

# DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UN EQUIPO CON CAJONES PARA LA APLICACIÓN LOCALIZADA DE HERBICIDAS NO SELECTIVOS

Prof. MANUEL PÉREZ-RUIZ  
Coordinador del Proyecto

## PRIMEROS RESULTADOS

Prof. ANTONIO RODRÍGUEZ LIZANA.  
Dpto. de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos.  
Área de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Sevilla

### INTRODUCCIÓN

Buscando un incremento de la competitividad en el control de la mala hierba en remolacha, AIMCRA y el Área de Ingeniería Agroforestal de la Universidad de Sevilla, han colaborado en el diseño y puesta en marcha de un equipo innovador para dicha operación. Este equipo integra dos aplicaciones de herbicida en una misma pasada, aplicación de herbicida selectivo (HS) en bandas estrechas y una aplicación de herbicida no selectivo (HNS) entre líneas de cultivo. Para esta última aplicación se han diseñado e instalado cajones anti-derivas de protección, consiguiendo de esta forma reducir los costes de la operación.

### Diseño y construcción del equipo

Se ha diseñado y construido un equipo prototípico, con la opción de ser conducido con un tractor equipado

con GPS, capaz de controlar la mala hierba de forma química en la propia línea de cultivo con HS (superficie mojada 14 cm) y en entre líneas de cultivo con HNS (superficie mojada 36 cm).

En la **figura 1** se muestra el equipo construido con los elementos esenciales de un equipo de aplicación química. Un depósito alimenta a una barra de distribución con boquillas de pulverización de  $110^\circ$  separadas a 50 cm y a una altura del suelo de unos 5 cm (altura regulable) (figura 1b). Modificando la altura de esta barra el prototipo puede ser configurado para llevar a cabo una aplicación a todo terreno (Fig. 1a) como hacer una aplicación sobre la línea de cultivo. El otro depósito alimenta a las boquillas de pulverización situadas en el interior de unos cajones anti-deriva que permiten una aplicación del HNS en la calle sin derivas de producto químico hacia otras zonas no objetivos (Fig. 1c). Las boquillas de pulverización fueron de  $80^\circ$  de ángulo de ataque y situadas justo en el centro del cajón de protección.

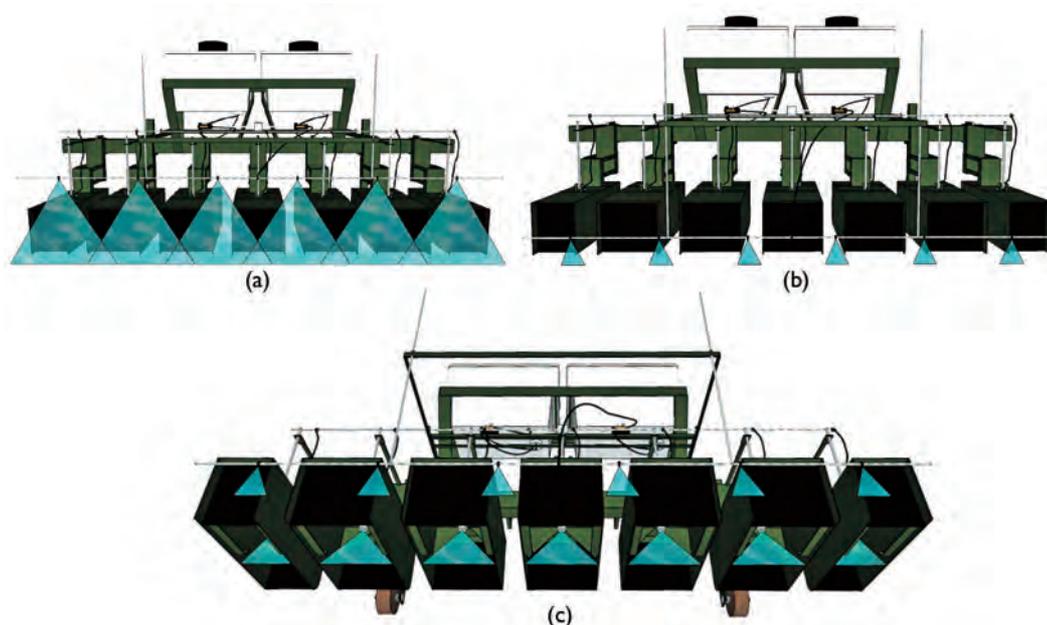


Figura 1. Prototipo modelado en 3D.

a) Equipo con la configuración de trabajo a todo terreno con altura de barra a 50 cm.

b) Equipo configurado para la aplicación sobre el cultivo a 5 cm.

c) Vista del equipo aplicando en todo el terreno, boquillas de pulverización en los cajones aplicando HNS y los pulverizadores de la barra aplicando HS.

En esta campaña, 2011-2012, los ensayos se han establecido en tres parcelas independientes A, B y C, típicas del "Sector B" de Las Marismas, T.M. Lebrija.

**El ensayo A** se ha llevado a cabo con el objetivo de conocer el ahorro en tiempo y coste de la operación de control de la mala hierba usando el equipo diseñado y la eliminación con escarda manual. En este primer ensayo se usó el HNS glufosinato de amonio. Para el control manual se contó con un voluntario local experimentado en la operación de escarda (figura 2b). El tiempo de escarda en la zona tratada y zona de control fue contabilizado para su posterior comparación con hipótesis de que el tiempo de escarda sea inferior en la zona tratada. Se realizaron tres repeticiones de cada uno de los tratamientos, con unidades experimentales de 495 m<sup>2</sup>.



Figura 2. Parcela A.

a) Área de ensayo con tratamiento HS en la línea y tratamiento HNS en la calle (a la derecha de la imagen), y zona de control (a la izquierda de la imagen).

b) Operario voluntario y experimentado para la escarda manual en ambos tratamientos.

**En el ensayo B**, con siembra realizada con un sistema de guiado automático, se ha comparado eficacia del tratamiento y la fitotoxicidad en el cultivo. En el en-



sayo se realizó un tratamiento pre-emergencia y un tratamiento de post-emergencia diferentes: convencional (todo terreno y HS) y optimizado (pulverizador hidráulico con cajones de protección y HNS). Para este ensayo el HNS utilizado fue el glifosato. Se dispuso de 6 repeticiones de cada uno de los tratamientos, y de 16 de las zonas no tratadas, que sirvieron de control, en un diseño al azar. Las unidades experimentales fueron de 198 m<sup>2</sup>, y el muestreo realizado en ellas de 6 m<sup>2</sup>.

Para evaluar la fitotoxicidad en el cultivo se ha utilizado un diseño completamente aleatorizado de 1 factor (tratamiento) con 3 niveles (control o ausencia de pulverización, tratamiento optimizado y a todo terreno).

Sobre el ensayo se actuó imitando al agricultor en la secuencia de operaciones que realiza durante la campaña 2011-2012. Un tratamiento pre-emergencia y un tratamiento post-emergencia todos ellos realizados a una dosis de 225 L/ha, a 4 bar de presión del equipo y a una velocidad de 7,5 km/h. Algunos parámetros fijados en los ensayos con el equipo en estudio han sido: ancho de trabajo de  $a = 3$  m, una velocidad de trabajo de  $V = 7,5$  km/h, y un 15% en tiempo perdido en virajes, llenado de depósito, etc., respecto del total empleado lo que representa un rendimiento de campo del equipo del 85%. Para poder estudiar la eficacia en el control de mala hierba en los dos tipos de tratamiento se realizaron conteos aproximadamente unos 10 días después de cada aplicación.

**En el ensayo C** también se establecieron dos tratamientos al igual que en el ensayo (A), evaluando como variables dependientes el número de remolachas por unidad de superficie y la población de malas hierbas. Se tomaron dos unidades experimentales y seis repeticiones en cada una de ellas. En este ensayo el HNS utilizado fue el glifosato.

Resulta fundamental conocer la existencia de diferencias significativas entre el número de plantas de remolacha antes y después de un tratamiento del equipo diseñado. La existencia de diferencias significativas indicarían fitotoxicidad por parte del herbicida y por lo tanto el mal funcionamiento de los cajones de protección del equipo, permitiendo el escape de herbicida de estos.

## RESULTADOS INICIALES

En este trabajo se demuestra de forma satisfactoria el buen funcionamiento del equipo, desarrollado para la ocasión, la aplicación en bandas de HS para el control sobre la misma línea del cultivo y la aplicación entre líneas del cultivo con un HNS (Figura 3).



Figura 3.

- a) Pulverizador hidráulico con cajones de protección para el control total de mala hierba.
- b) Efecto del control de mala hierba entre líneas de cultivo con HNS.

### Costes

Son dos las estrategias de manejo que se utilizan habitualmente en la zona para el control de la acelguilla (*Beta Marítima sp*) entre líneas de la remolacha azucarera: elementos de escarda mecánica (cultivador), y la escarda manual. Ambas son satisfactorias desde el punto de vista de la eficacia en el control, pero distan bastante en el coste de la operación.

Nuestra propuesta en este trabajo supone una nueva estrategia para la eliminación de la acelguilla entre líneas de cultivo. El equipo mostrado en la figura 1 se ha ensayado con dos tipos de HNS, Glufosinato de amonio y Glifosato, herbicidas no residuales. En ambos casos, y como se muestra en la figura 3b y se analiza más adelante, la eficacia ha sido satisfactoria. El coste de

la aplicación del primer herbicida está en 80 €/ha y el segundo de 40 €/ha, con el equipo prototípico creado y ensayado esta campaña.

Estos resultados en coste desvelan que el uso de cultivador y el uso del pulverizador hidráulico con cajones de protección para el control de la mala hierba entre líneas de cultivo tienen similares costes por hectárea si es utilizado el HNS (glifosato). Se podría destacar como ventaja del segundo frente al primero, que no se produce labranza del suelo y por lo tanto las semillas de mala hierba no se ven beneficiadas de esto. Además el tratamiento de HNS no depende de las condiciones del suelo (ej. humedad), situación que puede ser muy ventajosa en una remolacha otoñal como ocurre en la zona de estudio.

### Eficiencia

También ha sido evaluada la eficiencia en el control de la mala hierba del tratamiento convencional frente al tratamiento optimizado. Los resultados del análisis indican que los tratamientos realizados en los dos ensayos (B y C) presentan un similar índice de reducción para el control de la mala hierba (25%). Comparando el número de plantas de mala hierba existentes en el control con el número de plantas de mala hierba después del tratamiento optimizado podemos observar en la tabla 1, como en el ensayo B se eliminan el 96% y en el ensayo (C) el 95% de las plantas de mala hierba.

Tabla 1. Población de malas hierbas en las unidades estudiadas para el ensayo B y C.

	Mala hierba (plantas/m <sup>2</sup> )		
	Tratamiento optimizado	Tratamiento todo terreno	Control
Ensayo (B)-Glifosato	0,82	3,38	20,68
Ensayo (C) Glifosato	17,66	61,66	350

Los resultados del análisis indican que el tratamiento optimizado y el tratamiento a todo terreno son equivalentes desde el punto de vista de control de malas hierbas a nivel global. En el ensayo (B), no se observan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p=0,65$ ). En el ensayo (C) tampoco se muestran diferencias significativas entre tratamiento ( $p=0,90$ ).

### FITOTOXICIDAD

El uso de HNS para eliminar la mala hierba entre líneas, junto con un mal diseño y construcción del sistema de distribución, suelo o clima, pueden ocasionar síntomas de fitotoxicidad en las plántulas de remolacha. Estos son amarilleamiento y detención del crecimiento, quemaduras, hojas deformadas e incluso la muerte de la planta de remolacha.

**Tabla 2.** Número medio de plantas de remolachas en muestras de 2 m de línea de cultivo.

	Plantas remolachas en 2 m		
	Tratamiento optimizado	Tratamiento todo terreno	Control
<b>Ensayo (B)-Glifosato</b>	12,40	11,88	12,70
<b>Ensayo (C)-Glifosato</b>	13,66	13,00	13,00

En el ensayo (B) se ha realizado un ANOVA en un diseño completamente aleatorio. El no rechazo de la hipótesis nula ( $p=0,28$ ), indica la no existencia de diferencias en la cantidad de remolachas en los tratamientos de acuerdo al parámetro considerado. Ello indica un buen funcionamiento de la máquina aplicando el herbicida glifosato. En el ensayo (C) no existen diferencias significativas ( $p=0,9324$ ). También podemos afirmar que el equipo de aplicación diseñado aplicando glifosato ha trabajado correctamente desde el punto de vista de la fitotoxicidad.

## CONCLUSIONES

Se ha conseguido un equipo eficaz con un sistema de aplicación de HNS entre líneas de cultivo y aplicación de HS en la línea de cultivo. Los ensayos de campo muestran que el equipo es robusto, adaptándose a las condiciones de trabajo requeridas a este tipo de aperos. Como conclusiones y mejoras aplicables al sector de la remolacha de este trabajo se pueden extraer:

- El uso de herbicidas no selectivos entre líneas de cultivo y en las fechas próximas a la emergencia del cultivo, puede eliminar la 2.ª aplicación post-emergencia de herbicida selectivo que se viene realizando de forma habitual en la zona de estudio.
- Con este sistema se evita cultivar la tierra y por lo tanto no se permite que las semillas de mala hierba se puedan acomodar en el suelo y potenciar su nacencia.
- El uso de nuevas técnicas de control de la mala hierba, entre otras operaciones, puede significar la competitividad necesaria en el sector de la remolacha azucarera en España.

