

Evaluación de un panel para recuperación de deriva en aplicaciones fitosanitarias en viñedos

Evaluation of a drift recovery panel for phytosanitary treatments in vineyards

Alejandro Omar Ambrogetti ¹, Ernesto Martín Uliarte ¹, Marcos Adrian Montoya ^{1,2}, Walter Haist ³, Raúl Feliciano del Monte ¹

Originales: *Recepción:* 16/03/2016- *Aceptación:* 06/06/2016

RESUMEN

Se construyó un panel con deshumidificadores acoplable a máquinas atomizadoras convencionales, capaz de retener el líquido de pulverización que se pierde por deriva. Los objetivos del trabajo fueron: a) verificar su capacidad de recuperación, b) estudiar su influencia en las características del pulverizado y c) comprobar la variación de la deriva en el suelo y las hileras aledañas. El prototipo se ensayó en un viñedo cv. Malbec conducido en espaldera alta. La aplicación de oxiclورو de cobre con equipo hidroneumático convencional se definió como tratamiento testigo. Se evaluó la calidad de la pulverización usando papeles hidrosensibles y receptores ubicados en la hilera tratada, dos hileras adyacentes y el suelo. En ensayos a campo, el panel recuperó el 37% del volumen aplicado para inicios del desarrollo vegetativo y el 11% con máxima vegetación. El recuperador no influyó en la cantidad de producto depositado, ni en la calidad de distribución del pulverizado sobre la canopia tratada. En el tratamiento convencional se comprobó que gran parte de la deriva se pierde principalmente en el suelo aledaño a las hileras pulverizadas. El panel redujo significativamente la deriva en el suelo, tanto en depósito de pesticida como en cantidad de impactos por superficie.

Palabras clave

vid • espaldera • tratamientos fitosanitarios • pérdidas • prototipo para recuperación

-
- 1 Ingeniería de Cultivo, EEA Mendoza, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), San Martín 3853, (5507) Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina. ambrogetti.alejandro@inta.gob.ar
 - 2 Facultad de Ciencias Agrarias- Universidad Nacional de Cuyo. Almirante Brown 500- Luján. C. P. M5528AHB. Mendoza. Argentina.
 - 3 Laboratorio de Recursos Naturales, EEA Mendoza INTA, Mendoza, Argentina.

ABSTRACT

A panel with dehumidifiers attachable to conventional sprayers was designed, capable of retaining the spray liquid that is lost by drift. The objectives of this study were: a) verify the recovery capacity of the panel, b) to study their influence on the characteristics of spraying, c) check the drift modification in soil and the surrounding rows. The prototype was tested in a vertical shoot positioned (VSP) trellised vineyard cv. Malbec. The application of copper oxychloride with conventional hydropneumatic equipment was defined as a control treatment. Spray quality was assessed using water sensitive papers and receptors on the treated row, in two adjacent rows and soil. In field trials, the panel recovers 37% of the volume applied for early vegetative development and 11% with maximum vegetation. The panel did not influence the amount of product deposited, nor the quality of the spray distribution on the treated canopy. In the conventional treatment it was found that drift is lost mainly in the soil adjacent to the treated rows. The panel significantly reduced drift to the soil, both the deposit of pesticide applied as the quantity of surface impacts.

Keywords

grapevine • VSP trellis system • phytosanitary spraying • losses • recovery prototype

INTRODUCCIÓN

Los tratamientos fitosanitarios en viñedos conducidos en espaldera se efectúan principalmente con equipos hidroneumáticos, caracterizados por aplicar el pulverizado fitosanitario a presión haciéndolo penetrar en la canopia, con asistencia de una corriente de aire generada por una turbina axial (principio de gota proyectada y transportada) (13).

Los volúmenes de aplicación varían entre 300 y 800 l ha⁻¹, ajustándose al desarrollo vegetativo del cultivo en el momento de la aplicación. Estos equipos presentan como dificultad la imposibilidad de controlar las gotas generadas y la consecuencia es una elevada proporción de pérdidas tanto en el suelo como en el aire, lejos del objetivo (16).

El flujo de pulverización que supera los objetivos a tratar (canopia), se conoce como deriva del pulverizado, determinando pérdidas de pesticida en el medioambiente.

Se considera que los efectos perjudiciales de la deriva son de orden ambiental, económico y toxicológico (18).

Considerando la baja eficiencia de las técnicas comunes de pulverización, los métodos de reducción de la deriva se han convertido en prácticas necesarias (3). No es posible eliminar completamente la deriva, pero esta puede minimizarse utilizando técnicas apropiadas de aplicación. En este sentido se recomienda: optimizar la selección de las boquillas, uso de coadyuvantes, ajuste de la presión de pulverización, optimización de los volúmenes aplicados, regulación de la velocidad del tractor, utilización de pantallas y pulverizar solo con condiciones climáticas adecuadas (7).

Tanto las boquillas antideriva como los coadyuvantes aumentan el tamaño de las gotas reduciendo el riesgo de deriva. Utilizando boquillas con inducción de aire

(baja deriva) en un cultivo de manzanos se comprobó una disminución del 75% respecto de la deriva utilizando boquillas estándares, sin embargo las pérdidas por escurrimiento en el suelo debajo de la vegetación aumentaron en un 50% (4).

Las cantidades de producto que se pierden son considerables: entre 10 y 45% en el suelo y entre 15 y 40% en aire. Las pérdidas en el suelo son mayores en aplicaciones en fase vegetativa temprana y en este caso son difíciles de reducir, incluso mediante la optimización de los ajustes de calibración de los equipos (19).

Reducir la dispersión de plaguicidas significa salvaguardar el ambiente, disminuir los riesgos para el aplicador y garantizar la salud del consumidor (8).

Se han estudiado localmente tecnologías de aplicación para intentar mejorar la eficiencia de los tratamientos y reducir la deriva (6), como también existen antecedentes de la utilización de túneles de pulverización para cultivos en espaldera, capaces de recuperar y reutilizar la deriva (2, 3), pero su elevado costo y baja versatilidad de uso en los cultivos, limitan su difusión. Se afirma que el uso de esta técnica resultaría conveniente si se valorara el ahorro económico relacionado con la reutilización del producto, los aspectos ambientales de producción saludable y la seguridad del operador (2).

En la actualidad se estudian sofisticados sistemas de aplicación variable en viñedos, donde diferentes sensores analizan en tiempo real el volumen de la vegetación, esta información es procesada por un software que determina la cantidad apropiada a pulverizar en cada sitio de la canopia (10). Por el momento estos sistemas se encuentran en fase de experimentación y requieren de equipamiento de alto costo.

En la Estación Experimental Agropecuaria Mendoza del INTA se diseñó un prototipo experimental en forma de pantalla acoplable a máquinas atomizadoras convencionales, para tratamientos fitosanitarios en vides conducidas en sistemas de espaldera, que permite reducir la deriva recuperando parte del líquido pulverizado.

Hipótesis principal

El equipamiento desarrollado permite captar una gran proporción del líquido pulverizado que se pierde por deriva, sin afectar la calidad de la aplicación.

Hipótesis secundarias

a) La utilización de la pantalla recuperadora aumenta la eficiencia del tratamiento fitosanitario.

b) Reduce significativamente el impacto en el ambiente.

Objetivo general

Evaluar un prototipo experimental de acople directo a equipos pulverizadores convencionales, que permite recuperar y reutilizar el pulverizado perdido por deriva.

Objetivos específicos

a) Verificar la capacidad de recuperación.

b) Estudiar su influencia en las características del pulverizado.

c) Comprobar la disminución de la deriva en el suelo y las hileras aledañas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del prototipo experimental

El prototipo se proyectó teniendo en cuenta las propiedades de los deshumidificadores de aire, diseñando una estructura metálica para su soporte. El ancho del panel se estableció de acuerdo

con ensayos preliminares con distintas pulverizadoras, mientras que la altura se pensó para espalderos de 1,8 m de alto como máximo. El sistema de recolección del líquido recuperado se equipó con una sucesión de filtros necesarios para eliminar los restos vegetales que se desprenden durante la pulverización. La estructura de accionamiento del panel se dotó de movimientos para su regulación a distintos anchos de cultivos, siendo del tipo mecánico con corredera. Los movimientos en altura se proyectaron hidráulicos, para ser accionados por el tractorista durante la operación del equipo.

Se construyó un panel para la recuperación de la deriva con características de diseño que permitieran montarlo en distintos modelos de equipos hidroneumáticos existentes en el medio. La recuperación del pulverizado perdido por deriva se consigue a través de deshumidificadores de aire, capaces de retener el líquido de pulverización contenido en la corriente de aire.

Descripción del panel de recuperación

El prototipo consta de 52 deshumidificadores (modelo DH 2100, marca Munters, Alemania), separados

entre sí a una distancia de 25 mm y dispuestos en forma vertical sobre una estructura metálica que sirve de sostén. Las dimensiones y los principales datos técnicos se presentan en la tabla 1.

En la parte inferior cuenta con un filtro de malla (2 x 2 mm) y un colector del líquido de pulverización recuperado. Una bomba lo aspira a través de un filtro y lo envía a un depósito con una capacidad de 20 l, que se encuentra montado en el lateral de la estructura del panel antideriva, para cuantificar el volumen recuperado en los ensayos.

Eficiencia de recuperación en vacío

La eficiencia de recuperación en vacío (RV) se determinó pulverizando agua con caudales previamente calibrados (5,5 l min⁻¹), con cuatro boquillas de pulverización habilitadas durante un minuto y repitiéndose 50 veces, sin tránsito en el cultivo y aislado de la acción del viento, con el panel ubicado a 0,20 m de distancia de los picos y calculándose como:

$$RV (\%) = \frac{\text{Volumen recolectado}}{\text{Volumen erogado}} * 100$$

Tabla 1. Dimensiones y principales datos técnicos del panel de recuperación.

Table 1. Dimensions and main technical data of the recovery panel.

Ancho operativo	1,30 m
Alto operativo	1,77 m
Ancho máximo	1,35 m
Alto máximo	1,90 m
Espesor	350 mm
Bomba: accionamiento/caudal	12 V / 12 l min ⁻¹
Peso del panel	85 kg
Regulación de altura de trabajo	Accionamiento hidráulico
Distanciamiento a la hilera del cultivo	Regulación de accionamiento manual

Eficiencia de recuperación a campo

El recuperador de deriva se montó en el costado derecho de una pulverizadora hidroneumática (marca Malanca, modelo 1500 l), el panel quedó soportado de la parte superior permitiendo desplazarse por el interfilas paralelo al que circula el tractor y enfrentado a las boquillas del arco de pulverización derecho, con el objetivo de recuperar el pulverizado excedente que atraviesa la canopia de la hilera tratada (figura 1).

La eficiencia de recuperación se estableció por unidad de superficie tratada, controlando el gasto generado en el tanque de la pulverizadora, para asperjar parcelas con una longitud de hilera de 7,5 m por unidad experimental con cuatro repeticiones, dispuestas en un diseño experimental de bloques completos al azar, definidos por el sentido de riego en la hilera (diferencias de vigor en las plantas).

Luego se midió el líquido acumulado en el depósito auxiliar del panel recuperador

de deriva y la recuperación a campo (RC) se calculó como:

$$RC (\%) = \frac{\text{Volumen recolectado}}{\text{Volumen erogado}} * 100$$

Para evaluar la eficiencia del panel de recuperación y su influencia en la calidad de distribución de pulverización se estableció un ensayo en un viñedo cv. Malbec de 11 años, ubicado en Luján de Cuyo, conducido en espaldera alta de 1,8 m de altura, con un distanciamiento de 2,5 m entre hileras y 1,5 m entre plantas.

Las dimensiones de la canopia en máximo desarrollo fueron de 0,45 m de ancho y 1,20 m de alto. El viñedo poseía tela antigranizo, la cual se mantuvo elevada y plegada durante las experiencias realizadas.

De manera análoga a la medición de la eficiencia de recuperación, el diseño del ensayo fue de bloques completos aleatorizados con dos tratamientos y cuatro repeticiones.

La aplicación de oxiclورو de cobre (fungicida, marca Caurifix 84% WG) con un equipo atomizador convencional sin recuperación de deriva se definió como tratamiento testigo (TT) y se contrastó con una aplicación de idénticas características, anexando el panel de recuperación a la pulverizadora (TR). Se dispuso de siete hileras de viña de 120 m de largo, y se definieron cuatro franjas de 7,5 m de longitud y 7,5 m de ancho, separadas entre sí 15 m longitudinalmente. Cada franja de 7,5 m se consideró como una parcela y se determinó una zona de control de 3 m, correspondiendo al centro de la parcela.

El día 28 de octubre de 2011 se efectuó una determinación de recuperación de deriva para un desarrollo vegetativo característico de primavera (entre 20 y 40 cm de largo de brotes), mientras que la experiencia en pleno desarrollo vegetativo



Figura 1. Ubicación del prototipo de panel de recuperación de deriva para viñedos en espaldera.

Figure 1. Prototype of a drift recovery panel placed in a VSP trellised vineyard.

se realizó el 19 de marzo de 2011. Las condiciones ambientales en las fechas de ensayo se presentan en la tabla 2.

Determinación cuantitativa del depósito

Para la determinación cuantitativa del depósito se utilizaron papeles de filtro de 50 mm de diámetro, como receptores de pulverizado, tanto en la canopia como en el suelo, para luego contabilizar la cantidad total del producto depositado.

Los receptores de la canopia se colocaron en la zona de control de la hilera tratada, en tres alturas distintas: inferior, media y superior, y tres profundidades en la vegetación: exterior, central y posterior, en todos los casos en la cara anterior de exposición al pulverizado. En dos hileras laterales a la tratada, en el sentido de la proyección de la pulverización, se midió la deriva con la misma disposición de los receptores empleada para la hilera tratada.

Los valores obtenidos en cada posición se agruparon por sitios de observación en la canopia (hilera tratada, primera hilera contigua y segunda hilera contigua).

La deriva en el suelo se determinó mediante receptores ubicados debajo de la hilera sin tratar y desde allí a intervalos de 0,83 m hasta los 6,66 m de distancia en el sentido de la proyección de la pulverización.

Los valores obtenidos se agruparon diferenciando interfilar de tránsito, primer interfilar contiguo, segundo interfilar contiguo y debajo de las hileras.

Para la determinación de la cantidad de producto depositado se utilizó como trazador el elemento cobre, esta elección se basó en la amplia utilización que tiene en viticultura, tratándose además de un producto estable que no es afectado por la fotodegradación (9).

La concentración para los dos tratamientos fue el equivalente de oxiclورو de cobre a 1 g de cobre metal por litro de agua.

Aplicado el producto y recuperados los receptores de pulverizado se procedió a la extracción del trazador depositado en las muestras. El lavado de los receptores se hizo con NO_3H 0,05 N (9), colocando un receptor en un recipiente de cierre hermético con 25 ml de dicha solución y totalmente sumergido en la misma por un tiempo de cinco minutos.

A continuación se realizó un breve agitado manual durante cinco segundos. Se comprobó que mayor tiempo de agitación dañaba el papel y no producía diferencia en la concentración obtenida.

La solución producto del lavado se envió a laboratorio para la determinación de la cantidad de cobre mediante espectrometría de emisión atómica.

Tabla 2. Condiciones ambientales al momento de efectuar las experimentaciones.

Table 2. Environmental conditions during the experiments.

	Fecha (día/mes/año)	
	28/10/2011	19/03/2011
Hora de inicio	11:00	9:00
Temperatura (°C)	22	20
Humedad relativa (%)	44	45,6
Velocidad de viento (km h ⁻¹)	3,6	1,5
Dirección del viento	Oeste-Este	Este-Oeste

Determinación cualitativa del depósito

Para evaluar la influencia del panel sobre la distribución y calidad del pulverizado se utilizaron receptores de papel hidrosensible (Syngenta, Suiza) de 76mm x 26mm de dimensión, distribuidos de igual forma y cantidad que los receptores de papel de filtro.

Las tarjetas hidrosensibles se digitalizaron con un escáner (Scanjet 4070 C, HP) con una resolución de 400 dpi. Se determinó la cantidad de impactos por unidad de superficie (imp cm⁻²). Para establecer el espectro de distribución del tamaño de gota y el porcentaje de cobertura generado se empleó un programa específico (SPRAY-X. EXE), desarrollado en el Instituto de Ingeniería Rural (CIA INTA).

Condiciones de trabajo del equipo pulverizador

En la tabla 3 se presentan las condiciones de trabajo de la pulverizadora de tiro con capacidad de 1500 litros y un ventilador de 750 mm de diámetro, para las dos fechas de medición.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de la varianza utilizando el programa Infostat versión 1.5 y la comparación de medias mediante el test de Fisher (LSD) utilizando un $\alpha=0,05$.

RESULTADOS

Eficiencia de recuperación en vacío

El panel recuperador obtuvo una eficiencia de recuperación de 5,23 l min⁻¹, representando el 95% del volumen total pulverizado, para las condiciones establecidas de recuperación en vacío.

Eficiencia de recuperación a campo

En tratamientos de inicio de temporada, con follaje entre 20 y 40 cm de longitud de brote, el equipo recuperó 1,88 l min⁻¹ (112,8 l ha⁻¹), alcanzando un porcentaje de recuperación del 37%.

En época de máximo desarrollo vegetativo y para las condiciones fijadas de calibración, el equipo recuperó 1,30 l min⁻¹ (75,3 l ha⁻¹), constituyendo un 11% del volumen aplicado por hectárea.

Considerando una dosis de oxiclورو de cobre de 0,40 kg en 100 l de agua, se recuperarían 0,45 kg ha⁻¹ de producto en primavera y 0,30 kg ha⁻¹ en verano.

Teniendo en cuenta un costo aproximado de 13,7 dólares por kilo de oxiclورو (noviembre de 2015), en primavera representaría un ahorro de 6,2 dólares por hectárea, mientras que en verano se economizarían 4,1 dólares por hectárea por cada pulverización.

Tabla 3. Condiciones de trabajo de la pulverizadora para las dos fechas de medición.

Table 3. Sprayer's working conditions for both measurement dates.

	Fecha (día/mes/año)	
	28/10/2011	19/03/2011
Toma de fuerza	540	540
Presión de trabajo (lb p ²)	250	250
Velocidad de avance (km h ⁻¹)	4,00	3,84
Gasto (l ha ⁻¹)	305	685
Cantidad de pastillas	4 (2 por lado)	8 (4 por lado)
Tipo de pastillas	Albuz ATR 80 Cono hueco (amarilla)	Albuz ATR 80 Cono hueco (amarilla)

Si se consideran dos aplicaciones durante primavera y dos en verano constituiría un ahorro de 20,6 dólares por hectárea por temporada, solo en producto preventivo contra peronóspora.

Por otra parte, la economía de agua promedio entre inicios de la temporada y máximo crecimiento vegetativo sería de 94 l ha⁻¹ para cada tratamiento fitosanitario.

Determinación cuantitativa del depósito

Se presentan los resultados de la experimentación realizada en época de máximo desarrollo de la vegetación (marzo de 2011).

En la hilera tratada, la cantidad de producto depositado en la canopia no se diferenció estadísticamente entre tratamientos, los valores registrados fueron similares en todos los sectores evaluados.

En las dos hileras adyacentes donde se determinó la deriva, el depósito de producto no se diferenció entre los tratamientos, aunque hubo una tendencia a la reducción en el tratamiento TR (figura 2).

En el análisis de los datos correspondientes al producto depositado en el suelo (cobre en mg l⁻¹) se observa una tendencia a menor deriva para el TR, en todos los sitios de observación, diferenciándose estadísticamente en el sitio interfilar aledaño (figura 3, pág. 91), con una disminución del 238%.

Determinación cualitativa del depósito

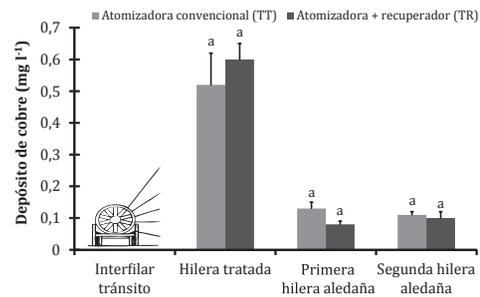
En el follaje de la hilera tratada no se detectó diferencias en cuanto a número de impactos por unidad de superficie, aunque sí una tendencia a disminuir en el tratamiento TR.

En las dos hileras contiguas tampoco hubo diferencias significativas, pero sí una tendencia aún más marcada en la primera hilera adyacente de TR, a reducir la

cantidad de impactos en una proporción muy superior a la observada en la hilera tratada (figura 4, pág. 91).

La observación visual de las tarjetas hidrosensibles de la hilera tratada reveló que, para la mayoría de los casos y en ambos tratamientos, el nivel de cobertura fue el adecuado para lograr una aplicación fitosanitaria efectiva. La cobertura de impactos registrada en las hileras adyacentes no es suficiente para asegurar una adecuada protección sanitaria.

Si se analizan los datos correspondientes a las tarjetas hidrosensibles ubicadas en el suelo, se observa en general, tendencia a mayor deriva para el tratamiento TT en todos los puntos de observación, con diferencias significativas en los sitios interfilar aledaño (22 veces mayor) y primera hilera aledaño (15 veces mayor) (figura 5, pág. 92).

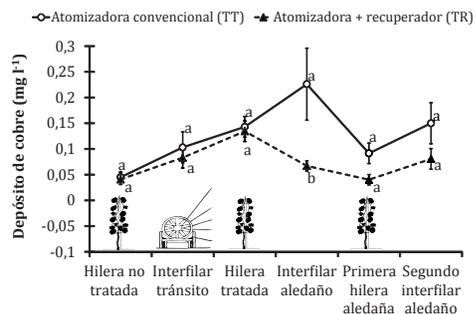


Las barras verticales indican el error estándar. Para cada posición, letras iguales no difieren entre sí estadísticamente (LSD Fisher test, $p \leq 0,05$, $n=4$).

Vertical bars indicate standard error. For each position, same letter do not differ statistically (LSD Fisher test, $p \leq 0,05$, $n=4$).

Figura 2. Depósito de cobre sobre la hilera tratada y dos aledaños. Fecha de aplicación: marzo de 2011.

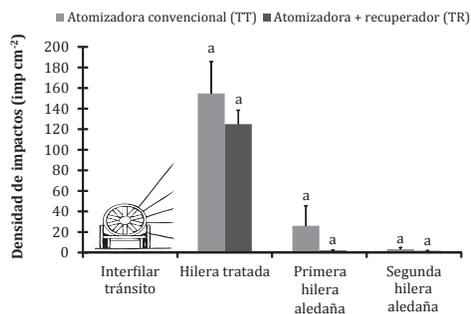
Figure 2. Copper deposit on treated and two adjacent rows. Spraying date: March 2011.



Las barras verticales indican el error estándar. Para cada posición, letras iguales no difieren entre sí estadísticamente (LSD Fisher test, $p \leq 0,05$, $n=4$).
 Vertical bars indicate standard error. For each position, same letter do not differ statistically (LSD Fisher test, $p \leq 0,05$, $n=4$).

Figura 3. Pérdidas ocasionadas por deriva en el suelo determinada en cantidad de depósito.
 Fecha de aplicación: marzo de 2011.

Figure 3. Drift losses in the soil expressed in deposit amount.
 Sprayin date: March 2011.



Las barras verticales indican el error estándar. Para cada posición, letras iguales no difieren entre sí estadísticamente (LSD Fisher test, $p \leq 0,05$, $n=4$).
 Vertical bars indicate standard error. For each position, same letter do not differ statistically (LSD Fisher test, $p \leq 0,05$, $n=4$).

Figura 4. Densidad de pulverizado (impactos por unidad de superficie) en receptores ubicados en distintos niveles y profundidades de la canopia de la hilera tratada, primera y segunda aledaños.
 Fecha de aplicación: marzo de 2011.

Figure 4. Spray density (impacts per unit area) on receptors located at different levels and depths of the canopy of treated row, first and second adjacent. Spraying date: March 2011.

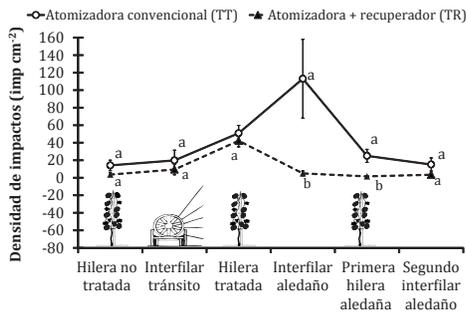
DISCUSIÓN

Al pulverizar sin vegetación y de manera estática, solo el 5% del volumen aplicado escapa a la recuperación del panel, valor similar al obtenido en equipos comerciales de túnel (5). Este valor puede reducirse aún más mediante el uso de accesorios como los deflectores usados en algunos túneles de pulverización (14).

La proporción de pulverización recuperada por el prototipo es similar a la obtenida en los túneles de pulverización donde se llega a ahorrar entre 28 y 32% de principio activo (3, 11).

Ensayos con pulverizadoras de túnel en viñedos, obtuvieron niveles de recuperación de hasta 50 a 67% a principios de temporada, disminuyendo a 20 y 23%, dependiendo del volumen aplicado, y hasta el 9% al aumentar el desarrollo de la canopia (2, 17).

La significancia económica de esta recuperación será directamente proporcional al valor del agroquímico utilizado.



Las barras verticales indican el error estándar.
Letras iguales no difieren entre sí estadísticamente
(LSD Fisher test, $p \leq 0,05$, $n=4$).

Vertical bars indicate standard error. For each
position, same letter do not differ statistically
(LSD Fisher test, $p \leq 0,05$, $n=4$).

Figura 5. Pérdidas ocasionadas por deriva en el suelo obtenidas a través de las determinaciones con papel hidrosensible.

Fecha de aplicación: marzo de 2011.

Figure 5. Drift losses on the ground obtained through measurements with water sensitive paper.
Spraying date: March 2011.

El ahorro de producto y de agua será mayor a medida que aumente el número de aplicaciones que se realicen en la temporada, por ejemplo en zonas agroecológicas de alta susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades, o en temporadas con condiciones climáticas predisponentes para la aparición de las mismas. Al ahorro económico de producto fitosanitario se suma la menor frecuencia de recarga del tanque de la pulverizadora, lo cual representa una reducción de jornales necesarios para la aplicación y una disminución en el consumo de combustible. Esta tecnología de recuperación de fitosanitarios puede

ayudar a mejorar los indicadores de sustentabilidad propuestos para los viñedos locales (1).

Cuando las aplicaciones fitosanitarias son poco eficientes por la incorrecta calibración o directamente la falta de ella, los agricultores normalmente aplican caldo en exceso para verificar de manera visual que el pulverizado "moje bien" la vegetación tratada. En estas situaciones, que se presentan con frecuencia en la vitivinicultura regional, se pierde pulverizado por escurrimiento pero también las pérdidas por deriva aumentan y el uso de la pantalla puede mitigar en parte esta ineficiencia en la aplicación.

Por otra parte, en viñedos en espaldera con alta discontinuidad en la vegetación, ya sea por bajo vigor o por una elevada incidencia de plantas faltantes o "fallas", los niveles de recuperación se acrecentarán.

Teniendo en cuenta la escasa fertilidad de los suelos vitivinícolas de la región, la utilización local de variedades viníferas de limitado vigor y viñedos añosos, es común encontrar canopias con vegetación altamente permeable.

El depósito de producto y la cantidad de impactos por superficie en la canopia tratada con el panel fue similar a la pulverización convencional. Estos resultados se diferencian de los obtenidos en Italia, donde se lograron mayores depósitos trabajando con un pulverizadora con sistema de recuperación (2). Esto se puede deber a la presencia de dos ventiladores axiales que permiten la recirculación del caldo de pulverización.

Aunque en el estudio no es posible discriminar entre el pulverizado que se pierde por escurrimiento en el follaje y por deriva; en el aire, por evaporación, en el suelo o en las hileras adyacentes; estudios previos concuerdan respecto de que una importante proporción de

la deriva se deposita en la superficie del suelo pudiendo llegar del 19 al 27% del volumen total aplicado (15), aumentando por ejemplo la concentración de metales pesados como el cobre, en los suelos agrícolas de Mendoza (12).

La importante variabilidad registrada en la distribución de los depósitos de pulverizado, que también se ha manifestado en otros estudios y es inherente al sistema de aplicación (15), evitó probablemente la manifestación de mayores diferencias estadísticas entre los tratamientos. La dificultad de controlar la nube de pulverización generada por un pulverizador hidroneumático convencional afecta no solamente a la cantidad de pérdidas sino también a la uniformidad de deposición (8).

La deriva de las pulverizaciones terrestres puede llegar a una distancia de 100 m desde el sitio de pulverización (7). En zonas próximas a viviendas, hospitales o escuelas, la utilización de la pantalla antideriva puede reducir los riesgos de contaminación para personas, animales, vegetales, suelo y agua.

CONCLUSIONES

Durante los tratamientos fitosanitarios convencionales en viñedos, una parte de la deriva que atraviesa la hilera tratada se deposita en las hileras aledañas, sin embargo una proporción del pulverizado se pierde en el suelo y el aire. El panel recuperador desarrollado reduce la deriva sin modificar la calidad del tratamiento fitosanitario, tanto en la distribución como en la cantidad del depósito de producto.

La cantidad de líquido recuperado durante las aplicaciones puede ser importante no solo a nivel económico sino también en el plano medioambiental, justificando el desarrollo de un modelo comercial del prototipo experimentado.

El sistema de recuperación reduce el consumo de agua y el número de recargas de la pulverizadora, influyendo positivamente en la huella hídrica y de carbono de la producción vitícola.

La posibilidad de acoplar el panel recuperador a la maquinaria existente, facilitará su adopción, como avance tecnológico de los tratamientos fitosanitarios en espalderos de vid.

En viñedos ubicados en zonas periurbanas, la utilización de esta tecnología puede ser fundamental para reducir de manera significativa los riesgos ambientales y toxicológicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abraham, L.; Alturria, L. V.; Fonzar, A.; Ceresa, A. M.; Arnés, E. 2014. Propuesta de indicadores de sustentabilidad para la producción de vid en Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.* 46(1): 161-180.
2. Ade, G.; Balloni, S.; Pezzi, F. 2005. Valutazione di un'irroratrice a tunnel nei trattamenti al vigneto. *Informatore Fitopatologico.* 55(6): 37-43.
3. Baldoin, C.; De Zanche, C.; Bondesan, D. 2008. Field testing of a prototype recycling sprayer on vineyard: spray distribution and dispersion. *Agricultural Engineering International: The CIGRE journal.* Vol. X. (May): Manuscript ALNARP 08 001.
4. Behmer, S.; Di Prinzio, A.; Striebeck, G.; Magdalena, J. 2010. Evaluation of low-drift nozzles in agrochemical applications in orchards. *Chilean Journal of Agricultural Research.* 70(3): 498-502.

5. Bertoni. 2015. L' Arcobaleno. Disponible en: (<http://www.bertonigreentechology.com/es>). Acceso: 14/10/2015.
6. Del Monte, R. F.; Ambrogetti, A. O.; Becerra, V. C. 1996. Evaluación de los sistemas neumático y neumático-electrostático en la aplicación de pesticidas en viticultura. *Horticultura Argentina*. 15(39): 62-67.
7. Felsot, A. S.; Unsworth, J. B.; Linders, J. B. H. J.; Roberts, G.; Rautman, D.; Harris, C.; Carazo, E. 2010. Agrochemical spray drift; assessment and mitigation-A review. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*. 46(1): 1-23.
8. Gil, E. 2003. Equipos para la aplicación de fitosanitarios: Funcionamiento y prestaciones, En: *Tratamientos en viña. Equipos y Técnicas de aplicación*, 10. UPC, E. Ed.: Barcelona. p. 59-61.
9. Gil, E. 2003. Metodología de trabajo, En: *Tratamientos en viña. Equipos y Técnicas de aplicación*, 13. UPC, E., Ed.: Barcelona. p. 95-104.
10. Gil, E.; Arnó, J.; Llorens, J.; Sanz, R.; Llop, J.; Rosell-Polo, J.; Gallart, M.; Escolà, A. 2014. Advanced technologies for the improvement of spray application techniques in spanish viticulture: an overview. *Sensors*. 14(1): 691-708.
11. Jamar, L.; Mostade, O.; Huyghebaert, B.; Pigeon, O.; Lateur, M. 2010. Comparative performance of recycling tunnel and conventional sprayers using standard and drift-mitigating nozzles in dwarf apple orchards. *Crop Protection*. 29(6): 561-566.
12. Martí, L.; Filippini, M. F.; Salcedo, C.; Drovandi, A.; Troilo, S.; Valdés, A. 2011. Evaluación de metales pesados en suelos de los oasis irrigados de la Provincia de Mendoza: I. Concentraciones totales de Zn, Pb, Cd y Cu. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 43(2): 203-221.
13. Matthews, G. A. 2008. Air-Assisted Sprayers, En: *Pesticide Application Methods*. Blackwell Science Ltd. p. 216-239.
14. Panneton, B.; Lacasse, B. 2004. Effect of air-assistance configuration on spray recovery and target coverage for a vineyard sprayer. *Canadian Biosystems Engineering*. 46(2): 13-18.
15. Pergher, G.; Gubiani, R.; Tonetto, G. 1997. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. *Crop Protection*. 16(1): 25-33.
16. Planas de Martí, S. 2001. Prevención de la deriva en tratamientos fitosanitarios. *Vida Rural* (123): 54-57.
17. Planas, S.; Solanelles, F.; Fillat, A. 2002. PM-Power and Machinery: assessment of recycling tunnel sprayers in mediterranean vineyards and apple orchards. *Biosystems Engineering*. 82(1): 45-52.
18. Salyani, M.; Whitney, J. D. 1990. Ground speed effect on spray deposition inside citrus trees. *Transactions of the ASAE*. 12(5): 539-545.
19. Sinfort, C.; Cotteux, E.; Bonicelli, B.; Ruelle, B. 2009. Une méthodologie pour évaluer les pertes de pesticides vers l'environnement pendant les pulvérisations viticoles. Calais, France. STIC & Environnement. Disponible en: (<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00468867>). Acceso: 03/2013.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo del prototipo y su evaluación fueron financiados por el Proyecto Regional "Apoyo al desarrollo vitivinícola regional" y la línea de investigación "Prevención de la contaminación ambiental en la aplicación de pesticidas", del Centro Regional Mendoza-San Juan del INTA.

Reconocimiento a dos correctores anónimos por sus aportes en la mejora del escrito.