

# EFECTO DE LOS SURFACTANTES SOBRE LA FORMACIÓN DE GOTAS EN LA PULVERIZACIÓN AGRÍCOLA

## EFFECT OF SURFACTANTS ON THE FORMATION OF DROPS IN AGRICULTURAL SPRAYING

**Carlos Alberto Sarubbi** (Senasa), **Gustavo Nardón**. (Universidad de Buenos Aires) y **Leonardo Belgorodsky** (Senasa)

**Resumen:** Las propiedades del líquido asperjado dependen de la formulación del producto y de los coadyuvantes que se adicionan al caldo de aspersión. La aspersión es un proceso complejo que está influenciado por la densidad, la tensión superficial y la viscosidad del caldo. Las propiedades físicas del líquido, en el proceso de desintegración de la lámina de aspersión, no pueden considerarse por separado de los factores mecánicos involucrados y que surgen del diseño y la construcción de la boquilla de aspersión o de los factores hidrodinámicos implicados en el paso del líquido a través de la boquilla. Los surfactantes son sustancias con propiedad de modificar la tensión superficial. Los resultados proponen una disminución en el tamaño de gota del 41,2 %, en el peso del 41,1 % y en la velocidad de caída del 37,6 %. La velocidad de evaporación fue un 107,9 % mayor cuando se agregó el coadyuvante. También indican que la metodología empleada permitiría medir de manera relativa y sencilla en qué orden los surfactantes contraen el tamaño de gota formada. No se considera recomendable el uso de tarjetas hidrosensibles dado que revelan el tamaño de la gota sobre la base de la mancha generada, la cual está influenciada por la tensión superficial del caldo.

**Abstract:** The properties of a sprayed fluid depend on the product formulation and on the adjuvant which are added to create the spray mixture. Spraying is a complex process that is influenced by the density, surface tension and viscosity of the mix. The physical properties of the liquid in the process of disintegration of the spray blade cannot be considered separately from the mechanical factors involved—and arising from the design and construction of the spray nozzle—or hydrodynamic factors involved in the passage of the liquid through the nozzle. Surfactants are substances capable of modifying surface tension. Results suggest decreases in drop size (41.2%), in weight (41.1%) and in drop rate (37.6%). The evaporation rate was 107.9% greater when the adjuvant was added. Results also indicate that the methodology would allow to measure, in a relative and easy way, the order in which surfactants contract the droplet size. The use of hydro-sensitive cards is not recommendable, because, in them, drop size is obtained from the generated stain, which is influenced by the surface tension of the mixture.

**Keywords:** spray, droplet size, surfactant.

**Palabras clave:** pulverización, tamaño de gota, surfactante.

### Introducción

Ramon *et al.* (2007) manifiestan que desde hace muchos años se conoce que las propiedades del líquido asperjado dependen de la formulación del producto que se aplique y de los coadyuvantes que se le adicionen para formar el caldo de aspersión, citando para esta afirmación los trabajos de Dombrowski *et al.* (1960); Ford y Furnidge (1967); Miller y Butler Ellis (1997) y Butler Ellis (2001). Asimismo, Ramon *et al.* (*op. cit.*), referenciando los trabajos de Dombrowski y Johns (1963) y de Hewitt *et al.* (2000), exponen que la formación del espectro de gotas de aspersión es un proceso muy complejo influenciado principalmente por la densidad, la tensión superficial y la viscosidad del caldo asperjado. Este comportamiento del caldo de aspersión con relación al espectro de pulverización tiene una influencia decisiva para optimizar la aplicación de un producto fitosanitario y minimizar su llegada a zonas fuera del blanco buscado.

Según Durigan (1993), los surfactantes son sustancias que tienen la propiedad de modificar la tensión superficial y pueden ser clasificadas como coadyuvantes o aditivos. Para este trabajo se considerará como surfactante a toda sustancia que actúa modificando las fuerzas interfaciales con una orientación de las moléculas entre dos fases, generalmente hidrofóbica

e hidrofílica, a fin de promover una unión más íntima entre las dos sustancias consideradas (fases), a través de la disminución de la tensión superficial (Durigan, *op. cit.*). También se considerará como coadyuvante a cualquier sustancia adicionada a los ingredientes activos en grado técnico para otorgar determinadas características al producto fitosanitario formulado. Este es el que será agregado al diluyente o vehículo de aplicación, casi exclusivamente agua, para formar el caldo de aspersión que se utiliza para realizar la pulverización del producto formulado sobre el blanco del tratamiento. En esta función los surfactantes también son conocidos como coadyuvantes de formulación. Por otra parte, se considera como aditivos a las sustancias que se adicionan al caldo de aspersión con el fin de obtener determinados efectos sobre las propiedades de este (Durigan *op. cit.*), por lo que también son conocidos como «aditivos de aplicación». Algunas sustancias pueden participar en ambas categorías, es decir, estar presentes como coadyuvantes y aditivos. Dentro de estas sustancias, las más comunes son los surfactantes, que pueden ser incorporados al momento de la formulación de un ingrediente activo para obtener el producto fitosanitario formulado (que es el que se comercializa para su aplicación), con lo cual actúan como coadyuvantes, o también pueden ser incorporados al caldo de aspersión y, en ese caso, actúan como aditivos.

La información disponible sobre el efecto que causan los surfactantes en el proceso de formación de gotas es diversa y a veces contradictoria. Ramírez Martín (2007), por ejemplo, comenta la Ley de Tate, la cual explica que una gota se desprende del tubo capilar en el instante en el que su peso iguala a las fuerzas de tensión superficial que la sostienen y que actúan a lo largo de la circunferencia AB de contacto con el tubo (Figura N.º 1). Por lo tanto, al disminuir la tensión superficial, la gota formada por el desprendimiento del líquido de un capilar tendrá un volumen menor comparado con el de la gota formada por un líquido de mayor viscosidad. La Ecuación N.º 1 y la Figura N.º 1 permiten exponer la relación propuesta por Tate.

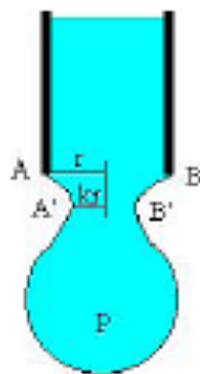


Figura N.º 1 (Fuente: Ramírez Martín, 2007).

$$P = k \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \gamma$$

Ecuación N.º 1

Donde:

P = Peso de la gota

K = Coeficiente de contracción

r = Radio del tubo

$\gamma$  = Tensión superficial del líquido

Ramon *et al.* (*op. cit.*) también refieren los trabajos de Lefebvre (1989), Butler Ellis *et al.* (1999), Miller y Butler Ellis (2000), en los cuales se detalla que el efecto de las propiedades físicas del líquido en el proceso de desintegración de la lámina de aspersión no puede considerarse separado de los factores mecánicos involucrados y que surgen del diseño y la construcción de la boquilla de aspersión, o de los factores hidrodinámicos implicados en el paso del líquido a través de la boquilla pulverizadora. Así por ejemplo, boquillas hidráulicas del tipo deflector, abanico plano con pre-orificio o cono, tienen mecanismos de desintegración de la lámina que se forma a la salida de la boquilla similares al de las boquillas de abanico plano estándar, donde la lámina rápidamente se expande, adelgaza y forma las gotas por un proceso de disgregación a la salida de la boquilla. En cambio, las de aire inducido son las más sensibles a los cambios en las propiedades físicas del líquido de aspersión en comparación con las boquillas hidráulicas; los cambios operados con el uso de las boquillas de aire inducido no siempre siguen necesariamente la misma tendencia. Las teorías existentes sobre la ruptura de la lámina de líquido formada a la salida del orificio en boquillas hidráulicas son las que permiten explicar lo que ocurre con el tamaño de la gota cuando se utilizan líquidos puros, pero no necesariamente para otros tipos de soluciones.

Spraying Systems Co., empresa dedicada a la fabricación de boquillas pulverizadoras, propone una descripción del comportamiento de estas frente a diferentes propiedades físicas del líquido que se asperja a través de ellas, tal como se muestra en la Tabla N.º 1. De allí surge que, para la propiedad física analizada en este trabajo, al aumentar la tensión superficial del líquido el tamaño de las gotas formadas por la boquilla aumenta, motivo por el cual se entiende que la condición inversa también sería válida (menor tensión superficial implica menor tamaño de gota).

|  | Aumento de la presión de operación de la boquilla | Aumento de la gravedad específica | Aumento de la viscosidad | Aumento de la temperatura del fluido | Aumento de la tensión superficial |
|--|---|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Calidad del patrón de pulverización  | Mejora  | Insignificante                    | Deteriora                | Mejora                               | Insignificante                    |
| Capacidad  | Aumenta   | Disminuye                         | *                        | **                                   | Ningún efecto                     |
| Tamaño de la gota  | Disminuye   | Insignificante                    | Aumenta                  | Disminuye                            | Aumenta                           |
| Ángulo de aspersión  | Aumenta, luego decrece                            | Insignificante                    | Disminuye                | Aumenta                              | Disminuye                         |
| Velocidad  | Aumenta   | Disminuye                         | Disminuye                | Aumenta                              | Insignificante                    |
| Impacto  | Aumenta   | Insignificante                    | Disminuye                | Aumenta                              | Insignificante                    |
| Desgaste   | Aumenta   | Insignificante                    | Disminuye                | **                                   | Ningún efecto                     |
| * Para Cono lleno y Cono Hueco aumenta. Para Abanico Plano Disminuye           |   |                                   |                          |                                      |                                   |
| ** Depende del líquido pulverizado y de la boquilla de pulverización utilizada |   |                                   |                          |                                      |                                   |

Tabla N.º 1: Factores que influyen en la Pulverización. Fuente: Spraying Systems Co.

Con respecto a la evaporación de las gotas, estas describen el modelo de «doble fluido», en el que la evaporación tiene lugar como si las gotas estuvieran formadas exclusivamente por agua, de modo que la concentración del producto formulado aumenta progresivamente y, finalmente, cuando la totalidad del agua se ha evaporado, la gota que permanece está formada exclusivamente por el producto formulado más las sustancias coadyuvantes afines con la fase oleosa incorporadas al caldo de aspersión (Gil Moya 1993). Los aceites que protegen de la evaporación lo hacen sobre la fase oleosa (producto formulado) de la gota de aspersión, sin afectar la velocidad de evaporación de la fase acuosa (mayoritaria) de la gota. La importancia de la evaporación de la gota del caldo de aspersión es discutida, entre otros autores, por Prokop, Kejklick (2002), Yu, *et al.* (2011) y Xu (2010). Xu comenta los trabajos de Ramsey y de Stephenson y Hall (2005), los cuales indican que la absorción de los productos químicos puede cesar después de que las gotas depositadas en las hojas se evaporan. Además, si las gotas se evaporan demasiado rápido y no están uniformemente distribuidas, los depósitos químicos del producto formulado pueden formar cristales que tienen baja retención en las hojas. Asimismo, concluye que el tiempo de evaporación y la zona húmeda generada por el depósito de las gotas varían con la ubicación de las gotas (áreas internervales, en la nervadura principal y nervaduras secundarias), con la superficie donde se deposita en la hoja (cara adaxial o abaxial —cerosidad, pilosidad—) y con el tamaño de la gota. Cabe mencionar que los aceites también

son citados, en la aplicación de productos fitosanitarios, como aditivos que disminuyen la evaporación de las gotas y facilitan la penetración a través de cutículas cerosas. Esta situación se ve confirmada con las recomendaciones que se dan para su utilización como adherentes en las que se pide efectuar una premezcla del aceite con el producto formulado para lograr un íntimo contacto entre las dos fases. Luego de que esa mezcla sea incorporada al agua, que actúa como diluyente-vehículo de la pulverización, la fase acuosa queda por fuera de la mezcla aceite+producto formulado como fase continua, mientras que la mezcla aceite+producto formulado queda como fase discontinua en el caldo de aspersión. Los aceites también pueden modificar la viscosidad del caldo según la dosis que se utilice de estos. Spraying Systems Co. informa que el aumento en la viscosidad del caldo afecta el tamaño de la gota formada, al aumentar su diámetro. Por otra parte, la velocidad de evaporación de una gota depende de la superficie en la que se asienta, ya que la interacción entre ambas superficies determina el ángulo de contacto que adopte la gota, de la demanda de vapor que se tiene en el ambiente donde se depositan las gotas, pero también de la población de gotas depositadas en la superficie (Madrid, 2007). Este autor informa que el comportamiento de la evaporación de una gota inmersa en una nube se da de forma tal que primero se evaporan las gotas más pequeñas sin que las más grandes sufran cambio alguno, posiblemente como consecuencia de generar un microambiente próximo a la saturación que ralentiza la evaporación de estas últimas. Asimismo,

propone que la evaporación de las gotas individuales depende de la cantidad y del tamaño de las vecinas y que una mayor cantidad de ellas por unidad de superficie estaría asociada a una mayor concentración de vapor de agua en el ambiente inmediato en el que se encuentra la gota.

Asimismo, la importancia del conocimiento del efecto de los surfactantes en el tamaño de la gota de aspersión y su efecto en la exoderiva es una antigua preocupación, como lo demuestra el trabajo de Wesley *et al.* (1976).

Durante la revisión bibliográfica se identificaron varios trabajos que informan que el tamaño de gota aumenta cuando se utilizan surfactantes. Para arribar a esta afirmación, se utilizan tarjetas hidrosensibles marca Syngenta (Tesouro, 2003; McCracken, 2010). Cabe destacar que las tarjetas hidrosensibles de la empresa Syngenta Crop Protection revelan una mancha originada por su gota correspondiente y mediante una corrección, aplicando un factor de dispersión específico para esa marca de tarjeta, permiten estimar cuál habría sido el tamaño de gota en el espacio que originó esa mancha. Para ello indican que el factor de dispersión fue medido utilizando para la determinación del tamaño de gota el método de óxido de magnesio y el de silicona.

Este trabajo solo se propone analizar el efecto de los surfactantes sobre algunas de las propiedades de la gota de aspersión, sin avanzar sobre el efecto que podría tener sobre la modificación en la velocidad de absorción en un vegetal al favorecer la penetración a través de cutículas cerosas, estomas, etcétera.

## Materiales y métodos

El producto ensayado fue un coadyuvante tensioactivo marca «Peyte Nass-50» (principio activo: alquil aril propilenglicol éter), formulado a una concentración de 50 % v/v; fue utilizado con una dilución de 150 cm<sup>3</sup> de surfactante cada 100 litros de caldo, máxima concentración propuesta en el rótulo del producto para ser empleada en la aplicación de productos fitosanitarios.

Para la formación de las gotas se utilizó una micropipeta volumétrica marca Eppendorf modelo Multipette plus® Reparter plus® con el combitip de 0,1 ml, que permite dispensar volúmenes desde 1 µl a 20 µl. Por otra parte, para pesar las gotas formadas con el objeto de validar el efecto que pudiera tener el surfactante sobre el tamaño de estas, se utilizaron una balanza marca Scientech SA 120 con capacidad máxima de pesada de 120 g y una resolución d = 0,0001 gramo (0,1 mg), y una cámara de fotografía ultrarrápida, marca Casio modelo High Speed Exilim EX-FH20, con capacidad para tomar imágenes de 200 a 400 fotogramas por segundo (para medir la velocidad de caída en este trabajo, es suficiente la capacidad de 210 fotogramas por segundo). Esta cámara, con

el auxilio de una escala graduada sobre la cual se tomaban las imágenes durante el descenso de una gota, permitió medir la velocidad de caída. Dicha medición se realizó considerando el espacio recorrido, identificado por los fotogramas, y la posición de la gota contra una escala graduada. Por otra parte, el tiempo insumido se calculó en función de la cantidad de fotogramas necesarios para pasar desde la posición de inicio del conteo hasta la posición de finalización. Este parámetro sería una segunda estimación del tamaño de la gota, ya que las gotas de menor volumen, al pesar menos, tendrían una velocidad de caída menor. Se partió de la premisa de que la concentración de surfactante utilizado no afectaría la densidad ni la viscosidad del caldo.

## Resultados y discusión

Con agua de red las gotas se pudieron formar a partir de un volumen dispensado por la micropipeta de 17 µl, que equivaldría a gotas de 3190 µm (3,19 mm) de diámetro, parámetro determinado utilizando la Ecuación N.º 2, que permite calcular el volumen de una gota.

$$\text{Volumen de la gota} = 4/3 \cdot \pi \cdot r^3.$$

Ecuación N.º 2

Los datos preliminares obtenidos indican que, como consecuencia de la disminución de la tensión superficial en el caldo formado por agua de red más el coadyuvante en una concentración de 1,5 cm<sup>3</sup> por cada litro de agua, se pudieron formar gotas de 10 µl. Estas equivaldrían a gotas de 2673 µm (2,67 mm) de diámetro, según la Ecuación N.º 2. Cuando se utilizó solamente agua de red se pudieron formar gotas de 14 µl, que equivaldrían a gotas de diámetro 2990 µm (2,99 mm), aplicando también la Ecuación N.º 2. Estos resultados son consistentes con la Ley de Tate e indican que la disminución en el tamaño de gota fue del 41,2 %, con respecto al volumen de la gota obtenida con agua de red.

Asimismo, para confirmar los valores preliminares y para eliminar el efecto de que el desprendimiento de la gota no se produce siempre con el mismo volumen, conforme a lo propuesto por Tate en la Figura N.º 1, se pesaron gotas que se formaban sin que ello implicara querer calcular la «constante del gotero» para una sustancia a una concentración dada. Esta medición se utilizó como una prueba confirmatoria de los datos obtenidos relativos a los volúmenes de gota utilizando la micropipeta. Los resultados del pesaje de gotas individuales indicaron que las que contenían surfactante pesaban en promedio un 41,1 % menos que las que no lo contenían, según surge de la Tabla N.º 2. Las Fotos N.º 1 y N.º 2 exponen, a modo de ejemplo, el instrumental utilizado y los resultados obtenidos sin surfactante.

|                             | CON SURFACTANTE | SIN SURFACTANTE |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| Promedio de 13 repeticiones | 11,2            | 19,0            |
| Desvío estándar DENSIDAD    | 1,3             | 0,6             |

Tabla N.º 2: Peso de gotas individuales (en mg)

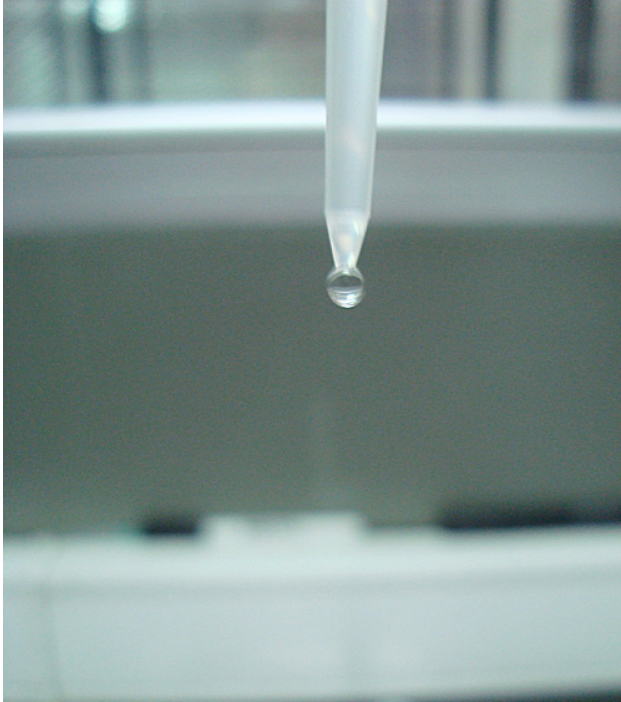


Foto N.º 1. Sarubbi (2012).

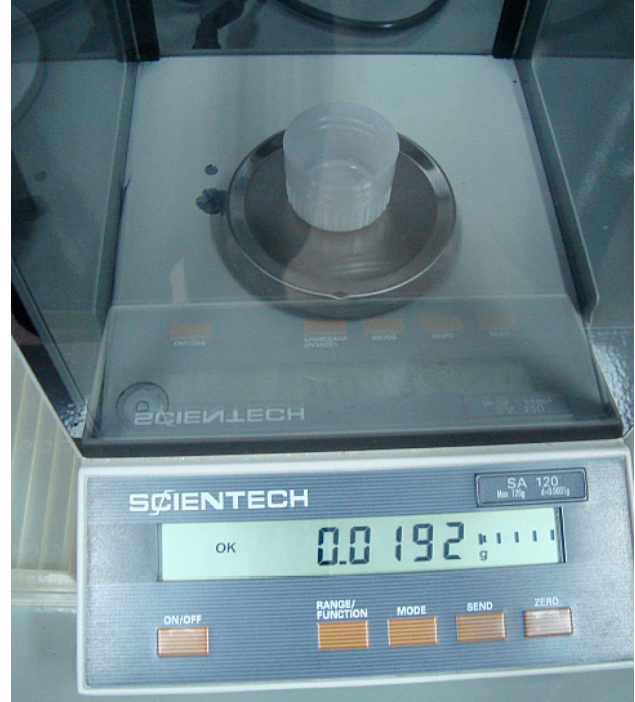


Foto N.º 2. Sarubbi (2012).

Finalmente, y para tener una confirmación más, mediante la toma de fotografías utilizando la cámara de alta velocidad se calcularon las velocidades de caída cuando la gota se desprendía espontáneamente de la micropipeta. Estos resultados indican que las gotas con surfactante evidenciaban una velocidad de caída un 37,6 % menor que las formadas solamente con agua de red. Estos valores fueron determinados según la cantidad de fotogramas o cuadros que puede tomar la cámara por unidad de tiempo y se exponen en la Tabla N.º 3.

|   | VELOCIDAD DE CAÍDA (CM.S <sup>-1</sup> ) | VELOCIDAD DE CAÍDA (KM.H <sup>-1</sup> ) |
|---|--|--|
| Con surfactante (promedio de 10 repeticiones) | 131                                      | 4,72                                     |
| Sin surfactante (promedio de 10 repeticiones) | 210                                      | 7,56                                     |

Tabla N.º 3: Velocidades de caída medidas a una velocidad de 210 fotogramas por segundo

Se midió también la velocidad relativa de evaporación de gotas individuales formadas con surfactante y sin él. Dado que las gotas que contenían el surfactante eran de menor volumen y ocupaban una superficie de contacto mayor, evidenciaron una velocidad relativa de evaporación un 107,9 % mayor que las constituidas exclusivamente por agua de red. En la Tabla N.º 4 se consignan los tiempos absolutos de evaporación de las gotas formadas con surfactante y sin él a la concentración utilizada en el ensayo, desde su depósito en la superficie hasta su desaparición total. Las condiciones atmosféricas fueron monitoreadas con una estación meteorológica portátil marca Kestrel modelo 3000. La temperatura ambiente era de 26,6 °C; la humedad relativa ambiente, del 52 % y la velocidad relativa del aire, de 0,0 (m.s<sup>-1</sup>). Para medir el tiempo se utilizó el cronómetro incorporado en un teléfono celular marca Nokia. Se usó una superficie de vidrio para depositar las gotas individuales a efectos de medir el tiempo que demandaba su evaporación.

| TRATAMIENTO     | TIEMPO INSUMIDO HASTA EVAPORACIÓN (segundos) |
|-----------------|--|
| Con surfactante | 1,424  |
| Sin surfactante | 2,960  |

Tabla N.º 4: Tiempos absolutos de evaporación de las gotas (promedio de cinco repeticiones)

En este ensayo no fue necesario el uso de tarjetas hidrosensibles Syngenta (10) o de plaqueta cuadrículada para medir la evolución de la superficie cubierta, dado que los tamaños de gota obtenidos permitían su comparación relativa por simple observación visual. Estas determinaciones probarían que los surfactantes disminuyen el tamaño de gota, ya que al tener las gotas con surfactante una menor tensión superficial, el área cubierta sobre una superficie plana y rígida aumenta y, como consecuencia de ello, al exponer una mayor superficie efectiva de contacto con el ambiente su velocidad de evaporación es mayor. Por lo tanto los surfactantes tendrían la capacidad de disminuir el tamaño de las gotas formadas a partir del caldo que los contiene, y como consecuencia se verifica un aumento en la velocidad de evaporación.

### Conclusión

Los resultados obtenidos indican que los productos surfactantes —tensoactivos—, que disminuyen la tensión superficial del caldo, reducen el tamaño de la gota formada. Esto es consistente con la información disponible sobre el comportamiento de los surfactantes sobre el tamaño de la gota. Por otra parte, sugieren que la metodología empleada permitiría medir de manera relativa y sencilla en qué magnitud tiene lugar esta disminución del tamaño para un caldo con surfactante con respecto al agua de red. A fin de aportar información sobre la repetibilidad, consistencia, sensibilidad, exactitud y solidez de los resultados, se propone realizar nuevos ensayos con otros productos tensoactivos, a efectos de confirmar la posibilidad de aplicar esta metodología para observar el efecto de determinados productos sobre el tamaño de la gota formada por el caldo que los contiene.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Licenciado Héctor Mugica, de la Dirección de Agroquímicos y Biológicos del Senasa por la paciente revisión y corrección de la información aportada en el presente trabajo.

### Bibliografía

Butler, B. *et al.* (1969), «Use of spray adjuvants to reduce drift», *Transaction of the ASAE* 1969, pp. 182-186.

Durigan, J. C. (1993), Efeitos de adjuvantes na aplicação e eficácia dos herbicidas, Faculdade de Ciências Agrárias e

Veterinárias, Campus de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 42 pp.

Gil Moya, E. (1993), «Pérdidas de productos fitosanitarios por deriva», *Máquinas y Tractores (MT Dossier)*, pp. 76-83.

Lefebvre, A. H. (1989), «Basic processes in atomization», *Atomization and Sprays*, Hemisphere Publishing Corporation, USA, pp. 27-78.

Madrid, M. A. *et al.* (2007), «Estudio de la evaporación de una población de gotas», *Anales AFA*, volumen N.º 19, Salta ISSN 1850-1158 [en línea]. Disponible en: <[www.unicen.edu.ar/crecic/analesafa/vol19/v1956-260-263.pdf](http://www.unicen.edu.ar/crecic/analesafa/vol19/v1956-260-263.pdf)> [Consulta: agosto de 2011].

McCracken, A.; Escalas V. (2010), «Evaluation of adjuvants to determine effect on droplet size and potential use of “anti-evaporants” as substitutes for crop oil», Paper number: AA10-008. An ASABE section meeting presentation.

Miller, P. C. H. y M. C. Butler Ellis (2000), «Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based sprayers», *Crop Protection*, vol. 19, n.º 1-2, pp. 609-615.

Prokop, M. y R. Kejklick (2002), «Effect of adjuvants on spray droplet of water», *Research agricultural engineering*, vol. 48, n.º 4, pp. 144-148.

Ramírez Martín, J. y M. Tovar Padilla (2007), «Tensión Superficial» [en línea]. Disponible en: <<http://anales.fisica.org.ar/journal/index.php/analesafa/article/.../286>> [Consulta: julio de 2013].

Ramsey, R. J. L., Stephenson, G. R., y J. C. Hall (2005), «A review of the effects of humidity, humectants, and surfactant composition on the absorption and efficacy of highly water-soluble herbicides», *Pesticide Biochemistry and Physiology*, vol. 82, pp. 162-175.

Ramon, H. *et al.* (2007), «Drift from field sprayers», *The influence of spray application technology determined using indirect and direct drift assessment means*, ISBN 978-90-8826-039-1, *Dissertationes de Agricultura*.

Spraying Systems Co., Factores que influyen en la pulverización [en línea]. Disponible en: <<http://www.spraying.com.ar/Factores.htm>> [Consulta: agosto de 2011].

Syngenta, «Water sensitive paper for monitoring spray distribution», Syngenta Crop Protection AG, CH-4002 Basel Switzerland. May K. R. Journal of Scientific Instrument 24, pp. 128-130, Bestimmung und Bewertung von Tröpfchengrößenpektren bei Pflanzenschutzdüsen, J. Jase, Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, 22.2.a970, pp. 17-24.

Tesouro, M. O. *et al.* (2003), «El uso de tensioactivos y su relación con el porcentaje de cobertura», RIA, vol. 32, n.º1, pp. 89-98 ISSN 0325-8718 abril 2003, INTA, Argentina.

Wesley, E. *et al.* (1976), «Effects of spray adjuvants on drift hazards», Transaction of the ASAE, pp. 41-46.

Xu, L. *et al.* (2010), «Evaporation rate and development of wetted area of water droplet with and without surfactant at different locations on waxy leaf surface», Biosystems engineering, vol. 106, pp. 58-67 Published by Elsevier Ltd on behalf of IAGRE [en línea]. Disponible en: <[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)> / <[www.elsevier.com/locate/issn/15375110](http://www.elsevier.com/locate/issn/15375110)> [Consulta: julio de 2013].

Yu, Y. *et al.* (2011), «Effect of surfactants on evaporation and deposition coverage area of pesticide droplet on different tobacco leaves», An ASABE Meeting Presentation Paper Number: 1110473 Written for presentation at the 2011 ASABE Annual International Meeting Sponsored by ASABE Gault House Louisville, Kentucky August 7-10.