DETECTOR DE MALEZAS EQUIPADO CON VÁLVULAS ELECTROMAGNÉTICAS: DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE RESPUESTA DE APLICACIÓN

Andrés Moltoni1, Gerardo Masiá1, Nicolas Clemares1, Julio Fiorini1, Luciana Moltoni1

[1] Instituto de Ingeniería Rural CIA. INTA.
Casilla de correo 25, Castelar, Bs. As. Argentina
amoltoni@cnia.inta.gov.ar; gmasia@cnia.inta.gov.ar; nclemares@cnia.inta.gov.ar;
jfiorini@cnia.inta.gov.ar; lmoltoni@cnia.inta.gov.ar

Introducción

La aplicación sitio especifica de agro insumos es una practica que va ganando terreno año a año, esto se debe a los beneficios ambientales y económicos que se derivan de su uso [1],[2]. El desarrollo de la temática en el área de la aplicación de agroquímicos se ha visto relegado debido a diversos contratiempos de orden técnico que están siendo superados constantemente con nuevos desarrollos aportados por organismos de investigación públicos y empresas del sector privado. En lo que a la aplicación sitio especifica de herbicidas concierne y con la finalidad de reducir los costos y minimizar el impacto ambiental han aparecido en el mundo varias iniciativas que abordan la problemática y que han logrado reducciones en el uso de estos fitoterápicos. Se han logrado disminuciones en el uso de herbicidas entre un 30% y 70% mediante la determinación de las zonas afectadas y posterior aplicación localizada, con niveles de precisión en la detección que llegan a un 95% y hasta del 100% [2],[3],[4]. En el Instituto de Ingeniería Rural (INTA Castelar) se diseñó y construyó un prototipo de un detector de malezas que trabaja con el método de detección RR/NIR el cual ha demostrado un correcto funcionamiento para distintas malezas y en distintos horarios [5],[6] y permitió generar un mapa georeferenciado de malezas de un lote en forma dinámica [7]. El éxito en el control de malezas mediante la realización de una aplicación variable de herbicidas depende básicamente de la precisión del sensor detector y de los tiempos de respuesta de los mecanismos que permiten la aplicación del producto en el objetivo a tratar. En lo que a los tiempos de respuesta del sensor respecta, los mismos son variados y dependen fundamentalmente del tipo de sensor utilizado, sea este una sensor óptico o una cámara de video y a la carga de procesamiento del algoritmo de detección propiamente dicho. Existen trabajos que se basan en el uso de redes neuronales, en donde se alcanzan precisiones del orden del 95% [8] o sistemas mixtos que hacen uso de un filtro lineal en la primera etapa y en una segunda instancia, trabajan con redes neuronales artificiales para realizar la clasificación alcanzando una precisión del 100% en la clasificación y demorando 550 milisegundos para procesar una imagen de aproximadamente $1m^2$, lo que equivale a una velocidad de avance de 6,5 km h^{-1} [9]. En lo que respecta a la velocidad de reacción de los componentes mecánicos, los tiempos dependen del tipo de actuador ya sea este de inyección directa o electroválvula. Se realizaron ensayos de tiempo de respuesta de sistemas de dosis variable mediante inyección directa lográndose tiempos de entre 0,60 y 2,30 s para la inyección en sistemas de seis picos pulverizadores y de 0,35 s para la inyección del herbicida directamente en el pico en forma individual [10]. Los actuadores electromagnéticos son válvulas activadas por medio de energía eléctrica y su tiempo de respuesta depende básicamente de su construcción, la intensidad del campo magnético y la masa del elemento

móvil. Zaman y col. [11] desarrollaron un prototipo de aplicación variable de herbicidas mediante la detección de la altura de las malezas, eligiendo como actuadores válvulas electromagnéticas. Al ensayar el prototipo se determinó que su tiempo de respuesta fue de 0,05 s.

El objetivo del presente estudio fue verificar a campo el tiempo empleado por el sistema detector de malezas equipado con válvulas electromagnéticas en accionar la pulverización, frente a cambios en la cobertura vegetal.

Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en el campo experimental que posee el IIR en Castelar, provincia de Buenos Aires. Para determinar el tiempo de respuesta se utilizó un sistema detector de malezas que activa la pulverización ante la presencia de cobertura vegetal verde. Se determinó una zona de trabajo constituida por dos sectores con cobertura verde en pleno crecimiento (*Cynodon dactylon L.* en un 90 %) y una zona central sin la presencia de esta (tierra desnuda), cuyas características se pueden observar en la Figura 1. Se colocaron tarjetas hidrosensibles distanciadas a 0,20 m sobre una línea paralela al avance del equipo con el objetivo de calcular el tiempo de respuesta a través de la cuantificación de la cobertura obtenida en las diferentes zonas. La aplicación debería realizarse en las tres primeras tarjetas, cortar en la siguiente (en la número 4), estableciendo la posición de corte teórico (PCT) y luego comenzar nuevamente la pulverización en la primer tarjeta dispuesta sobre el segundo sector de cobertura verde (número 13), constituyendo la posición de arranque teórico (PAT).

Para ello se empleó un equipo pulverizador de tres puntos marca Favot el cual se desplazó a una velocidad de avance de 3,72 m s^{-1} (13,4 km h^{-1}). Para mensurar la velocidad de avance del equipo se empleo un sensor de rueda electromagnético, calibrado previamente y asociado a una computadora de pulverización marca Arag modelo Bravo 300S. Sobre el botalón del equipo se instaló el dispositivo de detección en el mismo plano horizontal de la barra porta picos, de tal forma que la altura de pulverización y la de lectura sean iguales, mientras que se avanzó su posición 0,25 m en relación del plano vertical. La inclinación en ambos planos fue de cero grados (Figura 2).

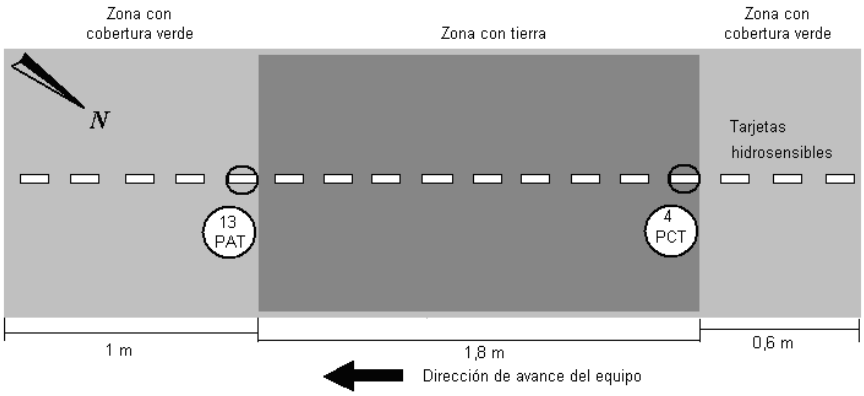

Fig. 1. Esquema de la parcela de ensayo.

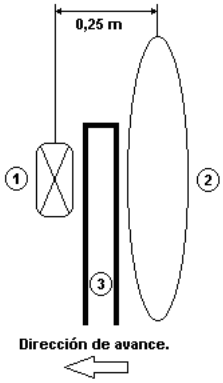

Fig. 2. Representación del dispositivo detector sobre el botalón de la máquina. Referencias. 1. Dispositivo de detección. 2. Impronta del pico pulverizador. 3. Botalón.

La aplicación se efectuó con pastillas de abanico plano 110 – 01 de baja deriva asistidas por aire, marca Agrotop a una presión de 300 kPa y a 0,60 m de altura sobre el nivel del suelo, efectuando tres repeticiones para la velocidad ensayada.
Las tarjetas hidrosensibles utilizadas durante la evaluación fueron escaneadas con una resolución de 1200 dpi. Las imágenes obtenidas se procesaron mediante un programa específico para tal fin, desarrollado en el Instituto de Ingeniería Rural (CNIA INTA).
El procesamiento estadístico de los resultados fue realizado mediante análisis de varianza (ANVA). En los casos en que el ANVA alcanzó significación estadística se efectuaron pruebas de comparaciones múltiples por el método de Tukey. El nivel de significación establecido fue del 0,05.

Resultados y Discusión

El objetivo del presente estudio fue verificar a campo el tiempo empleado por el sistema detector de malezas equipado con válvulas electromagnéticas en accionar la pulverización, frente a cambios en la cobertura vegetal, para lo cual es necesario describir brevemente el funcionamiento del sistema a nivel general. El cabezal de detección, ante la presencia o ausencia de malezas, envía una señal eléctrica a la válvula de control de pulverización, que posibilita su apertura o cierre.
Según el esquema de trabajo mencionado anteriormente es de esperar que la aplicación se realice únicamente en las zonas donde existe cobertura verde y cese la misma, en el menor tiempo posible, en la franja central donde es innecesario depositar el producto.
En primer término se procedió a analizar los porcentajes de cobertura obtenidos a fin de determinar las posiciones de corte y arranque efectivo (PCE y PAE) del equipo pulverizador comandado por el dispositivo de detección y se realizó el cálculo del tiempo empleado para dicha operación.
A continuación se muestra el resultado del ANVA efectuado para la velocidad de avance ensayada (3,72 m s^{-1}).

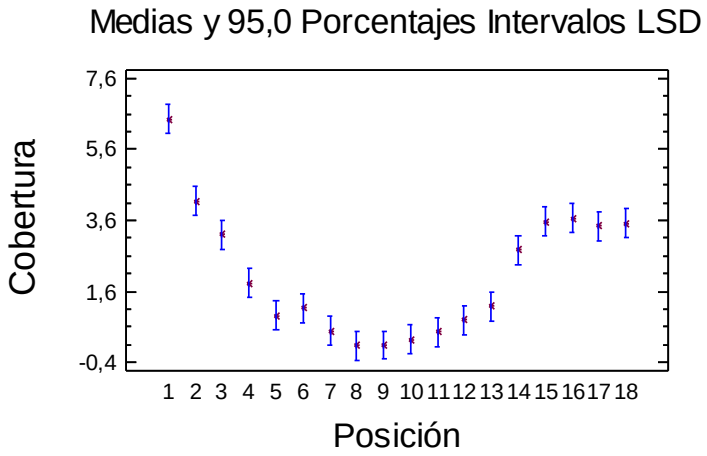

Fig. 3. Medias e intervalo de confianza del análisis efectuado.

Como puede apreciarse en la Figura 3 las tarjetas comprendidas entre la 4 y la 13 conforman el mismo grupo diferenciándose de las restantes por haber logrado los valores de cobertura más bajos, obteniendo un promedio de 0,729%.
A partir de la tarjeta 14 los valores de cobertura tienden a aumentar, alcanzando un valor medio de 3.391 % evidenciando el inicio de la pulverización.
En la tarjeta 1 el valor de cobertura fue sustancialmente mayor al observado en las posiciones restantes. Esto podría deberse a las características propias del terreno en el cual se realizó el ensayo afectando la estabilidad horizontal del botalón y generando en esa zona un incremento en el caudal de campo [12].
En la Tabla 1 se identificaron los valores de PCE y PAE.

Tabla 1. Posiciones efectivas de arranque y corte de la pulverización

	Tarjeta nº
PCE	4
PAE	14

Para el cálculo del tiempo demandado en realizar la apertura (1) y cierre (2) de la pulverización se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$Tiempo.de.respuesta.de.corte = \frac{(PCE - PCT) \times 0.20(m)}{Velocidad\ (ms^{-1})} \qquad (1)$$

$$Tiempo.de.respuesta.de.arranque = \frac{(PAE - PAT) \times 0.20(m)}{Velocidad\ (ms^{-1})} \qquad (2)$$

En la Tabla 2 se presentan los tiempos obtenidos.

Tabla 2. Tiempos de respuesta solicitados para las operaciones de corte y arranque de la pulverización.

Acción.	Tiempo de respuesta (s)
Corte	0
Arranque	0,053

Al observar la tabla anterior se desprende que el tiempo de respuesta en el arranque de la pulverización fue superior al calculado para la operación de corte. El tiempo obtenido en la acción de corte no significa estrictamente que no exista demora alguna en realizar esta operación, sino que por la sensibilidad del ensayo no es posible cuantificarlo. Es decir que el corte tiene una respuesta inferior a 0,053 s que es el valor mínimo mensurable.
El tiempo de respuesta en el arranque es de 0,053 s, que se traduce, para la velocidad ensayada, en una franja de 0,197 m que no recibe el tratamiento programado.
Los tiempos de respuesta de los diferentes dispositivos enmarcados dentro del rubro agricultura de precisión admiten un retardo aproximado al tercio de segundo (0,35 s) para realizar sus operaciones [10], en este caso se logró valores inferiores al mencionado lo que denota un aceptable comportamiento.

Conclusiones

Frente a los cambios de cobertura vegetal, el mayor tiempo empleado por la válvula electromagnética para accionar la pulverización fue de 0,053 s, manteniéndose por debajo del tercio de segundo.

Bibliografia

Rew, L.J.; Cussans, G.W.; Mugglestone, M.A.; Miller, P.C.H. 1996. A technique for mapping spatial distribution of Elymus repens with estimates of potential reduction of herbicide usage from patch spraying. Weed Research, 36, 283-292.
CHANCELLOR, W.J.; GORONEA, M.A. 1994. Effects of spatial variability of nitrogen, moisture, and weeds on the advantages of site-specific applications for wheat. Transactions of the ASAE 37(3), 717–724.
BILLER, R.H. 1998. Reduced input of herbicides by use of optoelectronic sensors. Journal of Agricultural and Engineering Research 71 (4), 357-362.
HAGGAR, R. J.; STENT, C.J.; ISAAC, S. 1983. A prototype hand-held patch sprayer for killing weeds activated by spectral differences in corp/weed canopies. Agricultural Engeneering Symposium 11-9, 427-432.
MOLTONI, A.F.; MOLTONI, L.A.; VENTURELLI, L.; FUICA, A.M.; MASIA, G. 2006. Site-specific control: Desempeño de un detector de maleza diseñado y construido en el Instituto de Ingeniería Rural. Parte I. XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, CONBEA 2006. Editado en CD-ROM.
MOLTONI, A.F.; MASIA, G. 2008. Site-Specific Weed Control: Daily Performance of a Weed Detector System Designed by Researchers of INTA. CIGR - International Conference of Agricultural Engineering - XXXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. CONBEA 2008. Brasil. Editado en CD-ROM.

MOLTONI, A.F.; MASIA, G.; CID, R.; MOLTONI, L.A.; FUICA, A.M.; DURO, S.; CASARTELLI, M.; HILBERT, J.A. 2008. Site-Specific Weed Control: Dynamic Performance and Weed Mapping of a Weed detector System Designed by Researchers of INTA. 10th International Congress on Mechanization and Energy in Agricultura. Proceedings ISBN: 978-975-7666-93-6. Pág. 631-635. Turquía.

BURKS, T.F.; SHEARER, S.A.; GATES, R.S.; DONOHUE, K.D. 2000. Backpropagation neural network design and evaluation for classifying weed species using color image texture Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 43 (4), 1029-1037.

TANG, L.; TIAN, L.; STEWARD, B.L. 2003. Classification of Broadleaf and Grass Weeds Using Gabor Wavelets and an Artificial Neural Network. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 46 (4), 1247-1254.

HLOBEN, O.; VONDRICKA, J.; SCHULZE LAMMERS, P. 2006. “Study on Response Time of Direct Nozzle Injection System for Variable Rate Application of Herbicides”. Proceedings 2006. CIGR World Congress Agricultural Engineering for a Better World, Bonn.

Zamana Qamar Uz, Esaua Travis J., Schumannb Arnold W., Percivalc David C., Changa Young Ki, Reada Scott M., Farooquea Aitazaz A. 2011. Development of prototype automated variable rate sprayer for real-time spot-application of agrochemicals in wild blueberry fields. Computers and Electronics in Agriculture 76 (2011) 175–182

OOMS D., RUTER R., LEBEAU F., DESTAIN M.-F. 2003. Impact of the horizontal movements of a sprayer boom on the longitudinal spray distribution in field conditions. Unité de Mécanique et Construction, Gembloux Agricultural University, Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux, Belgium.