zona húmedas, acequias, arceles donde se acumula agua, etc.

La infestación por semillas de malas hierbas es superior en campos sometidos a agricultura ecológica que en convencional. Esto ocurre, por usar menos medios para el control de las malas hierbas, así como semillas normalmente producidas en la propia explotación procedente de años anteriores.



Fig. 3.- Malas hierbas próximas a acequia de riego.

METODOS FISICOS

Con ellos se impide la germinación, emergencia ó crecimiento de las malas hierbas por el uso de medios físicos tales como un intenso calor, ondas, interponiendo barreras, etc.

QUEMA.- Consiste en destruir mediante el fuego la vegetación arvense, normalmente cuanto más seca mejor. Esta puede ser no selectiva ó selectiva.

- **Quema no selectiva.** Por élla se elimina toda la vegetación presente y que interfiere, como puede ocurrir en caso de hacer una limpieza general de la parcela con fines diversos no agrarios. Es corriente la recogida y quema de “cuscuta” de la alfalfa, de “juncia” (*Cyperus* spp.) después de labrar el suelo y sacar las raíces al aire libre, de “cañizos” (*Phragmites* spp.) en los canales de riego, etc. Es también el caso típico de la *quema de rastros* de cultivos como trigo, maíz, girasol etc. con la cual se queman también directamente numerosas semillas que quedan en superficie del suelo y plantas en pie de malas hierbas. También las elevadas temperaturas pueden deshidratar



algunas semillas enterradas superficialmente ó incluso estimular la germinación de algunas semillas que requieran calor y se encuentren algo aisladas en profundidad. Para que este método de control sea efectivo se han de alcanzar altas temperaturas, es decir poseer un clima y cantidad de paja de la rastrojera adecuados. Es una forma de control discutible, por los efectos negativos que puede tener sobre los agrosistemas y la cual aquí no es objeto de debate.

También puede ser usado un *flameado no selectivo* con aparataje apropiado en pre-siembra ó pre-plantación para controlar las malas hierbas emergidas en el terreno después de una *falsa siembra*, es decir, después de hacer un laboreo del suelo, hallándose éste en tempe-ro y dejando que emerja un flujo de malas hierbas (Ascard, 1995).

- **Quema selectiva.** Tiene como finalidad destruir las malas hierbas presentes y sus semillas en un campo, sin afectar al cultivo al que infestan, por consiguiente en estas circunstancias se trata de un *flameado selectivo* de post-emergencia ó post-plantación. El flameado es la aplicación directa a las plantas de una llama, que es producida por quemado de un gas licuado del petróleo (GLP), butano ó propano, y que para ser efectiva contra las malas hierbas debe alcanzar una temperatura entre 90 y 100°C durante 1 décima de segundo y luego mantenerse a más de 600°C. Sobre este método se investigó mucho en USA durante la década de 1960 y actualmente se ha desarrollado bastante en países del N. de Europa y sobre todo en cultivos en líneas (p.e. horticultura, viticultura, fruticultura etc.) en agricultura ecológica. Se produce una coagulación de las proteínas celulares con el consiguiente estallido de la membrana celular y muerte de la planta a los 2 ó 3 días de la aplicación del calor. Para mantener la efectividad del equipo la combustión de los gases debe hacerse lo más cercana posible al suelo y que el ángulo de los quemadores con respecto al suelo sea de 22,5 a 45°. Además, este método es adecuado para cultivos que se hallen en líneas separadas más de 20 cm., que es cuando las malas hierbas pueden quemarse con precisión al proteger del fuego los cultivos con las pantallas pertinentes que van acopladas al quemador.

Más modernos son los sistemas en que con la combustión de GLP se calientan unas placas de cerámica que reflejan el calor en forma de



Fig. 4.- Flameado con GLP en viñedo y quemador de placa cerámica (cedida por REPSOL-YPF- UPM).

radiación infrarroja y que instalados como aperos son arrastrados por tractor por todo el campo. La ventaja sobre los clásicos quemadores de llama, es que los primeros pasan de forma segura por toda la superficie cultivada infestada por las malas hierbas, si bien necesitan un tiempo para calentarse y llegar a una temperatura efectiva. REPSOL YPF con la UPM ha desarrollado un equipo en España cuya eficacia está ensayando en numerosos cultivos (Leiva y Durán, 2002). El secreto de la eficacia de estos equipos radica en la velocidad de avance de los mismos, que aunque es inferior a la de un tratamiento de herbicidas es compatible con la mayor parte de las operaciones que se realizan en agricultura (3 a 5 km/h). Además por la proximidad de las placas al suelo deben usarse sobre superficies planas.

Los *condicionantes del uso de la quema* son:

- 1) Sus efectos sobre las malas hierbas dependen mucho de las características morfológicas y fisiológicas de las mismas (tipo de cutícula, grado de lignificación, capacidad de rebrote, etc.) y edad de la plantas (grado de humedad, altura inferior a 10 cm.



etc.). Así los efectos positivos son más aparentes en plantas anuales, plantas jóvenes y más aún en especies de hoja ancha que estrecha (Ascard, 1995). Ha sido estudiada la sensibilidad de diversas especies al flameado (Tabla 1).

- 2) Las características morfológicas de las malas hierbas en relación a las del cultivo en el tiempo de la aplicación del flameado. Es decir, conviene hacer las quemas cuando antes de competir las malas hierbas el cultivo sea resistente y las malas hierbas sensibles al calor.

Existen una serie de ventajas e inconvenientes para el uso de este método:

VENTAJAS:

- El coste del gas muchas veces es más barato que el de los herbicidas.
- Si la llama se aplica con protector a las líneas de los cultivos puede tener menos efectos de deriva que los herbicidas.
- Al no moverse el suelo se evitan muchas nascencias de malas hierbas.
- Puede controlar gran cantidad de malas hierbas, algunas resistentes a herbicidas.
- Puede utilizarse en suelos con humedad, lo cual no es posible con otros métodos.
- Util para cultivos en líneas tales como, maíz, ajo, puerro, etc. dando tratamientos primero entre las líneas y luego en ellas, orientando los quemadores de forma oblicua hacia la base de las plantas.

INCONVENIENTES:

- El precio de los equipos es bastante costoso, al menos el de placas cerámicas.
- Posee un efecto de escasa duración, por lo que el tratamiento debe repetirse varias veces en el ciclo de cultivo, en función de las diversas emergencias que ocurran y potencialmente compitan con el cultivo, antes de que el crecimiento del cultivo tape la superficie del suelo.
- La escasa velocidad de trabajo
- La elevada dependencia del consumo de energía.

-
- Es incompatible con cultivos que utilizan el sistema de riego por goteo superficial ó no muy enterrado.
 - No se pueden utilizar en cultivos de sistema radicular superficial ó muy sensible al calor.

SOLARIZACION.- Es un método térmico de control de malas hierbas, que consiste en elevar la temperatura del suelo hasta niveles deletéreos para las plantas. Se consigue por medio de la energía solar que pasa a través de unas cubiertas de plástico transparentes que se ponen en el suelo y después de haberle regado, ya que el agua asegura la transmisión en profundidad del suelo del calor generado.

Los *condicionantes del uso de la solarización* son:

- 1) Se utiliza polietileno de 0,01 a 0,03 mm de espesor en láminas que se extienden en el suelo con maquinaria.
- 2) Se utiliza en zonas de regadíos, en climas estivales que alcancen más de 35°C. Por consiguiente es muy típico su uso en climas tropicales, semi-áridos y áridos con elevada insolación.
- 3) La duración de la solarización para ser efectiva debe ser de al menos 4 semanas. Siendo más efectiva a 6 las semanas (Horowitz y colbs., 1983).
- 4) La temperatura a alcanzar en la superficie del suelo para algunos autores debe ser mayor de 65°C, si bien la muerte de semillas empieza a ser visible ya con 40°C. Sin embargo, otros autores, consideran que el factor principal para el control de malas hierbas es el mantenimiento de un cierto nivel térmico de forma sostenida durante un tiempo. En cualquier caso, la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad se eleva al menos 8 a 15°C respecto a cuando no se usa cubierta de plástico.
- 5) Su eficacia depende también de las características físicas (textura, estructura, porosidad, color, etc.) así como condiciones hídricas del suelo. La transmitancia de calor y capacidad para calentar el suelo varía con las características de los plásticos, quedando la puerta abierta para estudiar nuevos tipos que a relativos niveles bajos de luz puedan acumular calor y ser eficaces en zonas de climas no muy cálidos.



ESPECIES	Sensibilidad	ESPECIES	Sensibilidad
<i>Cynodon dactylon</i>	S	<i>Physalis</i> sp.	S
<i>Shorgum halepense</i>	MS	<i>Cuscuta</i> sp.	S
<i>Cirsium arvense</i>	R	<i>Chenopodium album</i>	S
<i>Rumex crispus</i>	R	<i>Amaranthus</i> sp.	S
<i>Convolvulus arvensis</i>	R	<i>Portulaca oleracea</i>	MS
<i>Malva</i> sp.	MR	<i>Salsola kali</i>	S
<i>Sinapis arvensis</i>	S	<i>Avena fatua</i>	S
<i>Erodium moschatum</i>	S	<i>Phalaris minor</i>	MR

Tabla 1.- Sensibilidad de distintas especies de malas hierbas al flameado.

(Manchester Tank and Equipment Co., 1965).

S = sensible; MS = medianamente sensible; R = resistente; MR = muy resistente.

Las especies de malas hierbas dependiendo de sus características morfológicas y fisiológicas poseen una distinta sensibilidad para ser exterminadas por este método. En la Tabla 2 se muestra la sensibilidad de distintas especies encontrada en cultivos hortícolas de California, Michigan, Israel y Francia. Las especies cuyas semillas poseen cubiertas duras, son rizomatosas, bulbosas ó poseen tubérculos son resistentes a la solarización.

Existen una serie de ventajas e inconvenientes para el uso de la solarización:

VENTAJAS:

- Se trata de un método sencillo, de escasa peligrosidad y bajo riesgo de contaminación si al finalizar el tratamiento se retiran los plásticos del campo.
- Es de bajo costo en relación a los costos de manejo y rentabilidad de los cultivos en que se utiliza.
- Es un método que no sólo permite controlar malas hierbas sino patógenos y nematodos del suelo.
- Es bastante eficaz el control.
- No altera las propiedades físicas del suelo.
- Parece ser que después de su uso se incrementan los rendimientos del cultivo siguiente, quizás debido a un aumento de la dis-

ponibilidad de nutrientes en el suelo dadas las condiciones térmicas y de humedad del mismo.

INCONVENIENTES:

- Se reduce su área de aplicación a aquellas con altas temperaturas en verano.
- El suelo tiene que estar libre de cultivo un tiempo variable.
- Se utiliza normalmente en pequeñas extensiones de terreno.

La solarización también puede realizarse en zonas ó estaciones frescas con el fin de calentar el suelo, de forma que sirva de estímulo para la germinación y nascencia de malas hierbas, para a continuación eliminar éstas mediante laboreo u otro método.

La solarización puede ser complementada con una **biofumigación** que consiste en aprovechar, especialmente en horticultura, la acción biocida de los gases de fermentación de la materia orgánica sobre las semillas presentes en el suelo. Deben utilizarse 4 a 8 kg. de estiércol fresco /m² de terreno húmedo y 10 a 15 g. de urea/m² para favorecer su fermentación y a continuación sellar con el plástico de normal uso en solarización. A las 5 ó 6 semanas se retira el plástico y una vez ven-

ESPECIES	Sensibilidad relativa	ESPECIES	Sensibilidad relativa
<i>Amaranthus retroflexus</i>	SC	<i>Anagallis arvensis</i>	S
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	S	<i>Orobanche</i> sp	S
<i>Chenopodium album</i>	S	<i>Lamium album</i>	S
<i>Agropyrum repens</i>	SC	<i>Oxalis</i> sp	S
<i>Datura stramonium</i>	S	<i>Panicum</i> sp	S
<i>Digitaria sanguinalis</i>	SC	<i>Poa</i> sp	S
<i>Sonchus oleraceus</i>	S	<i>Portulaca oleracea</i>	SC
<i>Lamium amplexicaule</i>	S	<i>Ranunculus arvensis</i>	SR
<i>Convolvulus arvensis</i>	SR	<i>Senecio vulgaris</i>	S
<i>Malva</i> sp	S	<i>Sorgum halepense</i>	SC
<i>Solanum nigrum</i>	S		

Tabla 2.- Sensibilidad de distintas especies de malas hierbas a la solarización. (Thicoipe, 1993). S = sensible con control total ; SC = sensible sin control total; SR = sensible inicialmente con rebrote posterior.



Fig. 5.- Solarización de suelo para horticultura (cedida por D. Avelino García Alvarez).

tilado y enfriado el suelo se procede a plantar, a realizar una labor preparatoria ó a plantar el cultivo. Esto permite eliminar una importante cantidad de semillas de especies anuales y rizomas de "grama" (*Cynodon dactylon*) e incluso de "juncía" (*Cyperus* spp.) más aún si además posteriormente se aplica adicionalmente algún herbicida como glifosato ó sulfosato (Montserrat, 2003)

OTROS METODOS TERMICOS. – Son otros métodos distintos para el control de malas hierbas a los de la quema, flameado y solarización, y que utilizan temperaturas extremadamente elevadas ó bajas respecto de las que pueden resistir las plantas.

- **Microondas.** Consiste en el calentamiento del suelo a base de radiofrecuencias en que se alcanzan unas temperaturas del medio de hasta 80°C. El calor actúa hasta profundidades del suelo superiores a las del flameado, inhibiendo la germinación de semillas situadas a cierta profundidad del suelo (10 cm.). Se hicieron hace tiempo ensayos en suelos hortícolas por tres Organizaciones francesas con un prototipo de 7 kW construido por la Sociedad Simon con resultados prometedores (Derobert y cols., 1993).

Por lo costoso del método se usa para pequeñas cantidades de suelo y desinfección de sustratos tanto de malas hierbas, hongos, bacterias, nematodos, etc en agricultura de excelencia. Existen especies con semillas resistentes, pero esta resistencia decrece en semillas húmedas. Las plántulas son más sensibles a las microondas que las semillas y a más humedad del suelo se requiere más energía para obtener los mismos efectos.

- **Vaporización.** Se ha demostrado que la vaporización del campo con equipos especiales móviles podría hacer inviables semillas de malas hierbas en los 10 primeros centímetros del suelo, (White y colbs., 2000). Supone un método de esterilización del suelo, por lo que su uso es muy conflictivo en agricultura ecológica, si bien se hallan ya disponibles equipos para su uso en campo. También es posible usar hoy día chorros de vapor para eliminar plántulas de malas hierbas, de forma que se ha desarrollado la maquinaria para estas aplicaciones costosas en jardinería.
- **Calor seco.** Existen equipos en el mercado para destruir la viabilidad de semillas mediante este tipo de calor (Williams, 1999). Por este método, el suelo es pasado a través de una cámara a 68 ó 70 ° C y actuando los efectos hasta 15 cm. de profundidad del mismo. El rendimiento de la desinfección es el correspondiente al volumen de suelo en de 1 a 2 ha de terreno por día, dependiendo del tipo de suelo.
- **Frio.** Bien a través de nitrógeno líquido o mediante nieve de dióxido de carbón aplicados por un artilugio tirado por tractor sobre malas hierbas emergidas. El control obtenido con el nitrógeno líquido fue superior al de la nieve, pero ninguno de los dos fue tan efectivo como el flameado (Fergedale, 1993). Sólo su uso estaría recomendado en aquellos casos de peligro de incendio por el flameado.

CUBIERTAS INERTES.- Cubriendo la superficie del suelo con diversos materiales (“*mulch*”), que ejerzan el papel de barreras físicas estáticas se puede no sólo retener la humedad del suelo sino prevenir la germinación ó suprimir físicamente la emergencia de las plántulas de muchas malas hierbas. Desde punto de vista es de gran interés la distinta capacidad de las especies de malas hierbas para crecer sus plántulas



entre los espacios vacíos de la cubierta creada con distintos materiales y su viabilidad para emerger a la superficie del suelo.

Este tipo de cubiertas pueden ser partículas sueltas de materiales orgánicos ó inorgánicos extendidos por la superficie del suelo (corteza de árbol, virutas serrín, subproductos industriales, lava volcánica ú otros materiales pétreos desmenuzados, compost municipales etc.), láminas de materiales artificiales (plásticos, etc.) y restos de cosechas de cultivos anteriores (paja). Por tratarse de una técnica cara, se utiliza en hortofruticultura y especies ornamentales, pero su uso se ve restringido por una serie de:

INCONVENIENTES:

- En caso del uso de productos orgánicos, pueden causar daños a los cultivos por la incorporación por las lluvias ó riegos de sustancias no deseables procedentes de su degradación en el suelo, como ocurre con la la aplicación de corteza de pino.
- También los productos de origen orgánico, si poseen alta C/N, al mineralizarse en el suelo producen un desequilibrio bacteriano con reducción temporal de nitrógeno en el suelo, afectando a la absorción de éste por los cultivos.
- Pueden dificultar actividades culturales como son siembra, trasplante, manejo de instalaciones en fertirrigación, ciertas labores entre líneas del suelo, etc.
- Por cambios térmicos e hídricos del suelo pueden modificar el crecimiento y productividad del cultivo.
- En general, y al igual que otros métodos térmicos, el uso de cubiertas inertes controla bastante bien las malas hierbas anuales pero no las vivaces.
- Es necesario aplicar una gruesa capa de “mulch” para que tenga efectos y por consiguiente gran cantidad del mismo, por lo que, si no se consigue en la explotación, su transporte desde el exterior encarece mucho el producto.
- Su utilización a veces queda restringida a cultivos de alto valor añadido ó bien perennes en que la cubierta puede permanecer fija varios años en el terreno.

-
- Su uso puede requerir mucha atención, pues en caso de que la cubierta sea poco densa (paja, papel etc.) puede desaparecer del lugar de aplicación, debido a la incidencia del viento. En este caso, puede ser importante el manejo del riego para su humectación y fijación a la superficie del suelo.

Han sido demostrados no obstante los efectos positivos del uso de diversos *materiales orgánicos* e *inorgánicos* como cubiertas inertes para el control de malas hierbas.

- **Materiales orgánicos.** Los cuales al ser biodegradables, con su uso se evitan jornales de levantamiento de las cubiertas al final del ciclo e instalación de nuevas en el ciclo siguiente. Cabe citar el control ejercido sobre malas hierbas por diversos productos orgánicos. El *compost* de población, no sólo aporta nutrientes al suelo, sino que aplicando una capa de un grosor de 3 cm a la superficie del suelo puede evitar la emergencia de muchas malas hierbas. Tiras de *papel de periódico* en cultivos de maíz, soja y tomate (Munn, 1992), e incluso papeles de color pardo ó negro en hortalizas y ornamentales. *Virutas de coníferas ó encinas*, así como *paja de colza* en el pie de manzanos (Weible y Niggli, 1990). El uso de *paja de vallico* en líneas de pimiento ó tomate fue más efectivo que el laboreo entre líneas (Edwards y cols., 1995). *Paja de trigo* a razón de 4000 kg /ha. en cultivos de ajo y cebolla (Duranti y Cuocolo, 1989) y *paja de veza vellosa ó paja de centeno* a dosis de 2900 a 3200 kg /ha para la primera y 2460 a 4280 kg/ha para el segundo (Teasdale y Mohler, 1992). Existen sistemas de laboreo que permiten el mantenimiento de residuos (*paja*) del año anterior en la superficie del suelo, como en laboreo mínimo, no laboreo con siembra directa, laboreo en franjas y laboreo bajo cubierta, en los cuales, al menos, quedan unos residuos en la superficie del suelo del 15 al 40% para el primero y 60 a 80% para los restantes. En el reciente laboreo de conservación se necesita al menos un 30% de cobertura del suelo por paja para poderse denominar como tal. Sin embargo las cantidades de paja obtenidas “in situ” suelen ser bajas para conseguirse una cubierta suficientemente espesa que impida la emergencia de malas hierbas en el cultivo subsiguiente.



Fig. 6.- Mulch de corteza de pino en frutales (cedida por D. Carlos Zaragoza Larios).



Fig. 7.- Mulch de paja en alcachofar.

Un continuado enterrado de rastrojo de cereal promovió un control de “granilla” (*Elymus repens*) (Rasmussen y otros, 2005).

- **Materiales inorgánicos** como *láminas de polietileno* no biodegradables en el medio y que es preciso levantar y colocar en cada ciclo de cultivo, suponen un elevado gasto de mano de obra ó de instalación por la maquinaria adecuada para ello. Se han usado diferentes colores de láminas, siendo las blancas y verdes las que menos eficacia han tenido en el control de malas hierbas, sin embargo las marrones, negras y azules han sido las más eficaces (Horowitz, 1993). Las láminas coloreadas evitan la radiación fotosintéticamente activa para la planta que se halla debajo de ellas y sin embargo permiten que se caliente el suelo a través de la luz infrarroja que las atraviesa. Con plástico negro, el calentamiento del suelo es menor que bajo plástico transparente, pero se controlan más las malas hierbas, cosa que no ocurre con el plástico transparente. Además, con el negro, se obtienen inicialmente, en las primeras recolecciones rendimientos más bajos y menor precocidad en los frutos de tomate que con plástico transparente (Zaragoza, 2003). Sin embargo, este tipo de plástico no permite controlar la “juncia” (*Cyperus rotundus*) el cual es atravesado y desgarrado por esta planta durante su crecimiento, de forma que en áreas donde se utiliza este método de escarda aumenta fortísimamente la multiplicación de esta especie. El uso más actual de materiales *plásticos biodegradables ó fotodegradables* oscuros además de ejercer un buen control de malas hierbas suponen un avance económico en cuanto al ahorro de mano de obra , así como aportan una tecnología limpia para el ambiente.

ELECTROPORACION.- Es una técnica física de control muy reciente. Exponiendo las células vegetales a puntuales campos eléctricos de alta intensidad se desestabiliza la membrana celular haciéndola permeable a moléculas exógenas, lo cual es letal para la célula. Así en laboratorio, con campos eléctricos de 5.2 kV/cm han podido eliminarse más del 80% de semillas de distintas especies de malas hierbas presentes en diferentes substratos. En suelos de campos hortícolas infestados por “cenizo” (*Chenopodium album*) “ortiga” (*Urtica urens*) y “zurrón de pastor” (*Capsella bursa-pastoris*) el control fue del 40%



Fig. 8.- Cubierta de plástico negro en tomate e infestación por “juncia”.

(Fogelberg, 2000). Es pues una técnica de características similares a la del uso de microondas.

METODOS BIOLÓGICOS

Son aquéllos que utilizan medios de control de las malas hierbas manejando agentes biológicos que pueden eliminarlas de forma directa ó a través de los productos orgánicos que segregan. Entre estos se hallan un manejo racional de animales herbívoros, de organismos que actúan como plaga para las malas hierbas, de productos naturales obtenidos de las planta con acción alelopática y de compuestos de origen microbiano. Si bien algunos de ellos se utilizan en pequeña escala en diversos países, en general, aún están en proceso de investigación y poseen un gran futuro dentro de una agricultura sostenible y compatible con el medio ambiente.

ANIMALES HERBIVOROS. El manejo de este tipo de animales superiores es conocido como un método directo de control. Estos, dado su hábito alimentario herbívoro, como ocurre con los ganados *vacuno*,

caprino, lanar, etc., a través del pastoreo en el campo se previenen la formación y subsiguiente infestación de las semillas de malas hierbas en el suelo. Este manejo puede realizarse tanto en campos de especies leñosas infestados por malas hierbas como en prados ó cubiertas vegetales entre cultivos. Este tipo de control ha interesado a los ecologistas, debido a la problemática que posee el conocer la capacidad de los herbívoros para regular y deprimir la población de plantas, y posee un gran futuro dentro de una agricultura sostenible. Es conocido también como en ciertos países la suelta selectiva en el campo de otros animales superiores tales como *ocas, gansos y patos* en cultivos intensivos ayuda al control de las malas hierbas presentes y apetecidas por éstos.

ORGANISMOS PLAGA. Las malas hierbas, además de ser agentes hospedadores, a veces alternativos, de organismos plaga para el cultivo, como cualquier especie vegetal cultivada, poseen enemigos naturales bien autóctonos ó alóctonos (importados) que pueden dañarlas, reducir las poblaciones ó llegar a eliminarlas. De aquí que el conocimiento de éstos organismos, bien sean *insectos, hongos, bacterias, nematodos, virus*, su multiplicación y aplicación allí donde crezcan malas hierbas suponen un medio de control de las mismas. Normalmente los organismos son introducidos de otros hábitats siendo capaces de sobrevivir, multiplicarse, expandirse y persistir en el nuevo lugar, de forma que no sea necesario hacer nuevas incorporaciones al sistema en varios años. Este tipo de control estuvo mucho tiempo limitado sólo a cultivos perennes y a grandes extensiones de terreno infestadas por malas hierbas y cuyos terrenos eran poco productivos en los que los métodos químicos y culturales no eran rentables. Los primeros resultados de control biológico de especies vegetales se consiguieron con el uso de *insectos*, así ya en 1795 en la India fue controlada *Opuntia vulgaris* con *Dactylopius ceylonicus*. Posteriormente, hacia 1940, se introdujeron diversas especies de insectos para controlar *Lantana camara* en Hawaii, *Clidemia hirta* en Fiji y *Opuntia* spp. en Australia, todas ellas especies perennes invasoras de pastos.

El control biológico de malas hierbas con estos organismos ha empezado en la misma época que el desarrollo de los herbicidas, pero su expansión empezó rápidamente desde la década de 1950, cuando empezó la preocupación por los efectos medioambientales de los pesti-



cidas. Este es más dificultoso para malas hierbas en cultivos que para estas en lugares no cultivados, debido no sólo a la especificidad del agente sino a las numerosas especies de malas hierbas presentes en los cultivos.

De entre los organismos usados los que han resultado más eficaces y con los que se han obtenido mejores resultados para el control han sido los *hongos patógenos*, multiplicando sus esporas e inoculándolas en cultivos infestados por malas hierbas atacan a éstas y no a los cultivos. Así se obtienen los denominados *micoherbicidas* con los que el tratamiento es muy similar al realizado con los herbicidas tradicionales si bien inicialmente se muestra menos tóxico. Las especies de hongos utilizadas para ser efectivas y comercializables contra las malas hierbas tienen que poseer una serie de características como son:

- a) Ser estables genéticamente
- b) Deben crecer y esporular en medio natural
- c) Deben ser específicas para ciertas especies de malas hierbas
- d) Deben ser inocuas para una amplia gama de cultivos
- e) Tienen que ser en principio inocuas para el medio ambiente
- f) Han de poseer elevada virulencia contra la mala hierba
- g) Deben ser eficaces en muchos ambientes, si bien para ser eficaz su aplicación debe hacerse en condiciones de elevada humedad ambiental, de aquí que sea una limitación para su uso en regiones con déficit hídrico.
- h) Deben aplicarse ó dispersarse en el medio de formas periódica y homogénea, en las condiciones ambientales más favorables y estado de la mala hierba más susceptible a ser dañada

Existen *críticas acerca del uso* de este tipo de tratamientos:

- El que su costo pueda ser elevado, no sólo en su obtención y desarrollo sino en su eficacia. Es conocido que el costo de obtención y hasta que llega al mercado puede ser hasta 15 veces menor que el de un herbicida de síntesis. En cuanto a la eficacia hay que considerar en cada situación el beneficio obtenido por el control de la mala hierba específica. Así por ejemplo, el control de “achicoria dulce” (*Chondrilla juncea*) supuso un beneficio:costo de 200:1 y el de

Echium de 10.5:1 a 48:1, valores muy superiores a los 4:1 a 5:1 alcanzados por los herbicidas de síntesis (Tisdell, 1987).

- Otra crítica se refiere a que hasta llegar a su uso se requiere largo tiempo de investigación, lo cual es verdad, pero realmente es un tiempo equiparable al que se tarda hasta poder utilizar un herbicida de síntesis.
- Pueden existir pérdidas de eficacia del micoherbicida debido a la presencia de distintos biotipos de malas hierbas, lo cual también puede ocurrir con el uso de los herbicidas clásicos en caso de especies resistentes a los mismos.
- Aunque no se han detectado hasta el momento problemas por su uso, existe la posibilidad de que la liberación de un agente biológico extraño a un medio se convierta en una plaga ó altere las relaciones entre los diversos componentes del agrosistema.

Se conocen diversos micoherbicidas que se están comercializando ya y usando de forma bastante amplia (Watson, 1992),

- DEVINE, que es una formulación líquida del hongo *Phytophthora palmivora* para controlar *Morrenia odorata* en cítricos de Florida, no necesitando repetir su tratamiento antes de diez años.
- COLLEGO, formulación en polvo mojable del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* para el control de *Aeschynomene virginica* en arrozales y soja de Arkansas, Louisiana y Mississippi.
- LUBAO, que es una forma del anterior hongo para el control de *Cuscuta* spp. en soja de China.

También de gran interés en cultivos hortícolas ha sido el producto BIOSEDGE contra “juncia” (*Cyperus esculentus*) el cual ha sido obtenido del hongo *Puccinia canaliculata* (Greaves, 1992).

Además existen numerosos programas de investigación en Norte América y Europa estudiando el control de malas hierbas concretas por especies concretas de hongos. Así como se muestra en la Tabla 3 existen ya ejemplos numerosos de hongos utilizados para el control de diversas especies de malas hierbas, algunas de ellas en cultivos determinados (Müller-Schärer y cols., 2000)



PRODUCTOS NATURALES VEGETALES. Ha sido citado anteriormente el uso de cubiertas vegetales, tanto *vivas* como *muertas* para el control de malas hierbas, en el primer caso como método cultural y en el segundo como método físico. Sin embargo, dentro de los métodos biológicos se hallan los *efectos alelopáticos* que frecuentemente presentan contra las malas hierbas diversos productos naturales que se obtienen de las plantas usadas como cubiertas mediante el lavado de sus metabolitos, segregaciones radiculares ó descomposición en el suelo, de forma que éstas emiten fitotoxinas (*aleloquímicos*) que pueden afectar a las malas hierbas. Sin embargo, la identificación de los compuestos tóxicos, específicos y activos en cada momento es muy difícil de determinar dada la continua evolución de éstos en la planta y no digamos su cambio continuo en el suelo debido a la presencia de microorganismos.

Existen numerosas evidencias, desde hace años, que, aparte del efecto físico que pueda tener la presencia en pie de una planta (cubierta viva) ó un “mulch” de la misma (cubierta muerta) sobre la germinación y crecimiento de una especie de mala hierba, al alterar las condiciones de incidencia de luz, temperatura, humedad, etc. del medio en que esta mala hierba va a crecer (Teasdale y Mohler, 1992), existen también adicionalmente efectos alelopáticos, corroborados en condiciones de laboratorio (Worsham, 1991). Así *trigo*, *cebada*, *ave-*

Mala hierba	Cultivo	Hongo
<i>Convolvulus arvensis</i>	Maiz, parques	<i>Calystegia sepium</i> <i>Stagonospora convolvuli</i>
<i>Chenopodium album</i>	Remolacha, maiz	<i>Ascochyta caulina</i>
<i>Senecio vulgaris</i>	---	<i>Puccinia lagenophorae</i>
<i>Cirsium arvense</i>	---	<i>Puccinia punctiformis</i>
<i>Amaranthus retroflexus</i>	---	<i>Alternaria alternata</i> <i>Trematophoma lignicola</i>
<i>Orobancha</i> spp.	---	<i>Fusarium</i> spp.
<i>Rubus</i> spp.	---	<i>Phragmidium violaceum</i>
<i>Ageratina riparia</i>	---	<i>Cercospora ageratinae</i>

Tabla 3.- Ejemplos de especies de malas hierbas controladas mediante uso de esporas de hongos de otros países a los de las malas hierbas.



Fig. 9.- Multiplicación de esporas de hongos para control biológico.

na, y *sorgo* ayudaron a suprimir sobre todo malas hierbas de hoja ancha. También residuos de leguminosas anuales como *trébol rojo*, *trébol subterráneo* y *veza villosa* fueron muy efectivos.

Entre los cultivos mas efectivos en la eliminación de malas hierbas se encuentra el **centeno**, existiendo numerosos estudios que atribuyen a diferentes compuestos orgánicos ó los resultantes de su degradación los efectos supresores de malas hierbas. La utilidad del centeno se achaca aparte de la fitotoxicidad de sus residuos a una alta producción de biomasa que produce un espeso “mulch”, por lo que le hace muy efectivo controlador de malas hierbas en sistemas de conservación de suelos y no laboreo (Putnam y de Frank, 1983). Ha sido encontrado en campo que el “mulch” y residuos de raíces de centeno reducen durante los primeros momentos al menos en un 90% la biomasa de las malas hierbas “cenizo” (*Chenopodium album*), “bledo” (*Amaranthus retroflexus*) y “ambrosia” (*Ambrosia artemisiifolia*) en cultivos de soja, girasol y tabaco bajo no laboreo, comparados con estos bajo laboreo y sin aplicar centeno. Los aleloquímicos responsables de ello fueron ácidos fenilácticos e hidroxibutíricos (Shilling y colbs., 1986).



Se ha demostrado el efecto supresor de malas hierbas del *girasol* en alternativas de cultivos debido a efectos alelopáticos y no sólo por los métodos culturales empleados en su cultivo. Inicialmente, se había demostrado en laboratorio, que los lixiviados de sus hojas y tallos secos inhibieron el crecimiento de plántulas de malas hierbas dicotiledóneas pero no tuvieron efecto sobre germinación y crecimiento de gramíneas. Posteriormente, en experimentos de campo, la incorporación en superficie del suelo ó mediante grada de discos de restos de girasol maduro redujo en un 86% la población de “bledo blanco” (*Amaranthus albus*) y “pata de gallina” (*Digitaria sanguinalis*). El control de éstas aumentó al pasar de 8.000 a 32.000 kg de residuos por hectárea (Frans y Semidey, 1992).

También han sido encontrados efectivas contra malas hierbas algunas especies de crucíferas. Tal es el caso de las residuos de *nabo* que incorporados al suelo antes de plantar patata redujeron la densidad de malas hierbas en un 73 a 85% y su biomasa entre un 50 y 96 % (Boydston y Hanz, 1995).

Existen pues una serie de productos naturales de las plantas ó resultantes de su metabolismo y degradación en el suelo por acción microbiana (aleloquímicos ó fititoxinas) que poseen una vida media más corta en el medio que la que tienen los herbicidas sintéticos, ya que estos últimos son predominantemente hidrocarburos halogenados. Es decir, los productos naturales se degradarían más fácilmente y serían menos tóxicos en el medio que los sintéticos. De aquí que el interés por los primeros haya aumentado enormemente hoy día debido a la concienciación medioambiental. Sin embargo existen obstáculos serios para el desarrollo y comercialización de extractos naturales crudos con fines herbicida, tanto debido a aspectos toxicológicos, control de calidad de los extractos, elevado costo y patentado de los mismos.

Estos aleloquímicos pueden ser de muchos tipos, como los *ácidos fenólicos* y *flavonoides*, los cuales son débilmente fitotóxicos, efectivos a altas dosis y no son muy selectivos. Las modificaciones de éstos pueden incrementar su eficacia y selectividad como el benzoato que es un producto fenólico. También se hallan como compuestos fenólicos herbicidas como las *cumarinas* y sus derivados sintéticos, los

terpenoides, compuestos aromáticos como el 2,4-dihidroxi-1,4- ben-zooxazina-3-1.

Ciertos *alcaloides* y *terpenoides* paralizan el crecimiento de las plantas al interferir en la mitosis, teniendo modos de acción similares a ciertos herbicidas de síntesis. Sin embargo, se ha prestado escasa atención a su potencial como herbicidas debido sobre todo a la dificultad de sintetizar moléculas tan complejas y al bajo rendimiento de sustancias activas a obtener. Un alcaloide tal como la cafeína, en algunos casos, actuar tan selectivo como algunos herbicidas a altas dosis. Estas fitotoxinas son generalmente menos activas que los herbicidas comerciales de síntesis. Muchas de ellas podrían aplicarse a niveles de 10 kg/ha. Para alcanzar un significativo control de malas hierbas, sin embargo la mayor parte de los herbicidas comercializados alcanzarían similar efecto a dosis tres veces inferiores (Duke,1992).

Existen tres factores a considerar para el uso agrícola de la alelopatía para la supresión de malas hierbas sin afectar a los cultivos (Liebman y Davis, 2000)

- Debido a que la toxicidad de los residuos declina sustancialmente después de varias semanas de descomposición en el suelo, se puede reducir la población de malas hierbas inicialmente antes de la siembra del cultivo y se retrasa al máximo posible la siembra del mismo para que haya dado tiempo a que se haya descompuesto el residuo.
- Será necesario utilizar una maquinaria tal que separe los residuos en bandas donde los cultivos vayan a ser sembrados.
- Dado que las plantas tanto cultivadas como malas hierbas procedentes de pequeñas semillas parecen mostrarse más susceptibles a los aleloquímicos que las procedentes de semillas grandes, conviene transplantar en vez de sembrar los cultivos que posean semillas pequeñas.

COMPUESTOS MICROBIANOS. Estos han sido explotados exitosamente como herbicidas naturales. Como fuente de fitotoxinas para las plantas pueden utilizarse *microbios no patógenos*, tales como



los presentes en la microflora del suelo (p.e. actinomicetos) o microbios patógenos (descritos anteriormente como micoherbicidas). En el primer caso, muchos se han utilizada en la industria de pesticidas, son fácilmente cultivados y producen muchos productos bioactivos. Sólo se han explotado exitosamente de los no patógenos BIALOPHOS y GLUFOSINATO que son potentes inhibidores de la enzima glutamina sintetasa. Existe una larga proporción de metabolitos de organismos no patógenos que se han patentado como herbicidas, siendo muchas patentes de origen japonés. Como ejemplos tenemos la *toyocamicina*, *herbimicinas* y *herbicidinas* (Duke, 1992).

BIBLIOGRAFÍA

ASCARD, J. (1995). Thermal weed control by flaming: biological and technical aspects. PhD Thesis, Swedish Univ. Agric. Science, Alnarp, Sweden.

BLANCO, J.M., CHAMORRO, L., MASALLES, R.M., RECASENS, J. y SANS, F.X. (2003). Papel de las cosechadoras en la diseminación de *Lolium rigidum* en los campos cerealistas. Actas Cong. Soc. Esp. Malherbología. Barcelona. 68- 73.

BOYDSTON, R. y HANZ, A. (1995). Rapeseed (*Brassica napus*) green manure crop suppresses weeds in potato (*Solanum tuberosum*). Weed Technology. 9. 669- 675.

DEROBERT, X., PELLETIER, J., y CADIOU, Y. (1993). Desherbage micro-onde de sols maraîcher. 98- 101. En: Méthodes alternatives de lutte contre les adventices. Coll. Groupe EWRS Cultures Legum. Irriguées. Logroño.

DURANTI, A. y CUOCOLO, L. (1989). Chemical weed control and mulching in onion (*Allium cepa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). Adv. Hort. Science, 3. 7-12.

DUKE, S.O. (1992). Natural products as herbicides. Proc. I Intern. Weed Control Congress, Melbourne, 1, 302-305.

EDWARDS, C.A., SHUSTER, W.D., HUELSMAN, M.F. y YARDIM, E.N. (1995). An economic comparison of chemical and lower-chemical input techniques for weed control in vegetables. Proc. Brighton Crop Prot. Conference. Weeds., Brighton, 919-924.

FERGEDALE, S. (1993). Weed control by freezing with liquid nitrogen and carbon dioxide snow; a comparison between flaming and freezing. En: Non-chemical weed control 163- 166. Comm. 4 th Intern. Conference IFOAM, Dijon.

FOGELBERG, F. (2000). Electroporation: a new physical weed control technique. Proc. III Intern. Weed Sci. Congress IWSC, Foz do Iguassú, 207.

FRANS, R.E. y SEMIDEY, N. (1992). The role of allelopathic sunflower in cotton production, Proc. I Intern. Weed Control Congress. Melbourne, 2, 172- 174.

GREAVES, M.P. (1992). Mycoherbicides: the biological control of weeds with fungal pathogens. Pflanz. Nach. Bayer 45, 21- 27.

HOROWITZ, M. (1993) Soil cover for weed management. 149-154. En: Non-chemical weed control. Comm. 4 th Intern. Conference IFOAM, Dijon.

HOROWITZ, M., REGEV, Y. y HERZLINGER, G. (1983). Solarization for weed control. Weed Science. 31, 170- 179.

Le BARON, H.M. (1990). Weed science in the 1990s: will it be forward or reverse?. Weed Technology. 4, 671- 689.

LEIVA, I. y DURAN, J.M. (2002). Nuevas aplicaciones del GLP: control de flora arvense. Semana de la Agricultura. Repsol YPF y UPM.

LIEBMAN, M y DAVIS, A.S. (2000). Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. Weed Research. 40, 27- 47.

MANCHESTER TANK AND EQUIPMENT Co. (1965). LP gas flaming for better agriculture. 2880 Norton Ave. Lynwood, California.



MONTERRAT, A. (2003). Flora arvense en cultivos hortícolas. En: *Biofumigación en agricultura extensiva de regadío*. Edit. Fundación Rural Caja Alicante y Mundi- Prensa. 275- 310.

MÜLLER-SCHARER, H., SCHEEPENS, P.C. y GREAVES, M. (2000). Biological control of weeds in European crops: recent achievements and future work. *Weed Research*, 40, 83- 98.

MUNN, D.A. (1992). Comparisons of shredded newspaper and wheat straw as crop mulches. *Horttechnology* 2, 361- 366.

PUTNAM, A.K., de FRANK, J., (1983). Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. *Crop Protection*, 2, 173- 181.

RASMUSSEN, I.A.; ASKEGAARD, M. y OLESEN, J.E. (2005). En: *Proceedings 13 th EWRS Symposium*. Bari, Italy, Development of weeds in organic crop rotation experiments.

SHILLING, D.G., LIEBL, R.A. y WORSHAM, A.D. (1985). Rye (*Secale cereale* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) mulch: The suppression of certain broadleaved weeds and the isolation and identification of phytotoxins, 243- 271. En: *The chemistry of allelopathy: biochemical interactions among plants*. Edit. A. C. Thompson. Amer. Chem. Society. Washington D.C.

TEASDALE, J.R., MÖHLER, C.L. (1992). Weed suppression by residue from hairy vetch and rye cover crops.. *Proc. I Intern. Weed Control Congress, Melbourne*, 2, 516- 518.

THICOIPE, G.P. (1993). Desherbage solaire en cultures légumières, 102- 109. En: *Méthodes alternatives de lutte contre les adventices*. Coll. Groupe EWRS Cultures Legum. Irriguées, Logroño.

TISDELL, C. (1987). Economic evaluation of biological weed control. *Plant Prot. Quarterly*, 2, 10- 12.

WATSON, A.K. (1992). Biological and other alternative control measures. *Proc. I Intern. Weed Control Congress, Melbourne*, 1, 64-73.

WEIBLE, F.P. y NIGGLI, U. (1990). Weed control with organic mulches in apple orchards: effect on weed growth, dynamics of nitrogen in soil solution and on microbial respiration in soil. 147- 163. En: *Non- chemical weed control*. Comm. 3 th Conference IFOAM, Linz.

WHITE, G.; BOND, B. y PINEL, M. (2000). Setaming ahead. *Grower Nexus Horticulture*, Swanley, 134, 19- 20.

WILLIAMS, M. (1999). Direct heat treatment kills soil-borne disease. *Farmers weekly*, Buss. Inform. Ldd., Sutton 131, 70.

WORSHAM, A.D. (1991). Role of cover crops in weed management and water quality. 141- 147. En: *Cover crops for clean water*. Edit.: W. L. Hargrove. Publish. Soil and Water Conservation Society, Jackson.

ZARAGOZA, C. (2003) Comunicación personal.



CENTRO DE PUBLICACIONES

Paseo de la Infanta Isabel, 1 - 28014 Madrid