

# *Instrucciones para fabricar y usar QUEMADORES de propano para el CONTROL DE ESPECIES ARVENSES*

Autores: M<sup>a</sup> Dolores Raigón Jiménez; Manuel Figueroa Zapata

## **1. Métodos de control térmico de plantas**

El control térmico de plantas arvenses con quemadores o *flaming* es uno de los métodos térmicos más empleados y puede ser una potencial herramienta alternativa para la gestión integrada de hierbas en agricultura ecológica (Knezevic y Ulloa, 2007; Sivesind *et al.*, 2009, Ulloa *et al.*, 2010a y Ulloa *et al.*, 2010b), o en otras situaciones en las que el uso del herbicida no sea deseable, por ejemplo en superficies duras de suelo urbano como las aceras, o vías de ferrocarriles o en el control de espontáneas en parques y jardines (Andreasen *et al.*, 1999).

El fundamento del control térmico sobre las plantas arvenses consiste en que la temperatura aplicada, superior a los 70 °C, afecta a los tejidos vegetales haciendo que las plantas se escalden o marchiten, y mueran al cabo de 2-3 días, en lugar de quemar el tejido (Leroux *et al.*, 2001). Básicamente es una transferencia de calor a los tejidos de las plantas y como resultado se produce una ebullición de las moléculas de agua dentro de la célula vegetal tanto de las hojas, como de los tallos o de las partes más sensibles de la planta (Laguë *et al.*, 2001).

El uso de la escarda térmica destaca porque no perturba el perfil del suelo, a diferencia de otros métodos físicos de control de arvenses, puede estimular nuevos rebrotes de germinación de las semillas del suelo (Ascard *et al.*, 2007), en consecuencia no provoca la erosión del suelo (Wszelaki *et al.*, 2007), y tampoco genera daños en el sistema radicular del cultivo, y puede resultar más barato que el deshierbe manual (Nemming, 1994). Además su aplicación se puede realizar, independientemente del tipo de suelo e incluso cuando el suelo está lo suficientemente húmedo, para no poder realizar otro tipo de escarda mecánica (Bond y Grundy, 2001). Por último, la escarda térmica puede proporcionar beneficios adicionales, tales como la presencia de insectos que incrementen la biodiversidad del sistema (Laguë *et al.*, 1997).

Es importante destacar que el control sobre las arvenses ocurre únicamente sobre las partes de la planta tratadas, así que si su punto de crecimiento no es afectado por el tratamiento térmico o si las plantas tienen órganos de reserva bajo el suelo, rebrotarán de nuevo, manteniendo en el global, la biodiversidad sobre la explotación.

## **2. Aspectos técnicos del uso de quemadores**

El uso de quemadores en el control térmico de las plantas arvenses puede ser adoptado como una de las alternativas al control químico de las especies silvestres, ya que elimina la preocupación por los efectos residuales directamente en suelo, agua y calidad de los alimentos y puede reducir la dependencia de los herbicidas, el empleo de desyerbe manual y/o mecánico (Datta y Knezevic, 2013). Consiste en la aplicación directa y superficial de una llama sobre la planta.

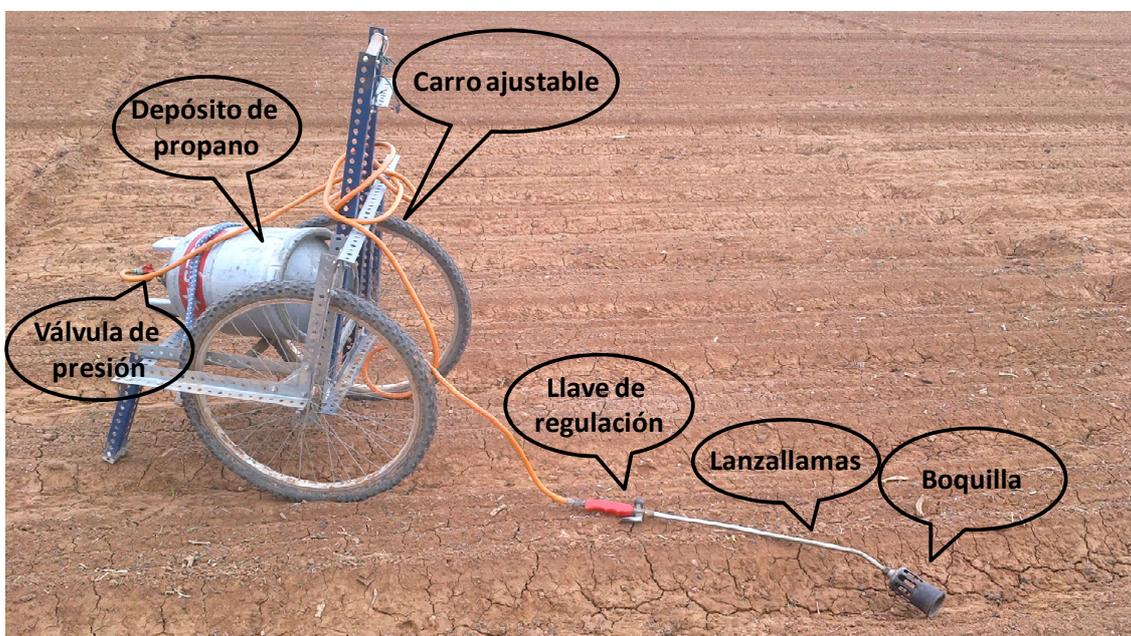
Los equipos desarrollados como quemadores para el control térmico son del tipo lanzallamas, que pueden ir montados sobre equipos de tracción mecánica o manual y

equipos de mano accesibles a la escarda en todo tipo de superficies, sin problema de los obstáculos (Quarles, 2004). El *flaming* se emplea en una amplia gama de especies de malas hierbas anuales, algunas de las cuales son tolerantes o resistentes a herbicidas (Ascard, 1995).

Las cuestiones técnicas a controlar en el uso de quemadores se centran en determinar la dosis apropiada de carburante, para el control eficaz de la técnica, minimizando la dosis de carburante que se puede aplicar en el control de las principales especies de plantas espontáneas en cultivos agrícolas, que permita el ahorro de energía y la reducción de los costes de producción. Dependiendo del nivel deseado de control de malas hierbas o el nivel de daño al cultivo tolerable, reduciendo la capacidad competitiva frente a la cosecha, es decir, las relaciones dosis-respuesta. Otras cuestiones técnicas se centran en el diseño de quemadores o lanzallamas adaptados a los cultivos, y en optimización del momento de aplicación del calor. Paralelamente otras cuestiones vinculantes son el efecto sobre la biodiversidad del medio, etc.

### 3. Descripción de los equipos y manejo de *flaming*

El control de plantas arvenses con quemadores puede realizarse con equipos lanzallamas desplazados manualmente o con un tractor, haciendo incidir la llama ligeramente en la parte aérea o superficial de las plantas arvenses para destruirlas (figura 3). Los quemadores utilizados queman el vegetal mediante una llama directa que puede alcanzar los 140 °C, obtenidos por la combustión del combustible.



**Figura 3. Equipo lanzallamas acoplado a un carro para su desplazamiento.**

El combustible más utilizado es el propano ya que posee mayor potencia calorífica que el butano. La energía que proporciona el propano en la combustión es de 50.2 megajulios/kg de propano. Los consumos de propano suelen estar entre 4 y 5 kg/ha, aunque depende del número de aplicaciones, y por tanto del tipo de arvenses a

tratar, del cultivo principal y del grado de infestación de las hierbas espontáneas, por lo que algunos autores indican que los consumos pueden incrementarse a los 20-50 kg/ha (Peruzzi *et al.*, 2007).

Los ángulos de aplicación de la llama del quemador con relación al suelo se sitúan entre los 20 y 45°. Según la bibliografía consultada, Sans (2011) indica que debe ser de 20-40°, Diver (2002) propone que el ángulo de la llama debe encontrarse entre 30° a 40°, mientras que para Storeheier (1994) el ángulo de los quemadores con respecto al suelo debe ser de 22.5 a 45°.

Diver (2002) recomienda que la altura del llameado debe ser de 20.32 a 30.48 cm, por encima de la base de las plantas (figura 4), coincidiendo con lo que indica Cánovas Fernández *et al.* (1993), que citan que la aplicación de la llama se debe realizar de 20 a 30 cm sobre la línea de siembra y a una velocidad de 2-3 km/h, mientras otros autores indican que la velocidad de aplicación debe ser de 3-4 km/h, destacando que a menor velocidad del tratamiento, se incrementa la intensidad del mismo (Cirujeda y Zaragoza, 2006).

Respecto a la longitud de la llama, Diver (2002) propone que debe ser de 30.5 a 38 cm, aproximadamente y recomienda ajustar la llama en condiciones de oscuridad, cuando la llama puede verse más claramente.



**Figura 4. Distribución de la altura de la llama con respecto a la superficie del suelo.**



**Figura 5. Equipo de lanzallamas con diseño de mochila.**

**El equipo básico de un quemador** consta de un carro formado por 2 ruedas y un chasis, que se arrastra manualmente a un bastidor de soporte, para el transporte del depósito o bombona de propano, de unos 20 kg de peso, cuando está llena. Según los cultivos, los modelos deben ser adaptados tanto para facilitar la operación al aplicador como para no dañar al cultivo principal.



**Figura 6. Diseños de carritos con quemadores con diferentes diámetros de rueda y distancia de ejes.**

### Los aspectos técnicos del equipo son:

- El convertidor de energía es en forma de lanza, llamado **lanzallamas o soplete**, de unos 25 cm de longitud, acompañado de un **regulador de paso del gas**, para limitar el paso del mismo, **una boquilla**, **un mango con palanca**, **un tubo del quemador**, **una goma de enlace** (normalizado para gas) entre el quemador y la bombona de propano, de 5 m de longitud, una **alcachofa difusora** conectada a la bombona y una **válvula anti-retorno por seguridad**. El quemador se enciende manualmente por acción de una llama.
- Los ángulos de aplicación de la llama dependen del tamaño y de la cantidad de flora arvense a quemar. En general se sitúan entre los 20- 45°.
- La altura de la llama es de unos 10-15 cm.
- La velocidad de avance en el quemado, depende del tamaño y de la cantidad de flora arvense a quemar. En general, la velocidad cuando se realiza con aplicaciones manuales se sitúa entre los 3-4 km/h y cuando los equipos son de tracción de motor, la velocidad aumenta hasta los 6 km/h, aproximadamente. En este sentido, la dosis de energía aplicada en el control de arvenses por el uso de quemadores se rige principalmente por la velocidad de avance (Hansson y Ascard, 2002). La velocidad de avance debe ser, por lo general, lo suficientemente baja para lograr la eficiencia en el control y reducir el nuevo crecimiento de las plantas espontáneas, pero que no incrementen los tiempos de tratamiento y en consecuencia los costes globales.
- Los tiempos de contacto entre la llama y la parte vegetativa de las arvenses, depende del tamaño y de la cantidad de flora arvense a quemar. En general se estima una pauta de aplicación con un contacto aproximado de 1 segundo en la superficie de contacto.

### Los aspectos de seguridad del equipo y de su aplicación son:

- Es necesaria la formación al personal de aplicación, por diversas cuestiones entre las que destaca; la propia seguridad del cultivo principal, mediante el conocimiento de las plantas a quemar y desde el punto de vista técnico por el propio conocimiento del equipo.
- Es necesario, para evitar quemados en zonas inferiores, por el efecto de deriva de la llama durante la aplicación, el disponer de calzado aislante.
- Para las aplicaciones durante el verano, en tiempo seco y sobre todo en días con viento es importante tener la precaución de quemar en el cultivo propiamente dicho, alejado de las zonas cercanas a márgenes y a las zonas con residuos, con el fin de evitar los incendios indeseados.
- Hay que evitar realizar las aplicaciones en la proximidad de vehículos.
- No es necesario disponer de equipos especiales de protección individual para realizar las aplicaciones, salvo la utilización de calzado adecuado para labores agrícolas y que sea aislante.
- No es necesario medidas especiales para el transporte de la bombona de combustible de propano, ya que al estar en forma gaseosa es más seguro que si fuera líquido.
- No se debe fumar durante la aplicación del quemador.

- Hay que vigilar la llama (orientación y altura) para que sea estable y controlable, en todo momento.
- Hay que evitar la aplicación del quemador los días de viento.
- Para el encendido del quemador hay que tener especial precaución, ya que se realiza de forma manual, dejando para ello que discurra la menor cantidad de caudal de gas, en el momento de acercarse una fuente de llama directa para el encendido, utilizando la llave reguladora.
- El quemador debe ajustarse adecuadamente con el fin de evitar la desviación o deriva de la llama.
- Antes de comenzar a trabajar con el quemador es fundamental realizar una revisión de reconocimiento, para garantizar el buen estado del equipo (sin escapes de gas, sin roturas de gomas, etc.).
- Al finalizar la aplicación es obligatorio purgar el circuito. Previamente se habrá cerrado la llave que conecta la goma con la bombona, dejando el quemador encendido hasta apagarse la llama, y posteriormente cerrando la llave de paso del gas al lanzallamas.

Los aspectos de ergonomía de los equipos de arrastre manual son:

- En la tarea de arrastre, la fuerza es dirigida desde el cuerpo. Estas tareas son menos fatigantes y más seguras que el levantamiento y descenso de carga o el soportar cargas en hombros y espalda.
- La fuerza inicial para poner el quemador en movimiento, debido al diseño y a que el peso a arrastrar no es elevado, hace que la fatiga y el riesgo de lesiones por sobreesfuerzos, localizadas en hombros, brazos y región lumbar sean menores que con el quemador tipo mochila. En cuanto a la fuerza para mantener la carga en movimiento (desplazar el quemador), es muy baja y los riesgos de fatiga y de lesiones por sobreesfuerzos, localizadas en hombros, brazos y región lumbar son también menores que con el quemador tipo mochila.
- Por el tipo de aplicación, terreno, sujeción de la bombona, los movimientos bruscos que impliquen aceleraciones para poner en movimiento, detener o maniobrar la carga, son mínimos.
- El arrastre se realiza con una mano, y la otra se emplea en sujetar el lanzallamas. Esta práctica podría generar malas posturas, como por ejemplo la rotación del tronco. No obstante el cambiar de mano, una vez se ha llegado al final de un recorrido dado y dar la vuelta para dar otro pase, minimiza este riesgo. La posición de las manos a la hora de empujar suele estar a nivel de la cintura, por lo que la capacidad de empujar no se reduce y los riesgos por sobreesfuerzo son menores (figura 7).
- Hay que evitar los tiempos prolongados de aplicación, por la probabilidad de aumento de fatiga (más de 4 horas consecutivas) y realizar algunos descansos y cambios de ritmo. El traslado de la instrumentación a pie de parcela se realiza mediante vehículo. Dado que la aplicación con el quemador no suele ser diaria, la aparición de fatiga muscular por un trabajo repetitivo y cotidiano no es importante.
- **Las ruedas son fundamentales para facilitar el arrastre del carro quemador.** En función del peso a arrastrar y superficie a quemar, optando por ruedas de mayor tamaño o tamaño más pequeño, siendo siempre neumáticas y utilizándose siempre que es posible la modelo de ruedas más grande, que facilita el arrastre.



**Figura 7. Avance de los carritos con quemadores.**

En cuanto a los **quemadores** propiamente dichos, principalmente se pueden agrupar en dos tipos; el quemador de líquido o autovaporizador, que es el más extendido y el quemador el tipo de vapor (Ascard *et al.*, 2007). En el primer tipo, el combustible está en el depósito en fase líquida, y desde el depósito se mueve hasta el lanzallamas y se vaporiza a gas cuando alcanza la llama y se produce la combustión. En el segundo grupo, el combustible ya está en fase gaseosa en el interior del tanque y requiere, por lo general un sistema de intercambio de calor, para evitar la congelación, debido a la necesidad de alta energía para el paso de líquido a gas del combustible (Raffaelli *et al.*, 2010). La **forma del soplete del quemador y la llama** puede ser plana o tubular. Y los lanzallamas pueden ser abiertos o cubiertos por una capucha específica, que permite una quema mucho más localizada (figura 9).

Algunos autores indican la importancia del diseño del lanzallamas, apostando por los sistemas de protección de la llama, con los dispositivos tipo escudo, para mantener los gases de combustión cerca del suelo durante el periodo de tiempo adecuado a cada caso (Storeheier, 1994), manteniendo el ángulo de quemador entre los  $22.5^\circ$  y los  $45^\circ$ , con respecto a la línea horizontal del suelo (Bond y Grundy, 2001).



**Figura 9. Detalle del lanzallamas con con salida tubular de boca ancha.**

### **3.3. Momentos y tiempos óptimos de aplicación del *flaming***

La eficacia de los quemadores de propano para el control de especies arvenses va a depender de las especies presentes en el sistema y la etapa de crecimiento en la que se encuentren (Knezevic y Ulloa, 2007; Domingues *et al.*, 2008, Teixeira *et al.*, 2008, Knezevic *et al.*, 2009a; Knezevic *et al.*, 2009b; Knezevic *et al.*, 2009c).

Las hierbas espontáneas con unas características particulares como pueden ser la baja capacidad de rebrote de la raíz, que además presenten una corteza delgada, alto contenido de humedad de la corteza y la baja densidad de la corteza parecen las mejores candidatas para poder ser controladas a través de los quemadores.

Los estadios más sensibles a la aplicación de los tratamientos térmicos frente a las arvenses, se corresponden con las primeras fases de desarrollo, cuando las plantas arvenses disponen de un alto contenido en agua. La determinación del momento de la aplicación requiere encontrar el equilibrio entre el mayor número de malas hierbas emergidas y el menor número de emergencias del cultivo principal, con objeto de no dañar a la planta cultivada (Sans, 2011).

También, en los primeros estadios de desarrollo, las plantas cultivadas son muy sensibles a la competencia de las adventicias y cualquier retraso o disminución del crecimiento en esta época se traducirá en un menor rendimiento. Este periodo es variable para cada cultivo y va a depender de su velocidad de crecimiento. En este sentido, en los cultivos hortícolas es interesante controlar las arvenses durante el período crítico de competencia, es decir, en el intervalo de tiempo durante el cual las plantas espontáneas deben ser suprimidas para que no haya una caída de rendimiento (Diver, 2002).

Según describe Cánovas Fernández *et al.* (1993) la mayor efectividad se obtiene cuando las plantas adventicias tienen tan solo las tres primeras hojas.

La aplicación de los tratamientos térmicos se puede realizar en pre-emergencia o post-emergencia, en función del cultivo principal. Así en zanahorias y remolachas, la aplicación se debe realizar únicamente en pre-emergencia, ya que las semillas

germinadas de estos cultivos son sensibles al calor. Mientras que en cultivos de maíz o cebolla, la aplicación se puede realizar en post-emergencia.

➤ **Tratamientos de pre-emergencia:** Consisten en sembrar el cultivo principal y pasar la llama de propano justo antes de que emerjan las primeras hojas del cultivo. Diver (2002) indica que este momento es especialmente adecuado para cultivos de germinación lenta y siembra directa de cultivos como cebollas, zanahorias o chirivía. Rifai *et al.* (1996) apuntan que en pre-emergencia el tratamiento térmico implica relativamente pocos problemas, aunque el tiempo del tratamiento es muy crítico.

Para la toma de decisiones sobre el **momento de aplicación del quemador** en la fase pre-emergente, es concluyente **saber el momento del nascencia del cultivo principal**, para evitar que el calor de la llama pueda dañar al cultivo, para ello una técnica eficiente consiste en **supervisar la germinación del cultivo principal**, mediante la **técnica del indicador de la germinación**. Esta técnica consiste en sobreponer un **vidrio transparente, en una zona de la siembra, con una alta densidad de semillas y señalarlo debidamente** (figura 10). El vidrio se cubre con la tierra de cultivo y a partir del quinto día, y de manera periódica, se controla el estado de la germinación, que en función de la temperatura, humedad, variedad, etc., puede variar entre los 8 y 12 días. Cuando la semilla comienza la germinación (figura 11), es el momento ideal para realizar la primera escarda térmica, ya que el estado fenológico del cultivo principal, es tan incipiente, que el calor no afecta a la nascencia de la futura plántula, controlando la escarda térmica, las plantas arvenses con un tamaño entre 0.5-1.0 cm. En este momento, la vigorosidad potencial que pueden alcanzar las plantas arvenses, es tan fuerte, que si no se controlan, el cultivo principal no llegaría a desarrollarse de forma competitiva.



**Figura 10. Disposición y señal de posicionamiento del vidrio indicador.**



**Figura 11. Control de la germinación, mediante la técnica del indicador, en siembra directa de cebolla (pre-emergencia).**

Gill *et al.* (1995) concluyeron en sus estudios que el uso de la llama en la pre-emergencia de los cultivos es un método eficaz para controlar las plantas arvenses, especialmente en estadíos jóvenes y especies de adventicias de hoja ancha y que, dependiendo del cultivo, la escarda térmica puede afectar la tasa de germinación, cuando se aplica justo antes de la emergencia de las plántulas.

➤ **Tratamiento de post-emergencia:** Adecuado para hortalizas que tienen las hojas espesas y rectas (cebollas, puerro, etc.) y que soportan mejor la llama que las plantas adventicias. Diver (2002) indica que este momento de aplicación también se conoce como escarda térmica selectiva y que consiste en dirigir las llamas en la hilera de cultivos que pueden soportar el calor, sobre todo después de que tengan suficiente crecimiento vegetativo.

Domínguez *et al.* (2002) indican que en post-emergencia, se puede utilizar en cebollas a partir de la tercera o cuarta hoja. Guzmán y Alonso (2001) también indican que en la cebolla, desde la primera hoja hasta el estado de tercera o cuarta hoja, no es posible tratar, pero a partir de ahí, no se produce merma en el rendimiento debido a esta práctica. En Holanda esta técnica se realiza antes de la recolección de la patata, quemando también la parte aérea del cultivo (Cánovas Fernández *et al.*, 1993). Cirujeda y Zaragoza (2006) también citan que la metodología consiste en pasar la llama por encima del cultivo de las patatas, para acelerar el secado de sus hojas y facilitar la recolección de los tubérculos.

Sans (2011) expone que en los cultivos resistentes a las altas temperaturas como las cebollas es posible la siega térmica tras la emergencia del cultivo y que, por ejemplo, puede llevarse a cabo un desyerbado en pre-emergencia y otro, una vez el cultivo ha emergido y empieza a desarrollarse el bulbo. Una vez el cultivo está formado no debe utilizarse este sistema ya que dañaría a la planta y no podría recuperarse antes de la recolección. En los ensayos realizados en condiciones mediterráneas (Climent Subiela, 2012), se concluye que se pueden realizar escardas en la cebolla trasplantada, siendo los puntos clave para realizar la escarda térmica en los primeros momentos después del trasplante, cuando las plantas arvenses alcanzan entre 1-1.5 cm de altura (dos cotiledones o dos primeras hojas, dependiendo de la especie) (figura 12). A partir de aquí, se deben alternar las escardas con bici-azada y la escarda manual, con la escarda

térmica, primando el principio de que los suelos queden lo suficientemente libres de plantas arvenses para que no compitan con el cultivo principal.



**Figura 12. Estado fenológico de las plantas arvenses idóneo para el pase con quemador.**

La literatura consultada coincide en que la mayor efectividad y, por tanto punto clave, es realizar la escarda cuando las adventicias tienen 2-3 hojas (Cánovas Fernández *et al.*, 2003), siendo más difícil su control a medida que aumenta de tamaño (Ulloa *et al.*, 2010c).

### **3.4. Características fisiológicas de la planta en relación a la aplicación del *flaming***

La eficacia de los tratamientos térmicos, va a depender en gran medida del binomio entre planta arvense y cultivo principal, y en concreto de las características fisiológicas de ambos tipos de planta ante la tolerancia y resistencia a la temperatura de la llama. En la gran mayoría de los trabajos encontrados sobre el efecto de la llama en el control de las diferentes especies vegetales, se concluye que los resultados son más significativos en las plantas de hoja ancha.

Así, para Ascard (1995) los efectos positivos son más aparentes en plantas arvenses anuales, plantas jóvenes y más aún en especies de hoja ancha que en plantas de hoja estrecha.

En la misma línea, Sivesind *et al.* (2012) realizaron experimentos de campo para evaluar los efectos de varios tratamientos selectivos de deshierbe con llama de propano en cebolla y concluyeron que, en general, el control de plantas adventicias de hoja ancha era mejor que en el resto de plantas silvestres, sobre todo de las especies de gramíneas. Además, concluyeron que la densidad de las plantas arvenses de hoja ancha y la capacidad de brotar se redujo, como el incremento del número de tratamientos de llama y por tanto con la dosis propano empleado.

Según Guzmán y Alonso (2001) las monocotiledóneas son menos sensibles al desyerbado térmico, por lo que es importante en estos casos intervenir en un estado joven y en ciertos casos, en varias aplicaciones.

Las observaciones de Diver (2002) indican que las plantas arvenses son más susceptibles a las llamas cuando tienen entre 2.5 o 5 cm de alto. Siendo las plantas de hoja ancha más susceptibles a la llama de propano que las gramíneas que desarrollan una vaina protectora en el momento en que tienen aproximadamente 1 pulgada de alto.

Cisneros y Zandstra (2008) en sus estudios, concluyeron que el control con llama de propano fue más eficaz contra las malas hierbas de hoja ancha que frente a las anuales.

La tabla 1 muestra la eficacia del método térmico por aplicación de llama de propano, para diversas especies, con relación al estadio de desarrollo, es decir, el estadio en el que el quemador es más efectivo.

**Tabla 1. Tolerancia de diversas especies a los quemadores**

<b>Estadio</b>	<b>Especie</b>
<b>Dos cotiledones</b>	<i>Polygonum aviculare</i> , <i>Brassica campestris</i> , <i>B. napus</i>
<b>Dos hojas</b>	<i>Sinapis arvensis</i> , <i>Viola arvensis</i> , <i>Lamium purpureum</i> <i>Matricaria recutita</i> , <i>Chrysanthemum segetum</i> , <i>Polygonum lapathifolium</i> , <i>Capsella bursa-pastoris</i> , <i>Solanum nigrum</i> , <i>Senecio vulgaris</i>
<b>Cuatro hojas</b>	<i>Matricaria inodora</i>
<b>Más de cuatro hojas</b>	<i>Chenopodium album</i> , <i>Stellaria media</i> , <i>Galium aparine</i> , <i>Urtica urens</i> , <i>Fumaria officinalis</i> , <i>Geranium sp.</i> , <i>Erodium</i> <i>cicutarium</i>

Rifai *et al.* (1999) apuntan que el tratamiento térmico selectivo en el cultivo en crecimiento requiere precisión, para no ocasionar riesgos de daño a la planta de cultivo principal. Estos autores concluyeron que la especie silvestre perenne más resistente a los efectos de la llama fue *Malva neglecta*, que no mostró síntomas de afeción, incluso a dosis tremendamente altas de propano (320 kg/ha).

La tabla 2 muestra la sensibilidad que según Manchester (1965) presentan diversas especies a la aplicación de la llama, siendo la escala más baja del nivel de sensibilidad, el de medianamente sensible y la más alta, el de resistente.

**Tabla 2. Sensibilidad de distintas especies de plantas adventicias al flameado**

<b>Especie adventicia</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nivel de sensibilidad</b>
<i>Convolvulus dactylon</i>	Pasto bermuda	Sensible
<i>Shorghum halepense</i>	Cañota	Medianamente sensible
<i>Cirsium arvense</i>	Cardo	Resistente
<i>Rumex crispus</i>	Lengua de vaca	Medianamente resistente
<i>Convolvulus arvensis</i>	Correhuela	Resistente
<i>Malva sp</i>	Malva	Medianamente resistente
<i>Sinapsis arvensis</i>	Mostaza silvestre	Sensible
<i>Erodium moschatum</i>	Alfiler de pastor	Sensible
<i>Physalis sp</i>	Tomatillo	Sensible
<i>Cuscuta sp</i>	Cuscuta	Sensible
<i>Chenopodium album</i>	Cenizo	Sensible
<i>Amaranthus sp</i>	Bledo	Sensible
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	Medianamente sensible
<i>Phalaris minor</i>	Alpistillo	Medianamente resistente

Ascard (1995) estudiando los efectos de la escarda con llama de propano, en especies de adventicias y en diferentes etapas de desarrollo, concluyó que las especies de arvenses con los puntos de crecimiento sin protección y las hojas finas, tales como

*Chenopodium album* L., *Stellaria media* L. Vill. y *Urtica urens* L. fueron susceptibles al quemado cuando estas plantas tuvieron de 0 a 4 hojas verdaderas, y que la destrucción completa se logró en dosis de propano de 20-50 kg ha<sup>-1</sup>. Las especies con puntos de crecimiento protegidos como *Bursapastoris Capsella* L. y *Chamomilla suaveolens* L. fueron tolerantes debido a la recuperación que presentaron después de quemar, aunque podían ser completamente destruidas sólo en las primeras etapas.

Wszelaki *et al.* (2007) en estudios para evaluar el control de plantas arvenses sobre cultivos de tomate y col repollo concluyeron que las plantas arvenses suculentas eran más difíciles de controlar, que las grandes especies de hoja ancha.

Knezevic y Ulloa (2007) estudiaron varios cultivos (maíz, sorgo, soja y girasol) y varias especies de arvenses (*Echinochloa crus-galli* L. Beauv (cola de caballo), *Setaria viridis* L. Beauv (panizo silvestre), *Abutilon theophrasti* M. (abutilón) y *Amaranthus retroflexus* L. (bledo)) para determinar la tolerancia a las llamas de propano, utilizando diferentes dosis del gas en el quemador. Concluyeron que las plantas arvenses de hoja ancha y los cultivos de hoja ancha fueron más susceptibles a las llamas que las especies herbáceas y las gramíneas. Los cultivos de maíz y sorgo, en las primeras etapas de crecimiento, fueron menos susceptibles, mientras que los cultivos de soja y de girasol resultaron dañados de gravedad. De todos los cultivos ensayados, el maíz fue el que mayor potencial de resistencia tuvo a la llamas de propano.

Los trabajos de Teixeira *et al.* (2008) aportan información sobre la resistencia del maíz al efecto de la llama del quemador, indicando que las aplicaciones pueden realizar sin efectos sobre el cultivo, cuando la aplicación se realiza en la etapa donde el maíz cuenta con cinco hojas. Los resultados son coincidentes con los de Diver (2002), que indica que la técnica ha dado buenos resultados en maíz, por la tolerancia de esta planta a las temperaturas de la llama. El autor cita que el maíz dulce puede ser flameado, sin riesgos hasta que la planta alcanza una altura de 10.16 cm. En los estudios de resistencia con cultivos hortícolas, también indica que las plantas de tomate pueden ser flameadas con muy poco estrés en los trasplantes, con ocho semanas de edad, que la cebolla puede ser flameada por primera vez cuando tienen sólo de 5.08 a 7.62 cm de alto, y que cultivos de col pueden ser flameados a las 2 o 3 semanas después del trasplante.

Sivesind *et al.* (2009) estudiaron la respuesta de la escarda térmica con llama de propano en diferentes plantas arvenses, y concluyeron que las dicotiledóneas tuvieron un control más eficaz que las especies monocotiledóneas y que en el estado de crecimiento más avanzado, el control sobre las arvenses era menor. Una posible causa del mayor efecto de la temperatura de la llama de los quemadores sobre las plantas dicotiledóneas, puede ser debido a que estas plantas germinan aproximadamente a unos 2 cm de profundidad, mientras que las gramíneas, pueden germinar hasta los 15 cm de profundidad.

Ulloa *et al.* (2010b) estudiando el uso del propano aplicado en llamas a distintas dosis y en diferentes estados de crecimiento del cultivo en producción orgánica de soja, concluyeron que, en general, la soja en la etapa de VC (desplegado los cotiledones) fue, respecto al resto de estados de crecimiento, más tolerante a la llama de propano, con menos lesiones y menor pérdida de rendimiento, sugiriendo que la soja tratada con aplicaciones térmicas en el control de plantas arvenses, en la fase de la VC, podría tolerar dosis más altas de propano para la misma reducción de producción, en comparación con otras etapas de crecimiento, y que por tanto, la técnica de aplicación térmica en el control de arvenses, podría tener un potencial, para ser utilizado con

eficacia en agricultura orgánica en el cultivo de soja, cuando se realiza adecuadamente en la etapa de VC.

Ulloa *et al.* (2010c) estudiaron la tolerancia de determinadas especies de plantas arvenses al uso de propano, concluyendo que, las especies de hoja ancha son más susceptibles a la llama que las especies arvenses anuales, independientemente de la etapa de crecimiento, y que la tolerancia a la llama de las especies herbáceas y de hoja ancha aumentaba con el aumento de tamaño de la planta.

Ulloa *et al.* (2011) estudiaron la respuesta del maíz a diferentes emisiones de llama de propano para el control de plantas adventicias, en diferentes etapas de crecimiento y a distintas dosis, así como los efectos sobre el crecimiento y rendimiento de cultivo principal. Concluyeron que el maíz en estado de 7 hojas (V7) fue más tolerante al efecto de la llama que en estado de 5 y 2 hojas. Las reducciones en el rendimiento máximo con la dosis más alta de propano de 85 kg ha<sup>-1</sup> fue menor en estado de 7 hojas. Estos autores sugieren que las plantas de maíz flameadas en la etapa V7 pueden tolerar una dosis mayor de propano, para la reducción del mismo rendimiento en comparación con las otras etapas de crecimiento.

Ulloa *et al.* (2012) estudiaron la respuesta de la planta según su relación con la cantidad de agua en el tejido de la hoja, evaluando el punto en el cual la planta está completamente erecta o turgente (estado RWC), a distintas aplicaciones de propano, en distintas horas del día, en cultivos de maíz y soja, en el control de dos especies de arvenses *Setaria viridis* L. Beauv (panizo silvestre), *Abutilon theophrasti* M. (abutilón). Estos autores sugieren que el estado RWC de la hoja podría ser uno de los factores que afectan a la respuesta de la planta al llameado y que la implicación práctica es que la operación de quemado debe llevarse a cabo en la tarde, donde existe menor turgencia de las hojas, para reducir la tasa de consumo de gas propano y aumentar la eficacia en el control de plantas espontáneas.

Ascard (1990) indica que la cebolla tienen cierta tolerancia a la llama de propano y el deshierbe tiene éxito tanto en pre como en post-emergencia del cultivo, y después del trasplante. Mientras que Sivesind *et al.* (2009) realizando experimentos de campo para evaluar los efectos de varios tratamientos selectivos de deshierbe con llama de propano, también en cultivo de cebolla concluyeron que los tratamientos no afectaron al tiempo para alcanzar la madurez del cultivo, el sabor picante y concentración de polifenoles, como la quercetina, y que la cebolla era capaz de tolerar un máximo de seis tratamientos de llama en cualquiera de las dosis sin pérdida de rendimiento.

Las evaluaciones del efecto de los quemadores sobre las plantas arvenses se realizan visualmente, obteniéndose los resultados inmediatos aproximadamente después de la hora de aplicación de la llama por los quemadores. Otra metodología es la propuesta por Cirujeda y Zaragoza (2006), que indican que la prueba de que se ha dañado suficientemente a la planta adventicia con el tratamiento térmico es presionar las hojas con los dedos y observar si deja marca. En el caso de dejar marca, es razón de la existencia de agua en el cultivo y por tanto, que el cultivo sigue vivo.



**Figura 14. Dispositivo de control de la germinación, mediante la técnica del indicador, en siembra directa de judía (pre-emergencia).**



**Figura 15. Resultado visual del efecto de aplicación del quemador en siembra directa de judía.**

Rask *et al.* (2012) indican que los tratamientos con fuego disminuyen la biomasa de dos especies anuales (*Poa annua* L. y *Lolium perenne* L.) y también el índice de floración de las plantas de *P. annua*. Concluyen que un intervalo entre tratamientos térmicos de siete días proporcionó la mayor reducción de regeneración de *L. perenne*. Y que en general, los intervalos cortos entre tratamientos (tres días) deben de evitarse, debido a que no mejoran la reducción de la biomasa aérea.

El momento del día en el que se realiza el pase del quemador parece que también afecta a la eficacia de la escarda. La base para dar un respuesta significativa de lo que ocurre en la planta no está bien definida, sin embargo, se cree que la variación diaria en el contenido relativo de agua hoja (RWC) pueda ser el responsable. El valor de RWC de la hoja es la relación entre la cantidad de agua en el tejido de la hoja en comparación con la cantidad de agua que presenta en tejido cuando está completamente turgente. Knezevic y Ulloa (2007) llevaron a cabo estudios para examinar la respuesta de los diversos cultivos y especies de arvenses al efecto de la llama del quemador y observaron

que las plantas son más sensibles al calor cuando el flameado se realiza por la tarde frente a la mañana temprano. Los resultados indican que todas las especies de plantas son más susceptibles a las llamas durante la tarde cuando tuvieron menor RWC en las hojas.

Los resultados de diversos estudios consultados evidencian que el empleo del quemador en el control de plantas arvenses es respetuoso con la biodiversidad del suelo y no altera la actividad de los microorganismos, permitiendo un adecuado desarrollo de sus funciones beneficiosas para el medio.

## Bibliografía

Alcántara, C.; Jiménez, A. 2006. *Manejo ecológico de hierbas. Influencia sobre la producción de tomate y pimiento*. VII Congreso SEAE Zaragoza. Actas electrónicas. N° 217.

Anaya, A.L.; Cruz, R.; Nava, R.V. 1992. *Impact of allelopathy in the traditional management of agroecosystems in Mexico*. In: *Allelopathy; basic and applied aspects*. Rizvi, S.J.H. and V. Rizvi (Eds). Chapman and Hall. London, England.: 271-301.

Andreasen, N.C.; Nopoulos, P.; O'Leary, D.S.; Miller, D.D.; Wassink, T.; Flaum, M. 1999. *Defining the phenotype of schizophrenia: cognitive dysmetria and its neural mechanisms*. *Biological psychiatry*, 46(7): 908-920.

Ascard, J. 1990. *Thermal weed control with flaming in onions*. Proceedings 3rd International Conference. IFOAM, Non-Chemical Weed Control, Linz, Austria: 175-188.

Ascard, J. 1994. *Dose-response models for flame weeding in relation to plant size and density*. *Weed Research*, 34 (5): 377-385.

Ascard, J. 1995. *Effects of flame weeding on weed species at different developmental stages*. *Weed Research*, 35: 397-411.

Ascard, J. 1998. *Comparison of flaming and infrared radiation techniques for thermal weed control*. *Weed Research*, 38: 69-76.

Ascard, J.; Hatcher, P.E.; Melander, B.; Upadhyaya, M.K. 2007. *Thermal weed control*. In: *Upadhyaya, M.K., Blackshaw, R.E. (Eds.), Non-chemical Weed Management*. Chapter 10. CAB International: 155-175.

Balsari, P.; Berruto, R.; Ferrero, A. 1994. *Flame weed control in lettuce crop*. *Acta Hort.*, 372: 213-222.

Belde, M.; Mattheis, A.; Sprenger, B.; Albrecht, H. 2000. *Long-term development of yield affecting weeds after the change from conventional to integrated and organic farming*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 7: 291-301.

Bond, W.; Grundy, A.C. 2001. *Non-chemical weed management in organic farming systems*. *Weed Research*, 41: 383-405.

Cánovas Fernández, A.F.; Hilgers, M.; Jiménez Mejías, R.; Mendizábal Villalba, M.; Sánchez Gutiérrez, F. 1993. *Tratado de agricultura ecológica*. Departamento de Ecología y Medio Ambiente. Instituto de Estudios Almerienses de la Diputación de Almería. Cuadernos monográficos, n° 23. 190 pp.

Cirujeda Ranzember, A.; Zaragoza Larios, C. 2006. *Maquinaria para controlar la flora arvense sin químicos (II)*. *La fertilidad de la tierra*, 22: 48-51.

Cisneros, J.J.; Zandstra, B.H. 2008. *Flame weeding effects on several weeds species*. Weed Technol., 22: 290-295.

Climent Subiela, J. 2012. *Elaboración de un cuaderno técnico par el uso de quemadores como alternativa para el control de adventicias*. Tesina de Master. Master de Agricultura Biológica de la Universidad de Barcelona. 72 pp.

Cook, E. 1972. *Weed burner*. United States Patent. Appl. n° 105,009. Ref. 3,698,380. Oct, 17: 6 pp.

Couch, R.; Gangstad, E.O. 1974. *Response of waterhyacinth to laser radiation*. Weed Science, 22: 450-453.

Daar, S. 1994. *New technology harnesses hot water to kill weeds*. The IPM Practitioner, 16: 1-5.

Datta, A.; Knezevic, S.Z. 2013. *Flaming as an Alternative Weed Control Method for Conventional and Organic Agronomic Crop Production Systems: A Review*. Advances in agronomy, 118: 399-428.

Dierauer, H.U.; Pfiffner, L. 1993. *Effects of flame weeding on carabid beetles*. Gesunde Pflanzen, 45: 226-229.

Diprose, M.F.; Benson, F.A. 1984. *Electrical methods of killing plants*. Journal of Agricultural Engineering Research, 29/30: 197-209.

Diver, S. 2002. *Flame weeding for vegetable crops*. NCAT Agriculture Specialist. ATTRA Publication CT165. 16 pp.

Domingues, A.C.; Ulloa, S.M.; Datta, A.; Knezevic, S.Z., 2008. *Weed response to broadcast flaming*. RURALS Web page: <http://digitalcommons.unl.edu/rurals/vol3/iss1/2>.

Domínguez-Gento, A.; Roselló Oltra, J.; Aguado, J. 2002. *Diseño y manejo de la diversidad vegetal en agricultura ecológica*. Ed. Phytoma-España y SEAE. 132 pp.

Durán, J.M.; Soblechero, E.; Moratiel, R.; Leiva, I.; Fino, C. 2007. *Nuevas aplicaciones del GLP para agricultura*. XI Congreso SECH Albacete. Actas de Horticultura, 48: 852-855.

Fabado, F.; Val, L. 1997. *Métodos alternativos para el control de malas hierbas*. Revista Horticultura, 125: 90-94.

Flame Engineering (2007). *Agricultural flaming guide*. [http://www.flameengineering.com/Agricultural Flaming Guide.html](http://www.flameengineering.com/Agricultural_Flaming_Guide.html). Flame Engineering Inc., LaCrosse, KS 67548.

Geissen-Broich, V. 1995. *The influence of flaming on the soil fauna*. Oekologie und Landbau, 1: 31-32.

Gill, J.; Laguë, C.; Lehoux, N.; Péloquin, G.; Coulombe, J.; Yelle, S. 1995. *Propane Burner Characterization for Thermal Weeding*. HortScience, 30 (4): 819.

González Ponce, R. 2006. *Métodos para el control de malas hierbas. (II) Físicos y biológicos (Medidas preventivas)*. Hoja divulgadora N°. 2120. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. I.S.B.N.: 84-491-0690-7.

Hansson, D.; Ascard, J. 2002. *Influence of developmental stage and time of assessment on hot water weed control*. Weed Research, 42: 307-316.

Hasan, S.; Ayres, P.G. 1990. *The control of weeds through fungi; principles and prospects*. New Phytologist, 115(2): 201-222.

Hatcher, P. E.; Melander, B. 2003. *Combining physical, cultural and biological methods: prospects for integrated non-chemical weed management strategies*. Weed Research, 43(5): 303-322.

Knezevic, S.; Ulloa, M.S. 2007. *Potential new tool for weed control in organically grown agronomic crops*. Journal of Agricultural Sciences, 52 (2): 95-104.

Knezevic, S.Z.; Datta, A.; Ulloa, S.M.; 2009a. *Growth stage impacts tolerance to broadcast flaming in agronomic crops*. In: Proceedings of the 8th European Weed Research Society Workshop on Physical and Cultural Weed Control. Zaragoza. Spain, 86-91.

Knezevic, S.Z.; Costa, C.M.; Ulloa, S.M.; Datta, A. 2009b. *Response of corn (Zea mays L.) types to broadcast flaming*. In: Proceedings of the 8th European Weed Research Society Workshop on Physical and Cultural Weed Control. Zaragoza. Spain, 92-97.

Knezevic, S.Z.; Datta, A.; Ulloa, S.M. 2009c. *Tolerance of selected weed species to broadcast flaming at different growth stages*. In: Proceedings of the 8th European Weed Research Society Workshop on Physical and Cultural Weed Control. Zaragoza. Spain, 98-103.

Kruidhof, H.M.; Bastiaans, L.; Kropff, M.J. 2008. *Ecological weed management by cover cropping: effects on weed growth in autumn and weed establishment in spring*. Weed Research, 48(6): 492-502.

Lagüe, C.; Gill, J.; Péloquin, G. 2001. *Thermal control in plant protection. Physical control methods in plant protection*. Springer-Verlag, Berlin, Germany: 35-46.

Leroux, G.D., Douh ret, J.; Lanouette, M. 2001. *Flame weeding in corn*. Physical Control Methods in Plant Protection: 47-60.

Manchester, T. 1965. *LP gas flaming for better agriculture*. 2880 Norton Ave. Lymwood. California.

Markin, G.P.; Nagata, R.F. 1990. *Field test of host suitability of selected legumes to Agonopterix ulicetella (Stainton), a potential biological control agent of gorse (Ulex europaeus L.)*. Hawaii. US. USDA. 24 pp.

Mattsson, B.; Nylander, C.; Ascard, J. 1990. *Comparison of seven inter-row weeders*. Proceedings 3rd International Conference IFOAM, Non-chemical Weed Control, Linz, Austria, 91: 107.

Meco, R.; Aibar, J.; Alarc n, R.; Ciria, P.; Cristóbal, M.V.; De Benito, A.; García Martín, A.; García Muriedas, G.; Labrador, J.; Lacasta, C.; Lafarga, A.; Leza n, J.A.; Negro, M.J.; Pardo, G.; Torner, C.; Villa, F.; Zaragoza, C. 2001. *Control de la flora arvense en Agricultura Ecológica*. Hojas Divulgadoras Hd. N  2113. Ministerio De Agricultura, Pesca Y Alimentación. 24 pp.

Melander, B.; Rasmussen, I.A.; B rberi, P. 2005. *Integrating physical and cultural methods of weed control-examples from European research*. Weed Science, 53(3): 369-381.

Migliorini, P.; Vazzana, C. 2010. *Biodiversity indicators for sustainability evaluation of conventional and organic agro-ecosystems*. Italian Journal of Agronomy, 2(2): 105-110.

Mojzsis, M.; Rifai, M. 1995. *Flame and mechanical cultivation [of weeds]*. Acta Technologica Agriculturae, 36: 225-231.

Neary, D.G.; Klopatek, C.C.; DeBano, L.F.; Ffolliott, P.F. 1999. *Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis*. Forest Ecology and Management, 122: 51-71.

Nemming, A. 1994. *Costs of flame cultivation*. Acta Hort. 372, 205–212.

Norris, R.F. 1982. *Interactions between weeds and other pests in the agroecosystem*. In J.L. Hatfield and I.J. Thomason (Eds.). *Biometeorology in Integrated Pest Management*. Academic Press. New York: 343-496.

Pelletier Y.; McLeod, C.D.; Bernard, G. 1995. *Description of sub-lethal injuries caused to the Colorado potato beetle by propane flamer treatment*. Journal of Economic Entomology, 88: 1203-1205.

Peruzzi, A.; Ginanni, M.; Fontanelli, M.; Raffaelli, M.; Bàrberi, P. 2007. *Innovative strategies for on-farm weed management in organic carrot*. Renewable Agriculture and Food Systems, 22, 246-259.

Petrović, B. 2011. *Effect of weed flaming on the number of systemic groups of microorganisms in soil*. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad: 169-175.

Putnam, A.R.; DeFrank, J.; Barnes, J.P. 1983. *Exploitation of allelopathy for weed control in annual and perennial cropping systems*. Journal of Chemical Ecology, 9(8): 1001-1010.

Quarles, W. 2004. *Thermal weed management: hot alternatives for urban areas and organic farms*. IPM Practitioner, 26: 1-9.

Rahkonen, J.; Pietikäinen, J.; Jokela, H. 1999. *The effects of flame weeding on soil microbial biomass*. Biological Agriculture and Horticulture, 16: 363-368.

Raffaelli, M.; Fontanelli, M.; Frascioni, C.; Ginanni, M.; Peruzzi, A. 2010. *Physical weed control in protected leaf-beet in central Italy*. Renewable Agriculture and Food Systems, 25, 8-15.

Raigón, M.D.; Domínguez-Gento, A.; Albelda, I.; Roselló-Oltra, J. 2000. *Comportamiento de diversos abonos verdes de otoño-invierno en condiciones mediterráneas*. Actas electrónicas del IV Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Córdoba (España).

Rask, A.M.; Kristoffersen, P. 2007. *A review of non-chemical weed control on hard surfaces*. Weed Research, 47(5): 370-380.

Rask, A.M.; Kristoffersen, P.; Andreasen, C. 2012. *Controlling grass weeds on hard surfaces: effect of time intervals between flame treatments*. Weed Technology, 26(1): 83-88.

Reigosa, M.; Souto, J.C.; González, L. 1996. *Field observations and methodology*. In: *Allelopathy*. Scientific Publishers, Jodhpur.: 213-231.

Rifai, M.N.; Lacko-Bartošová, M.; Puskarova, V. 1996. *Weed control for organic vegetable farming*. Web of Science, 42 (10): 463-466.

Rifai, N.; Lacko-Bartošová, M.; Somr, R. 1999. *Weed control by flaming and hot steam in apple orchards*. Plant Protection Science, 35(4): 147-152.

Romo Vaquero, M.; Pedrol, N.; Zabalgogezcoa, I.; García Criado, B.; Vázquez de Aldana, B.R. 2007. *Potencial alelopático de Festuca rubra en tres especies de leguminosas. Los sistemas forrajeros: entre la producción y el paisaje*. XLVI. Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. 4-8 de junio de 2007. Vitoria (España).

Roselló, J. 2006. *Manejo agroecológico de cultivos hortícolas*. En: *Agroecología y agricultura Ecológica. Progresos y problemas*. Egea-Fernández J.M., coord.. Murcia. Integral: 157-166 pp.

Rydberg, N.T.; Milberg, P. 2000. *A survey of weeds in organic farming in Sweden*. Biological Agriculture and Horticulture, 18: 175-185.

Sans, F.X. 2011. *Apuntes de Biología, ecología y control de malas hierbas*. 13<sup>a</sup> Edición del Máster de Agricultura Ecológica de la Universitat de Barcelona. 38 pp.

Sartorato, I.; Zanin, G.; Baldoin, C.; De Zanche, C. 2006. *Observations on the potential of microwaves for weed control*. Weed Research, 46: 1-9.

Sivesind, E.C.; Leblanc, M.L.; Cloutier, D.C.; Stewart, K.A.; Seguin, P. 2009. *Weed Response to Flame Weeding at Different Developmental Stages*. Weed Technology, 23(3): 438-443.

Sivesind, E.C.; Leblanc, M.L.; Cloutier, D.C.; Seguin, P.; Stewart, K.A. 2012. *Impact of selective flame weeding on onion yield, pungency, flavonoid concentration, and weeds*. Crop Protection, 39: 45-51.

Storeheier, K. 1994. *Basic investigations into flaming for weed control*. Acta Hort., 372: 195-204.

Teixeira, H.Z.; Ulloa, S.M.; Datta, A.; Knezevic, S.Z. 2008. *Corn (Zea mays) and soybean (Glycine max) tolerance to broadcast flaming*. RURALS. <http://digitalcommons.unl.edu/rurals/vol3/iss1/1>

Ulloa, S.M.; Datta, A.; Knezevic, S.Z. 2010a. *Growth stage impacts tolerance of winter wheat (Triticum aestivum L.) to broadcast flaming*. Crop Protection, 29: 1130-1135.

Ulloa, S.M.; Datta, A.; Malidza, G.; Leskovsek, R.; Knezevic, S.Z. 2010b. *Yield and yield components of soybean [Glycine max (L.) Merr.] are influenced by the timing of broadcast flaming*. Field Crops Research, 119(2): 348-354.

Ulloa, S.M.; Datta, A.; Knezevic, S.Z. 2010c. *Tolerance of selected weed species to broadcast flaming at different growth stages*. Crop Protection, 29: 1381-1388.

Ulloa, S.M.; Datta, A.; Bruening, C.; Neilson, B.; Miller, J.; Gogos, G.; Knezevic, S.Z. 2011. *Maize response to broadcast flaming at different growth stages: Effects on growth, yield and yield components*. European Journal of Agronomy, 34: 10-19.

Ulloa, S.M.; Datta, A.; Bruening, C.; Gogos, G.; Arkebauer, T.J.; Knezevic, S.Z. 2012. *Weed control and crop tolerance to propane flaming as influenced by the time of day*. Crop Protection, 31: 1-7.

Vazquez, F.J.; Acea, M.J.; Carballas, T. 1993. *Soil microbial-populations after wildfire*. FEMS Microbiology Ecology 13, 93–103.

Vigneault, C.; Benoit, D.; McLaughlin, N. 1990. *Energy aspects of weed electrocution*. Reviews of Weed Science, 5: 15-26.

Wszelaki, A.L.; Doohan, D.J.; Alexandrou, A. 2007. *Weed control and crop quality in cabbage [Brassica oleracea (capitata group)] and tomato (Lycopersicon lycopersicum) using a propane flamer*. Crop Prot., 26: 134-144.

Zaragoza, C.; Cirujeda, A. 2004. *Características y control de la flora arvense en los agrosistemas*. En: Conocimientos, técnicas y productos para la agricultura y ganadería ecológica. Ed. SAAE-MAPA: 69-79.