

Título: Efecto de los surfactantes siliconados en el tamaño y evaporación de la gota de aspersión.

Trabajo final presentado para optar al título de Especialista en Mecanización Agrícola.

Carlos Alberto Santiago Sarubbi

Ingeniero Agrónomo Universidad de Buenos Aires - año de egreso: 1988

Lugar de trabajo: Cátedra de Maquinaria Agrícola Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires.



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano
Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires

Fecha de defensa del Trabajo final: 28 de Abril de 2015

Resumen:

El tamaño de la gota asperjada influye en la posibilidad de encuentro entre el caldo, que contiene el producto fitosanitario, con el blanco. En la probabilidad de ese encuentro, gota-blanco, interactúan variables como: tamaño de gota, modo de acción del producto fitosanitario, presencia de surfactantes en la formulación del producto fitosanitario y/o la incorporación de aditivos o coadyuvantes de aplicación en el caldo de aspersión; condiciones ambientales y características y tamaño de la superficie receptora del caldo asperjado. La interacción de las variables antes descritas influyen básicamente en las derivas y la evaporación de la gota sobre la superficie del blanco, jugando un papel categórico en el resultado del tratamiento, muchas veces enmascarado por el uso de altas dosis del producto formulado. Los coadyuvantes y/o aditivos del tipo surfactantes básicamente se emplean para disminuir la tensión superficial de una gota, evitando que ésta ruede y no quede retenida en el blanco.

En el presente trabajo, se evaluó el efecto que tiene el uso de una mezcla de surfactante siliconado, en comparación con una gota de agua, sobre las variables “tamaño de la gota” (formada con micropipeta volumétrica) y “tiempo de evaporación” de dicha gota. Se utilizó una micropipeta volumétrica a fin de analizar el efecto de la dilución del surfactante de manera independiente a la influencia, en el tamaño de la gota asperjada, aportada por la boquilla pulverizadora y la formulación del producto fitosanitario. Los resultados obtenidos confirman que el tamaño de gota se ve reducido, en volumen y en peso, al igual que el tiempo en que tarda en evaporarse una gota que contiene una mezcla de agua más surfactante siliconado vs. una gota de agua. También permite concluir que, el uso de tarjetas hidrosensibles para predecir el comportamiento de los surfactantes sobre el tamaño de gota, es inadecuado.

Palabras Clave: Micropipeta volumétrica, Peso de la gota, Surfactante, Tiempo de Evaporación, Volumen de la gota.

Introducción:

Podemos aceptar que, desde el 21 de agosto de 2012 cuando toma estado público el fallo de la Cámara 1ª del Crimen de Córdoba, condenando por primera vez al propietario de un campo y a un piloto aeroplificador por el delito de contaminación ambiental penado por el artículo 55 de la Ley de Residuos Peligrosos (La Voz 2014), la problemática de los productos fitosanitarios y su aplicación ingresó en el debate de la opinión pública. Si bien se trata de una apostilla al margen de este trabajo, es importante hacer un comentario sobre qué se puede entender por “opinión pública”. Al respecto, Sabato (2006) escribió “...Es extraño que todavía haya gente que siga creyendo en ese mito. Es extraño, también, que siga teniendo fe en la Opinión Pública, como si este fetiche no pudiera crearse a voluntad mediante la Propaganda...”.

Al proceso de la formación de la llamada opinión pública, se le unen conclusiones de trabajos científicos sin ponerlas en el tenor en el que fueran obtenidas. Tal sería el caso del que corresponde a Pimentel y Levitan (1986), donde mencionan que la cantidad total del fitosanitario que alcanza la plaga blanco del tratamiento, a menudo es menos del 0,1 % del fitosanitario aplicado al cultivo, sin hacer mención expresa a que esto no se debe a “exoderiva”, sino al efecto matemático de superponer la distribución del fitosanitario con la repartición de la plaga en el cultivo. Entendiéndose por ello, según sus cálculos, que el “encuentro” del fitosanitario con la plaga es menor al 0,1%. Como consecuencia, podemos observar que, con la información tomada de trabajos como el Castro *et al* (2014) sobre el porcentaje de producto fitosanitario que llega al blanco mencionado por Pimentel y Levitan (op. cit), y dado que estos autores no hacen

referencia al entorno en que fueron obtenidos esos datos, da libertad para orientar una conclusión según la interpretación que quiera darle el lector (exoderiva, endoderiva, sobre aplicación), quedando por lo tanto reducida por sí misma al absurdo por su simple lectura. En este punto, cabe hacer una lectura crítica del trabajo de Pimentel y Levitan (op. cit.), en el sentido que recién a partir del año 2000 se está aprovechando la tecnología electrónica e informática para el desarrollo y perfeccionando la aplicación selectiva de herbicidas, en función a distintos métodos de detección (pulverización selectiva por detección del color; detección de color rojo cercano al infrarrojo; utilización de visión artificial), de manera que solo ante la presencia de la maleza se active la aspersión. Ahora bien, en organismos que tengan capacidad de moverse o de insecticidas sistémicos-traslaminares, esa afirmación debería ser reevaluada, dada la movilidad del fitosanitario para ir al encuentro del blanco. Por otra parte, y en contraposición a la utilización de la conclusión del trabajo Pimentel y Levitan (1986) como sinónimo de exoderiva, se cita el realizado por la Spray Drift Task Force (SDTF) (1997), donde se expone que, basado en los datos generados por la propia SDTF, en una típica aplicación en cobertura total, con pulverizadores terrestres para cultivos bajos, utilizando boquillas hidráulicas, más del 99,9 % del ingrediente activo aplicado se queda en el campo y menos de una décima parte del uno por ciento se desplaza. Agregando a continuación que, se entiende por una aplicación atípica como aquella que se realiza con 364,8 m de ancho, 20 hileras de campo (pasadas), utilizando boquillas de abanico plano 8004 a 40 PSI (DVM 341 μm), a una altura de boquilla de 0,508 m y un 18,52 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ viento cruzado. En este punto, también, es necesario citar que el propio Pimentel (2005), referenciando los trabajos de Akesson y Yates (1984); Mazariegos (1985), Hall (1991) y Pimentel *et al* (1993), cita que de 50 a 75% de los fitosanitarios

aplicados nunca alcanza el objetivo en aplicaciones aéreas, en contraste con el 10 a 35% de los aplicados con equipos terrestres.

Sin embargo, el trabajo que más se cita en publicaciones ambientales es el correspondiente al de Pimentel (1995) que retoma lo expuesto en Pimentel y Levitan (1986) sobre el porcentaje de producto que llega al blanco, encontrándose internalizado en la comunicación científica ambiental como “pérdidas por deriva” como surge del sitio web -what you need know about pesticide drift-.

Otro tema no resuelto, y que aporta a una confusión generalizada, es la forma en que deben ser denominados los productos utilizados para el control de las adversidades de los vegetales. Esta cuestión, que parece un tema menor y reducido a una cuestión semántica, gana relevancia cuando aparecen cuestiones legales. Nuevamente, es necesario recordar que al productor y aeroplacador de la Provincia de Córdoba se los condenó por la Ley de Residuos Peligrosos 24051 (1992), cuando ésta tipifica en el Anexo I, literal Y4 que “residuos peligrosos son a los desechos resultantes de la producción, la preparación y utilización de biocidas y productos fitosanitarios”. De su lectura quedaría claro, para los profesionales de las ciencias agronómicas y con incumbencias expresas en el tema de productos de terapéutica vegetal, que una aplicación de un fitosanitario no es la aplicación de un residuo peligroso. Es más, lo que queda del caldo de aspersión en el objetivo del tratamiento es un depósito del mismo, el cual está sujeto a algún tipo de degradación hasta el momento de realizarse la cosecha del cultivo. En ese momento, ese depósito pasa a ser un “residuo” y ese residuo está regulado por la autoridad de aplicación en cuanto al máximo permitido (Límite Máximo de Residuo) como por ejemplo la Resolución Senasa N° 608/2012 y no por la ley de residuos peligrosos dado que ésta no lo tipifica.

Finalmente, esta confusión semántica también puede observarse por ejemplo en los nombres que se les asignan a los fitosanitarios en trabajos científicos. No es difícil encontrar en publicaciones acreditadas los siguientes términos:

- Biocida: Si bien esta palabra no está aceptada por la Real Academia Española (2015 a) en su diccionario, analizando su extensión se trataría de cualquier sustancia química de síntesis o natural que mata a todo ser vivo (wikipedia 2015 a), precisamente por su extensión no debería dejar de lado a otros métodos como por ejemplo los físicos. Tal sería el caso del calor en función a la temperatura que se alcance, por ello el flameado también podría ser considerado un biocida en función al tiempo de exposición y temperatura que alcance. A nivel de fitosanitarios, autorizados para su empleo por el Registro Nacional de Terapéutica Vegetal, lo que más se acerca a este concepto es el bromuro de metilo (gas fumigante), pese a ello hay reportes antiguos que indican que las rickettsias y mollicutes (grupo de bacterias) no son controlados por este fitosanitario (Jauch 1976).
- Plaguicida: Este término hace referencia a la necesidad que exista una “plaga” para que esta sea destruida. No todas las adversidades de un cultivo son plagas. El concepto de plaga es antrópico y para el caso de la República Argentina la Ley de Sanidad Vegetal (artículo 2º, Decreto-Ley 6704) prevé que una adversidad debe ser declarada plaga de la agricultura. Por usos y costumbre, y a fin de sintetizar el concepto de adversidad, se popularizó el término “Plaga”, el cual también fue tomado para la lengua castellana en la en los términos establecidos en la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria aprobada por la Conferencia FAO en su 29º período de sesiones -1997-, internalizada por Argentina mediante Ley 25218 -1999- y en el estándar 2.3. del Grupo Mercado Común del Mercosur aprobado por la Resolución GMC/M n° 43/96

- Pesticida: Se trata de la castellanización del término “pesticide” de la lengua inglesa. Esta palabra, si bien se encuentra aceptada en la Real Academia Española (2015 b), hace referencia a aquello que se destina a combatir una plaga.
- Agrotóxico: Para analizar este concepto podríamos tomar el concepto vertido por Theophrastus Phillippus Aureolus Bombastus von Hohenheim (Paracelso) (Wikipedia 2015 b), en este caso todas las sustancias son tóxicas y tendríamos que preguntarnos como deberíamos redefinir la palabra remedio para los productos de síntesis química o naturales que utilizamos en la farmacopea humana

Los términos legales en Argentina serían “Fitosanitario” (definidos como tal en la Resolución SAGPyA 350/99) o “Producto de Terapéutica Vegetal” en función al nombre del registro donde se los debe inscribir para poder ser legalmente producidos, comercializados y aplicados.

A este enredo dialéctico, no dejan de incorporárseles definiciones, que por su falta de profundidad o precisión, terminan siendo utilizadas como muletillas para expresar una opinión sin fundamentarla científicamente. Es el caso del término “amigable con el medio ambiente”, que se utiliza desde hace mucho tiempo para los productos fitosanitarios que tienen un menor riesgo toxicológico y ecotoxicológico. Estos son requisito de información previsto de ser presentado para el registro de un producto fitosanitario en función a lo regulado por la ex Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación (Resolución N° 350/99). Tampoco podemos olvidar otras frases como “tecnología de punta, de avanzada, de última generación etc.”, que lejos están de aportar precisión en aquello que intentan definir también son utilizadas para adjetivar las prestaciones de productos fitosanitarios.

Si bien la problemática de los productos fitosanitarios está lejos de ser saldada, se está avanzando en la discusión de los coadyuvantes utilizados para su formulación y/o

su aplicación. Esto surge de los abundantes trabajos que se han desarrollado en los últimos años, y donde se podría decir que esto se inicia a partir del de Butler *et al* (1969). Así por ejemplo, pueden citarse el de Prokop y Kejklick (2002), Stainier *et al* (2006), Sarubbi *et al* (2013) y Castro *et al* (2014), dentro de una lista muy extensa, la cual puede rearmarse analizando la bibliografía citada en estos trabajos.

Pese a no haberse terminado esta discusión, se abrió otra vinculada a los llamados “coadyuvantes”. Acá también, en no pocos trabajos científicos se los asocia como sinónimos de tensioactivos. Los coadyuvantes son sustancias orgánicas o inorgánicas útiles que se emplean para mejorar, adecuar y/o diluir el principio activo a las concentraciones requeridas en la formulación, de manera tal de hacerlo apto para su uso en la preparación y aplicación del producto formulado. Por otra parte, se considera como aditivos a las sustancias que se adicionan al caldo de aspersion con el fin de obtener determinados efectos sobre las propiedades del mismo (Durigan 1993), aunque también se ha popularizado el término coadyuvante para estos productos y se los menciona como coadyuvantes de aplicación para diferenciarlos de los coadyuvantes de formulación.

Los coadyuvantes y/o aditivos, se pueden utilizar para actuar como (Nova 2014):

- **Activadores de productos fitosanitarios:** La característica que tienen es la de mejorar la actividad de los fitosanitarios mediante la reducción de la tensión superficial, el aumento en la absorción-penetración, la velocidad de absorción-penetración, disminución de las foto transformaciones, protección del escurrimiento ante lluvias. Se encuentran en general más asociados a productos fitosanitarios de aplicación al follaje. Los mecanismos por los cuales los activadores ejercen su acción están vinculados a la solubilización de la cutícula y capas cerosas, prolongación en el tiempo del secado de la gota depositada sobre el blanco, aumento de la superficie mojada para un mismo tamaño

de gota, aumento en la retención sobre la superficie objeto del tratamiento. Comprenden

a:

- Surfactantes,
 - Penetrantes,
 - Adherentes,
 - Potenciadores y sinergistas,
-
- **Utilitarios:** Se caracterizan porque su condición de trabajo es tal que, amplían el rango de escenarios externos a la formulación del producto fitosanitario bajo las cuales la formulación puede ser empleada. Comprenden a:
 - Antieaporantes,
 - Antideriva (exoderiva),
 - Floculantes (precipitantes de materia orgánica y/o arcillas presentes en el agua con en la cual se diluye el producto fitosanitario formulado, tal cual viene en su envase, para formar el caldo de aspersión,
 - Antiespumantes,
 - Correctores del pH del agua utilizada para la dilución del producto formulada (secuestrantes de cationes, acidificantes, buffers),

 - **Otros:** Son sustancias que ayudan a los trabajos complementarios de la aplicación de un producto fitosanitario. En este punto se pueden agrupar a los siguientes:
 - Limpiadores internos de tanques de máquinas pulverizadoras,
 - Colorantes para marcar la cobertura de la aspersión,
 - Inactivadores del caldo residual en el depósito de la pulverizadora.

Según Durigan (1993), los surfactantes son sustancias que tienen la propiedad de modificar la tensión superficial y pueden ser clasificadas como coadyuvantes o aditivos. Por lo tanto, los tensioactivos son un tipo de coadyuvantes o de aditivos. A su vez, los agentes tensioactivos pueden ser anfóteros (sustancia que puede reaccionar ya sea como un ácido como una base), no iónicos, iónicos (aniónicos, catiónicos). Consecuentemente, los tensioactivos son sustancias surfactantes, que tienen la propiedad de modificar la tensión superficial, son un tipo de coadyuvante, y no pueden utilizarse como sinónimos de estos.

Algunas de las propiedades atribuidas a los surfactantes es contradictoria, dado que se los analiza de una manera cuestionable. Tal es el caso del comportamiento “antideriva” (se debe entender a este término como mitigador de la exoderiva). Así por ejemplo, la empresa Spraying Systems Co. (2011), dedicada a la fabricación de boquillas pulverizadoras, informa que al aumentar la tensión superficial del líquido el tamaño de gota formada 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). Esto es compatible con la Ley de Tate, también conocida como “constante del gotero”, citada por Ramírez Martín y Tovar Padilla (2007), y del trabajo de Sarubbi *et al* (2013), donde evaluaron el efecto sobre el volumen, el peso y la velocidad de caída de gotas de agua y de una mezcla de agua y surfactante utilizando una micropipeta volumétrica. Sin embargo, no son pocos los trabajos que informan que el tamaño de gota aumenta cuando se utilizan surfactantes, realizando la medición sobre tarjetas hidrosensibles marca Syngenta para arribar a esta afirmación (Tesouro *et al* 2003 y McCracken 2010). Al respecto, cabe recordar que las tarjetas hidrosensibles de la empresa Syngenta (2003) revelan una mancha, la cual es originada por su gota correspondiente, y mediante una corrección, aplicando un factor de dispersión

específico para esa marca de tarjeta (tabla N° 1), 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. Consecuentemente, no es el medio adecuado para estudiar el efecto de los surfactantes sobre el tamaño de gota formado y su correlación con la exoderiva dado el error metodológico que conlleva.

Medición de gotas:

Diámetro de la mancha / factor de corrección = Diámetro de la gota

Diámetro de la mancha de la gota en μm	Factor de corrección (*)	Diámetro real en μm
100	1,7	59
200	1,8	109
300	1,9	155
400	2	200
500	2,1	243
600	2,1	285

(*) Referido a la deformación de las gotas sobre el papel, utilizando agua a 20°C y aproximadamente 40% de humedad relativa ambiente

Tabla N° 1 Factores de corrección informados por Syngenta (2003) para pasar de diámetro de mancha en la tarjeta hidrosensible a diámetro real de gota en el espacio.

El tamaño de la gota asperjada por una boquilla pulverizadora reviste importancia sustancial ya que influye en la posibilidad del encuentro del caldo de aspersión, que contiene el producto fitosanitario, con el blanco. En la probabilidad que ocurra ese encuentro “gota-blanco” interactúan básicamente cinco factores a saber:

1) El tamaño de gota (modelo de boquilla y presión de aspersión): Ramon *et al* (2007) referenciándose en los trabajos de Lefebvre (1989), Butler Ellis *et al* (1999), Miller y Butler Ellis (2000) describe como, en el proceso de desintegración de la lámina de aspersión, el efecto de las propiedades físicas del líquido no puede considerarse separado de los factores mecánicos involucrados, los cuales surgen del diseño y

construcción de la boquilla pulverizadora, o de los factores hidrodinámicos implicados en el paso del líquido a través de la boquilla. Ramon *et al* (op. cit.) menciona que, boquillas hidráulicas del tipo “espejo” o deflector, abanico plano con pre-orificio para aplicación en cobertura total y las tipo cono, tienen mecanismos similares de desintegración de la lámina que se forma a la salida de la boquilla, al de las boquillas del tipo abanico plano estándar para aplicación en cobertura total, donde la lámina rápidamente se expande, se adelgaza y forma las gotas por un proceso de disgregación de la lámina de líquido que se origina a la salida de la boquilla. En cambio, las boquillas 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 aire inducido no siempre siguen necesariamente la misma tendencia.

2) El modo de acción del producto fitosanitario (herbicidas sistémicos mantienen eficacia en el control aún con gotas extremadamente gruesas). Aquí pueden mencionarse, entre otros los trabajos de:

- Prokop y Veverka (2002), emplearon dos herbicidas, uno sistémico (clethodim) y otro de contacto (bentazon), con dosis de 240 g.l^{-1} más surfactante (90% raps fluid y 10% polyetoxyl-ester) y bentazon 480 g.l^{-1} más surfactante (Wettol LF 150 g.l^{-1}) respectivamente, no encontrando diferencias significativas en la eficacia de control de las malezas *Elytrigia repens*, *Chenopodium album* y *Galium aparine*, cuando se asperjó el herbicida sistémico con gotas que van desde un DVM de $193 \mu\text{m}$ a $929 \mu\text{m}$, mientras que con el herbicida de contacto, utilizando espectros de gotas en un rango de DVM $183 \mu\text{m}$ a $911 \mu\text{m}$, la eficiencia aumentó significativamente con las gotas de tamaños más pequeñas.

- Feng *et al.* (2003), estudiaron el efecto del tamaño de gota en la retención, absorción y traslocación de glifosato marcado con carbono 14 en maíz RR, en aplicaciones con tamaño de gotas fino, medio y grueso. Encontraron que la retención de la pulverización en hojas de maíz fue mayor con la aplicación de gotas finas (47%) que con la aplicación de gotas gruesas (38%) y gotas medianas (37%) y que la absorción mostró una correlación directa con el tamaño de la gota. Además, determinaron que el porcentaje de traslocación también aumentó con el tamaño de gota y que la traslocación fue principalmente hacia los tejidos de alta demanda como raíces y hojas jóvenes.

3) El tipo de formulación (concentrado emulsionable, suspensión concentrada, polvo soluble, polvo mojable, etc.) y la presencia de surfactantes en la formulación del producto fitosanitario y/o de la incorporación de aditivos o coadyuvantes de aplicación en la preparación del caldo de aspersión. Aquí puede comentarse el trabajo de Stainier *et al* (2006) donde comentan que, la presencia de solventes en las formulaciones que sería un factor que influye en la cantidad de exoderiva dependiendo de la volatilidad y la gravedad específica del caldo pulverizado. Mientras que suspensiones, en las que las partículas suspendidas rompen anticipadamente de la lámina de líquido formada a la salida de la boquilla pulverizadora, provocan la formación de gotas de mayor tamaño y reduciendo con ello el potencial de exoderiva.

4) Las condiciones ambientales (velocidad aparente del viento, demanda de vapor del ambiente en el canopeo a ser tratado, inversión térmica, etc.). En este punto puede citarse el trabajo de Tepper (2012), quien realiza un acabado análisis de las condiciones ambientales esenciales que hay que tener en cuenta para aplicar un producto fitosanitario, los trabajos de la Spray Drift Task Force (1997), Lucero (1998) y Peralta

Martínez (2014) entre otros, donde se aborda la distancia a la que puede exoderivar una gota de aspersión y su correlación con la eficacia de control de malezas.

5) De las características superficie y tamaño superficie receptora del caldo de aspersión (presencia de pubescencia, capas cerosas, etc.).

La interacción de las variables antes descritas influyen básicamente en la deriva y la evaporación de la gota en la superficie del blanco, jugando un papel categórico en el resultado del tratamiento, muchas veces enmascarado por altas dosis de aplicación del producto formulado. Los coadyuvantes y/o aditivos del tipo surfactantes se emplean para disminuir la tensión superficial de una gota, evitando que esta ruede y no quede retenida en el blanco.

En este punto, es necesario volver a comentar el trabajo de Stainier *et al* (2006), quienes evaluaron el efecto sobre el tamaño de gota de cuatro coadyuvantes sobre dos formulaciones de productos fitosanitarios (concentrado emulsionable y suspensión concentrada) aplicados con boquillas de cono hueco, abanico plano y abanico plano con inducción de aire. La metodología utilizada fue medir el diámetro volumétrico mediano (DVM) y el porcentaje en volumen de las gotas de menor diámetro de 100 μm , usando un analizador de tamaño de partícula Malvern. En un túnel de viento se midió la exoderiva entre 2 y 6 m viento abajo de la boquilla en colectores de fibra de vidrio con un trazador fluorescente. Por lo tanto, estos autores evaluaron el proceso de formación de la gota de manera integral, es decir con todas las variables actuando al mismo tiempo, lo cual si bien es lo que ocurre finalmente al momento de realizar la aplicación a campo, no permite identificar si existen efectos principales, efectos secundarios e interacciones entre los modelos de boquilla y presión de operación, la integridad de las

alternativas de los coadyuvantes, las formulaciones disponibles de los productos fitosanitarios que forman el caldo de aspersión.

El uso de coadyuvantes de aplicación (aditivos) en Argentina está ampliamente difundido. Prácticamente todas las aplicaciones de productos fitosanitarios llevan el agregado de aditivos coadyuvantes de aplicación, ya sea de cultivos extensivos (soja, maíz, sorgo, girasol, etc.) a cultivos frutales (cítricos, frutales de pepita). El potencial de uso, en base a datos del INDEC 2005, fue estimado en más de 5 millones de litros, para una superficie cultivable de 23,4 millones de ha, como puede verse en la tabla n° 2 (InterCampos 2014).

Cultivo	# Has en miles	N° aplicaciones	Has aplicadas	Litros asperjados * ha	## Dosis promedio de coadyuvante * ha	Potenciales en miles
Soja	12300	2,5	30750	65	0,0975	2.998
Trigo	5000	2	10000	60	0,09	900
Maíz	3200	1,8	5760	75	0,1125	648
Girasol	1750	1,8	3150	75	0,1125	354
Sorgo granifero	300	1,5	450	75	0,1125	51
Otros cereales	612	1,2	734,4	65	0,0975	72
Otras oleaginosas	190	1	190	65	0,0975	19
Total	23352					5.041

INDEC año 2005
Factor dosis de coadyuvante cada 1000 L de agua de tanque: 1.5

Tabla N° 2 Estimación consumo potencial de coadyuvantes InterCampos.

Analizados los datos para la campaña 2013-2014 (tabla N° 3), sobre la base de datos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (2014), y en base a una nueva asignación en el número de aplicaciones llevaría el mercado potencial a casi 9,4 millones de litros, sin considerar su empleo en otras producciones agrícolas (fruticultura, horticultura, pasturas etc.).

2012-2013	superficie sembrada (miles de ha)	nº aplicaciones	ha tratadas	Vol de campo (L/ha)	Litros asperjados	Dosis promedio coadyuvantes (ha)	Consumo potencial en miles de (L)
soja	20.035,57	3,00	60.106,72	65,00	3.906.936,54	0,0975	5.860,40
trigo	3.162,14	2,00	6.324,28	60,00	379.456,56	0,0900	569,18
maíz	6.133,38	2,00	12.266,76	75,00	920.006,70	0,1125	1.380,01
girasol	1.657,07	2,00	3.314,14	75,00	248.560,65	0,1125	372,84
sorgo	1.157,96	2,00	2.315,93	75,00	173.694,45	0,1125	260,54
otros cereales	3.552,14	2,00	7.104,29	65,00	461.778,59	0,0975	692,67
otras olegainosas	1.316,97	2,00	2.633,95	65,00	171.206,49	0,0975	256,81
	37.015,24						9.392,46
Dósos 1,5 L/1000							

Tabla Nº 3. Elaboración propia en base a datos del MINAGRI e InterCampos.

La distribución relativa del uso de los aditivos se expone en el gráfico Nº 1 (InterCampos 2014).

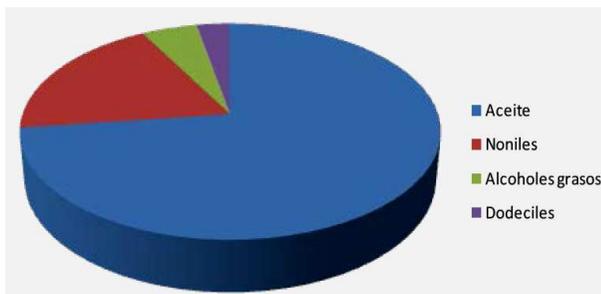


Gráfico Nº 1: Distribución del uso de coadyuvantes en Argentina. InterCampos.

Del mismo se desprende que, la mayor participación está asociada al uso de aceites (en la actualidad vegetales principalmente) que son empleados en la pulverización aérea mayoritariamente. Le siguen los surfactantes, dentro de los cuales se incluyen los coadyuvantes siliconados-organosiliconados.

Los surfactantes siliconados-organosiliconados son los últimos que ha aparecido en el mercado. Tienen una mayor capacidad de reducir la tensión superficial del caldo de aspersión que otros surfactantes (Nova 2014). Según Zollinger (2014) los surfactantes siliconados tienen la capacidad de reducir la tensión superficial de las gotas asperjadas por las boquillas pulverizadoras, situación que permitiría que el líquido corra dentro los

estomas de la hoja (inundación estomática). Esta vía de entrada en las plantas es diferente de coadyuvantes que auxilian en la absorción a través de la cutícula de la hoja (fase oleosa). Una rápida entrada de la pulverización dentro de los estomas de la hoja, por el uso surfactantes siliconados, a menudo no resulta en un mejor control de malezas. Los surfactantes siliconados tienen un comportamiento específico para determinadas relaciones malezas - herbicidas, al igual que otros coadyuvantes los tienen para otras relaciones fitosanitarios-plaga. Por su parte, Ponsa y Ferraris (2006) indican que tendrían la propiedad de debilitar la cutícula de la hoja y facilitar la traslocación de herbicidas sistémicos. En este punto cabe especular, en base al análisis de la bibliografía consultada, que al disminuir la tensión superficial, disminuye el tamaño de la gota formada en el espacio, pero en la superficie del blanco el área cubierta sería mayor, consecuentemente (por su menor volumen y mayor superficie de exposición) su tiempo de evaporación sería mayor a cuando no se lo utiliza. En contraposición a esta especulación, la empresa Speed Agro (2105), para su producto SpeedWet Siliconado NG, indica que tiene propiedades antievaporantes. Cabe destacar que, un aumento en la tasa de evaporación aumenta la posibilidad de una rápida cristalización del depósito del producto fitosanitario transportado por la gota de aspersion, disminuyendo el tiempo disponible para el ingreso del fitosanitario al blanco. Finalmente, se menciona que los surfactantes formulados en base al producto nonil fenol etoxilado, se encuentran cuestionados por ser considerados como disruptores endocrinos. Es decir que, son sustancias químicas foráneas al cuerpo humano o especie animal que es capaz de afectar y/o alterar el equilibrio hormonal (Wikipedia 2015 c). Del Registro de Productos de Terapéutica Vegetal que lleva el SENASA (2014), para el caso de los coadyuvantes se encuentran autorizados para su comercialización 449 productos, de las cuales 419

contienen nonil fenol. Igualmente, el uso más difundido de este producto es como detergente-lava vajillas.

Justificación:

La justificación del presente trabajo se enmarca en el incremento en el consumo de aditivos coadyuvantes de aplicación, en la presencia de información contradictoria sobre el efecto de los surfactantes en el tamaño de gota y porque la información que se considera más precisa y confiable toma en cuenta la interacción entre el tipo de formulación, la naturaleza química del surfactante y la condición de pulverización (modelo de boquilla y presión de trabajo), sin que podamos determinar la presencia de efectos primarios, secundarios e interacciones para explicar el motivo de ese resultado final.

Objetivo:

El objetivo que persigue este trabajo es de aportar información sobre una metodología sencilla para evaluar el efecto de los surfactantes siliconados sobre el tamaño y el tiempo de evaporación relativo de una gota, sin que ésta se vea afectada por efectos externos como el tipo de formulación del producto fitosanitarios y el efecto de la condición de aplicación (tamaño de gota en función al modelo de boquilla y presión de trabajo). Esto permitiría conocer el efecto primario de este surfactante para que, en función a ello, pueda entenderse su comportamiento cuando se lo utiliza en distintas condiciones de aplicación y formulaciones de productos fitosanitarios, pudiendo estimar de esta forma cual sería el efecto primario en el tamaño de la gota.

Hipótesis y resultados previstos:

Sobre la base de la revisión bibliográfica realizada, se plantean las siguientes hipótesis:

- Los surfactantes siliconados disminuyen el tamaño de la gota formada.
- Los surfactantes siliconados disminuyen el tiempo de evaporación relativo de la gota formada.

En cuanto al resultado previsto, se especula que el tamaño de gota dispensada por la micropipeta volumétrica con la solución del surfactante siliconado y agua disminuye (en volumen y en peso) vs. la dispensada con agua sola, como consecuencia de disminuir su tensión superficial por el uso del surfactante. Consecuentemente, al tener la gota un menor tamaño y mayor superficie de contacto en la superficie donde se la recolectó, el tiempo relativo de evaporación será menor que cuando se dispensa la gota con agua sola. La utilidad que aporta el resultado previsto se vincula con el conocimiento sobre el efecto específico de los surfactantes siliconados sobre el tamaño de gota (en volumen y en peso) y el tiempo relativo de evaporación; independientemente de la interacción que pueda generarse con el tipo de formulación del “producto fitosanitario formulado” y la condición de pulverización (modelo de boquilla y presión de operación).

Como consecuencia de ello, los resultados previstos permitirán avanzar en recomendaciones sobre el uso de estos productos vinculadas al tiempo relativo de evaporación, características superficiales del blanco (tamaño, serosidad, pubescencia), modo de acción del producto fitosanitario (ejemplo sistémico, contacto, etc.) y tamaño de gota; con el objetivo de poder obtener aspersiones que por el tamaño de gota no solo mitiguen la exoderiva, sino que queden retenidas en el blanco, manteniéndose en la fase líquida por un lapso que permita la incorporación del producto formulado en el blanco.

Materiales y Métodos:

Materiales:

Coadyuvante siliconado: Se utilizó el correspondiente a la empresa Rizobacter Silwet AG, formulado a base de 100% trisiloxanos, sin nonil fenol. Las propiedades que le asignan son las de actuar como tensioactivo. Asegura mayor esparcimiento (dispersante) y adherente, aumentando la afinidad con la cera cuticular y una rápida penetración vía estomática y por pared celular (penetrante) de los agroquímicos. Reduce el lavado por lluvia y asegura el tratamiento en menos de una hora. Su modo de uso y dosis es de 25 a 50 ml cada 100 l de agua para aplicaciones terrestres; 50 a 100 ml cada 100 l de agua para aplicaciones aéreas y terrestres de bajo volumen de campo y 10 a 25 ml cada 100 l de agua para aplicaciones en cultivos intensivos (frutales). La dosis utilizada para el presente ensayo fue de 1 ml de producto formulado del coadyuvante organosiliconado en 1 l de agua, de manera de respetar la máxima dosis recomendada por el fabricante (100 ml cada 100 l de agua).

Micro-pipeta volumétrica Marca Eppendorf modelo Multipette plus® Reparter plus®: Este dispositivo (Foto N° 1) permite dispensar un volumen finito, y con el combitip de 0,5 ml permite dispensar volúmenes desde 5 µl a 100 µl. Utilizando la Ley de Tate, citada por Ramírez Martín y Tovar Padilla (2007), se buscó dispensar el menor volumen que permitiera formar una gota. 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° 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 tensión superficial. La Ecuación N° 1 y la Figura N° 1 permiten exponer la relación propuesta por Tate.

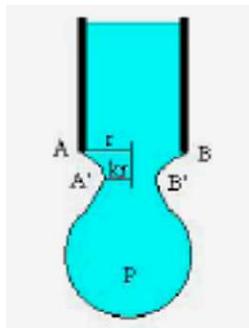


Figura N° 1

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

Ecuación N.º 1

Donde:

P = Peso de la gota

K = Coeficiente de contracción

r = Radio del tubo

γ = Tensión superficial del líquido

Ecuación N° 1



Foto N° 1

Balanza marca Scientech SA 120 (Foto N° 2): Se utilizó una balanza de precisión, con capacidad máxima de pesada de 120 g y una resolución $d=0,0001$ gramo (0,1 mg), para pesar las gotas formadas con agua y con la mezcla de agua más surfactante siliconado. El objeto de pesar gotas individuales fue el de validar los datos obtenidos de manera volumétrica, es decir que la variable gravimétrica actúe como “variable de reaseguro” para los resultados obtenidos volumétricamente, atento la mayor precisión que tienen las medidas gravimétricas sobre las volumétricas.

Estación meteorológica Kestrel 3000 (Foto N° 3): Se utilizó para asegurar que durante el ensayo no se modificaran las variables de temperatura ambiente, humedad relativa ambiente y velocidad del aire. Mantener estas condiciones ambientales sin variación (mediante un climatizador ambiental) fueron consideradas sustanciales para el ensayo de tiempo relativo de evaporación.

Cronómetro (disponible en teléfono celular Nokia): Este dispositivo se utilizó para medir el tiempo de evaporación y calcular la variación relativa entre los tratamientos agua sola y agua más coadyuvante siliconado.

Superficie plana, no absorbente, con cuadrícula: Se utilizó para ubicar gotas individuales de agua y agua más coadyuvante y medir el tiempo relativo de evaporación.

Cámara fotográfica digital Sony Lente Carl Zeiss. Se utilizó para registrar los distintos eventos medidos.



Foto N° 2 Balanza de precisión.



Foto N° 3: Estación meteorológica

Métodos:

El ensayo se realizó en condiciones de laboratorio con ambiente controlado. Las condiciones ambientales en las cuales se tomaron las determinaciones de las variables volumétricas, gravimétricas y tiempo de evaporación fueron las siguientes: Humedad

Relativa ambiente 47,7%; Temperatura ambiente, afectada por efecto del viento 28.9 °C y velocidad del viento: 0 m.s⁻¹.

Se realizaron dos tratamientos, Tratamiento To (testigo) que estuvo compuesto solamente por agua de red y el Tratamiento T1 que estuvo conformado por agua de red más el coadyuvante organosiliconado a la concertación de 1 mililitro de producto formulado del coadyuvante en 1 litro de agua. Esta concentración es la mayor recomendada por el fabricante-formulador del surfactante.

Se utilizaron como variables explicativas:

- El volumen de la gota que pueda formarse con la micropipeta volumétrica,
- El peso de las gotas formadas y
- El tiempo relativo de evaporación de una gota.

Para ello se utilizaron dos envases de vidrio limpios y estériles, uno conteniendo agua de red y otro para la solución del coadyuvante organosiliconado a la concentración de 1 mililitro de producto formulado en 1 litro de agua.

Con la micropipeta volumétrica se dispensaron gotas con el menor volumen posible para el tratamiento To y T1. Para ello, se desplazó lentamente el dosificador de la micropipeta de manera de ir descargando paulatinamente el líquido, dando tiempo a la formación de la gota (foto N° 4).



Foto N° 4: Formación de una gota utilizando la micropipeta volumétrica y para el To.

Con el menor volumen de gota obtenido para cada tratamiento, se dispensaron gotas con la micropipeta volumétrica sobre el platillo de la balanza para medir el peso de la gota. También con el menor volumen de gota obtenido para cada tratamiento, se dispensaron gotas con la micropipeta volumétrica sobre una superficie lisa, no absorbente y cuadrículada a fin de medir el tiempo que demora en evaporarse la gota y en base a ello establecer la evaporación relativa entre los tratamientos. Las determinaciones se realizaron sobre gotas individuales descargadas a una distancia, desde la micropipeta volumétrica a la superficie receptora, de 5 mm a efectos de evitar que la gota tomara velocidad y que su impacto afectara la forma adoptada.

Los datos obtenidos se analizaron, de manera individual para cada variable respuesta estudiada, para los tratamientos To y T1, con un diseño completamente aleatorizado (ANVA) y Test de Tukey.

Resultados y Discusión:

Variable respuesta “volumen de la gota”: El menor volumen promedio con el cual se obtuvo la formación de una gota con el tratamiento To fue de 15 μ l; mientras que con el

tratamiento T1 el volumen promedio fue de 9,04 μ l, siendo dicha diferencia significativa. Se tomaron 25 repeticiones en ambos tratamientos. Los resultados se exponen en las tablas N° 4 y 5.

Estimates of Group Means			
Group	Confidence Interval		1- α
To	15	\pm 0,23903169	95%
T1	9,04	\pm 0,23903169	95%

Tabla N° 4: Intervalos de confianza para variable respuesta “Volumen de la gota formada”

Tukey test for pairwise comparison of group means			
		T1	To Sig
<i>r</i>	2		
<i>n - r</i>	48		
<i>q_o</i>	2,79		
T	0,33168551		

Tabla N° 5: Test de Tukey para variable respuesta “Volumen de la gota formada”

Este resultado obtenido es consistente con la información proporcionada por la empresa Spraying Systems. Co Teejet (2011) en cuanto al efecto sobre el tamaño de gota que tiene la modificación de la tensión superficial del caldo asperjado y está en línea con los postulados de la teoría del gotero o Ley de Tate comentados por Ramírez Martín y Tovar Padilla (2007), con Stainier *et al* (2006) y Sarubbi *et al* (2013), mientras que es opuesto a lo informado por Tesouro *et al* (2003) McCracken y Escalas (2010) entre otros.

- Variable reaseguro “peso de la gota”: Las determinaciones gravimétricas obtenidas con la balanza de precisión se exponen en la tabla N° 6. El resultado de su análisis estadístico figura en las tablas N° 7 y 8 manteniéndose la diferencia significativa entre To y T1. Asimismo, la medida gravimétrica sirvió para evaluar el posible efecto que,

sobre el peso específico, tendría la mezcla de agua más el surfactante siliconado. En este punto cabría especular que, si se produjera un aumento en la densidad de la gota ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$), ésta podría influir en el peso de la gota y por lo tanto en la velocidad de caída de la misma, pudiendo ser una alternativa a la mitigación de la exoderiva cuando la gota disminuye de tamaño.

To (agua)	T1 (Surfactante Organosiliconado)	
14,8	8,5	
14,8	9,3	
14,8	7,6	
14,6	9,3	
14,7	11,3	
14,8	10,4	
14,6	8,8	
15	9	
15,8	11,1	
14,5	8,8	
	8,2	
14,84	9,3	Promedio
0,13377778	1,378	Varianza
0,36575645	1,173882447	Desvio estandar

Tabla N° 6: valores de pesada de gotas individuales expresados en μg

Estimates of Group Means			
Group	Confidence Interval		$1 - \alpha$
To	14,84 ± 0,58778		95%
T1	9,3 ± 0,56042		95%

Tabla N° 7: Intervalos de confianza para la variable “reaseguro” peso de la gota.

Tukey test for pairwise comparison of group means			
		To	
r	2	T1	Sig
$n - r$	19		
q_0	2,79		
T	0,7835		

Tabla N° 7: Test de Tukey para variable para la variable “reaseguro” peso de la gota.

Los resultados sugieren que las determinaciones volumétricas son consistentes ya que las mediciones gravimétricas operaron en el mismo sentido, es decir fueron

directamente proporcionales dado que a menor volumen de gota se correspondió un menor peso de la misma.

- Variable respuesta “tiempo de evaporación”: Los valores del tiempo absoluto de evaporación de las gotas individuales de To y de T1 se exponen en la tabla N° 6.

Tiempo evaporación en minutos	Agua	Siwet AG
Repetición 1	52	8,3
Repetición 2	58	8
Repetición 3	54	8,15

Tabla N° 6: Tiempo absoluto de evaporación de una gota para To y T1.

En las tablas N° 7 y 8 se muestran los resultados del análisis estadístico realizado sobre la velocidad absoluta de evaporación de las gotas individuales para los tratamientos To y T1 poniendo en evidencia que hay diferencias significativas entre ambos.

Estimates of Group Means				
Group	Confidence Interval			1- α
To	54,6666667	±	5,77586012	95%
T1	8,15	±	5,77586012	95%

Tabla N° 7: Intervalo de confianza para tiempo de evaporación de las gotas de T0 y T1 para Variable respuesta “tiempo de evaporación”

Tukey test for pairwise comparison of group means			
			To
		T1	Sig
r	2		
$n - r$	28		
q_0	2,79		
T	7,86691748		

Tabla N° 8: Resultado del test de Tukey para tiempo de evaporación de las gotas de T0 y T1 para Variable respuesta “tiempo de evaporación”

Utilizando la ecuación N° 2, se determino que el agua (To), se evapora 570,67 veces más lento que la evaporación de la mezcla de agua más coadyuvante (T1).

$$\frac{\text{Tiempo de evaporación de gota de } T_0 - \text{Tiempo evaporación gota } T_1}{\text{Tiempo evaporación gota } T_1} \times 100 =$$

Ecuación N° 2: Cálculo de incremento en el tiempo de evaporación de la gota de To vs. la gota de T1.

En el presente trabajo no estaba previsto medir la superficie ocupada por la gota de agua mediante equipamiento específico. Pese a ello, se pudo observar que el aumento del área cubierta era sustancialmente diferente, ocupando una superficie mayor las gotas del tratamiento T1 vs. las gotas del tratamiento To (Fotos N° 5 y 6) mediante el depósito de gotas individuales sobre la superficie que se utilizó para medir los tiempos de evaporación, que fue reticulada en recuadros de 30 mm de lado. *(Nota: Para la toma de las fotos se agregó colorante -tinta estilográfica azul lavable- a fin de intentar resaltar la forma adoptada por las gotas individuales. En las determinaciones de tiempo de evaporación no se agregó colorante.)*

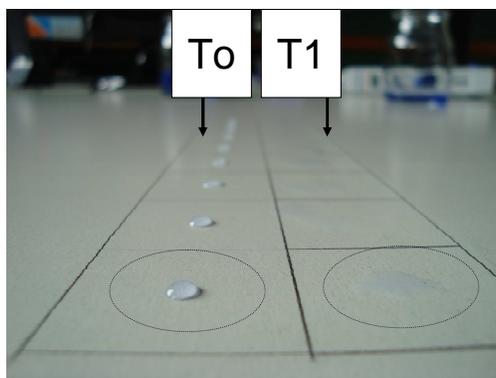


Foto N° 5: gotas individuales de To y T1, vista en perspectiva.

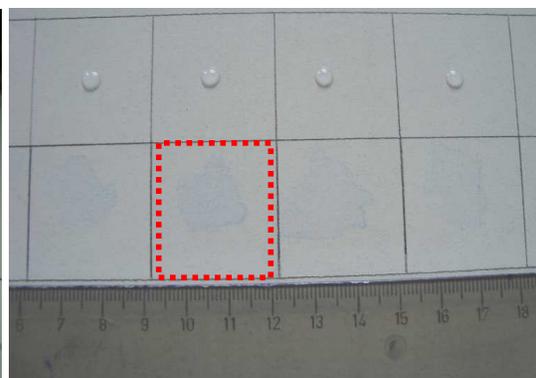


Foto N° 6: Gotas individuales de To y T1 vista en planta.

Si bien no se ha encontrado en la bibliografía consultada información sobre tiempos absolutos de evaporación, comparativa entre un coadyuvante (T1) organosiliconado y agua (To), apoyándose en los resultados obtenidos con la variable explicativa “volumen de gota” y la observación empírica de la superficie cubierta por la gota, se puede explicar el comportamiento observado en la variable explicativa “velocidad de evaporación” ya que las gotas del T1 eran de menor volumen (y menor peso) al mismo tiempo que ocupaban una superficie mayor que las gotas individuales del To.

Conclusión:

Las dos hipótesis planteadas, que los surfactantes siliconados disminuyen el tamaño de la gota formada y que los surfactantes siliconados disminuyen el tiempo de evaporación relativo de la gota formada, pudieron ser confirmadas. Motivo por el cual queda demostrado que los surfactantes (tensioactivos) no aumentan por ellos mismos el tamaño de una gota formada sin intervención de otras variables (principalmente el modelo de boquilla pulverizadora, presión de operación y el tipo de formulación del producto fitosanitario).

Por ello, resulta incorrecta la mención en los productos comerciales de coadyuvantes que tengan en su composición declarada surfactantes, que estos pueden actuar como mitigadores de la exoderiva. Para ello, estos coadyuvantes deberían contener en su formulación otras sustancias (posiblemente no declaradas por la cantidad en la que se encuentran presentes) que actúen aumentando el peso de la gota, la viscosidad del caldo,

de manera de aumentar su velocidad de caída ante un menor tamaño de la misma y que por ende quede menos expuesta a la componente transversal de la velocidad del viento.

El menor tamaño de gota, sumado al efecto tensioactivos que hace reducir el ángulo de contacto en la relación superficie líquido-sólido, hace que la superficie expuesta de la mezcla de agua y surfactante organosiliconado aumente, lo cual provoca la abrupta disminución del tiempo que demanda en evaporarse una gota. Esta situación debería ser analizada por los fabricantes y formuladores de productos fitosanitarios y de coadyuvantes, a efectos de asegurarse que en el lapso en el cual la gota permanece como tal sobre el blanco, se produce el ingreso de la integridad del ingrediente activo que tiene el producto fitosanitario, evitando de esta manera la formación de cristales insolubles que no podrán ingresar al blanco y poder cumplir de esta forma con el escape a condiciones ambientales adversas, como lluvias, que puedan lavar el depósito del producto disminuyendo la disponibilidad de ingrediente activo sobre el blanco para ejercer su acción.

Bibliografía:

- Butler, B.J.; Akesson, N.B.; Yates, W.E. (1969): Use of spray adjuvants to reduce drift, Transaction of the ASAE 1969, pp. 182-186.
- Castro, M.; Ojeda, C; Fernández Cirelli, A. (2014): Aplicaciones de nuevos tensioactivos amigables con el medio ambiente en formulaciones de plaguicidas. SNS N 5-6, julio-diciembre 2014 ISSN 2314-2901/revista sns”senasa.gov.ar
- Decreto-Ley 6704(1963): Defensa sanitaria de la producción agrícola en todo el territorio de la República. Disponible en <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/70723/norma.htm>. Consultado enero 2015.

- 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
- Feng, P; T. Chiu; R. Douglas Sammons; J. Ryerse (2003): Droplet size affects glyphosate retention, absorption and translocation in corn. *Weed Science*. Disponible en: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/4046682?uid=3737512&uid=2&uid=4&sid=21103484423443>
- InterCampos (2014): Estructura del mercado de coadyuvantes en Argentina. Disponible en <http://www.intercampos.com.ar/wp-content/uploads/Estructura-del-mercado-de-coadyuvantes-en-la-Argentina.pdf>
- Jauch, C. (1976) *Patología Vegetal*. Editorial El Ateneo. Buenos Aires, República Argentina. Primera Edición. 270 pp.
- La Voz (25-04-2014). Consultado diciembre 2014 disponible en <http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/elevaron-juicio-causa-madre-de-barrio-ituzaingo>
- 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 2010*.
- Ley 24.051 (1992) Residuos peligrosos: Disponible en <http://www.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do;jsessionid=776FDB08EBEB2B3C16FE03BEF1CED82F?id=450>. Consultado enero 2004.
- Lucero, Edgardo M. (1998): Análisis comparativo de la deriva producida por pastillas pulverizadoras hidráulicas e hidroneumáticas tipo abanico plano. Trabajo de intensificación para optar por el título de Ingeniero Agrónomo, Cátedra de Maquinaria Agrícola Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires.

- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2014): Estimaciones Agrícolas, series históricas. Disponible en http://www.siaa.gob.ar/sst_pcias/estima/estima.php. Consultado diciembre 2014.
- Nova Cuadernillo de adyuvantes (2014). Disponible en <http://cw000360.ferozo.com/descargas/Folleto-Coadyuvantes-2011.pdf>. Consultado julio-2014.
- Pimentel, D. (1995): Amounts of pesticides reaching the target pest: environmental impacts and ethics. *Journal of agriculture environ* volume 8 pp 17-19. Disponible en www.vtv-zone.com/infchoice/drift.html
- Pimentel D. (2005): Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, Development and Sustainability* (2005) 7: 229–252 DOI 10.1007/s10668-005-7314-2. Disponible en <http://www.beyondpesticides.org/documents/pimentel.pesticides.2005update.pdf>. Consultado enero 2014.
- Pimentel, D y Levitan, L (1986): Pesticidas: Amounts applied and amounts reaching pests. *BioScience* volumen 36 N° 2, páginas 86 a 91. Disponible en <http://www.beyondpesticides.org/mosquito/documents/Pimentel%201985%20crop%20s%20pray%20effectivness.pdf>. Consultado enero 2015.
- Peralta Martínez, Juan (2014): Análisis de eficacia biológica en aplicaciones con viento y sin viento en pulverización de barbecho”. Trabajo de intensificación para acceder al título de Ingeniero Agrónomo. Cátedra de Maquinaria Agrícola, Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires.
- Ponsa, J.C.; Ferraris, G. (2006): Evaluación del coadyuvante x-trim g sobre el control de malezas en barbecho químico. Disponible en: <http://www.quimeco.com.ar/uploads/informe/archivos/informe-22.pdf>. Consultado enero 2015.

- 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
- Prokop, M, Veverka, K. (2002): Influence of droplet spectra on the efficiency of contact and systemic herbicides. Disponible en: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=YWdyby51YmEuYXJ8bWVjYW5pemFjaS1uLWFnci1jb2xhfGd4OjJjNzQ4Zjk5MWJjZjEwYTk>
- 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>
Consultado: julio de 2013
- Ramon, H; Sonck, B; Maes, A; De Baerdemaeker, J; Nicolai, B; Steubaut, W; y van de Zande, J (2007). “Drift from field sprayers”. The influence of spray application technology determined using indirect and direct drift assessment means. ISBN 978-90-8826-039-1Dissertationesde Agricultura.
- Real Academia Española (2015 a), Diccionario Usual. Disponible en <http://lema.rae.es/drae/srv/search?val=biocida>. Consultado enero 2015.
- Real Academia Española (2015 b), Diccionario Usual. Disponible en <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?id=kQkro5un2DXX2sVZYG8r>. Consultado enero 2015.
- Resolución SAGPyA 350/99. Disponible en <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=59812>
- Resolución SENASA N° 608/2012: Establece límites máximos de residuos para determinados productos. Disponible en: <http://www.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/205000-209999/206160/norma.htm> Consultado en diciembre 2012.

- Sabato, E. (2006): Hombres y engranajes. 1° edición, Buenos Aires, Seix Barral, 144 pp. ISBN 950-731-490-3
- Sarubbi, C.A.S., Nardón, G.F. y Belgorodsky, L. (2013), Efecto de los surfactantes sobre la formación de gotas en la pulverización agrícola. SNS N° 3, diciembre 2013 - marzo 2014 ISSN 2314-2901. Disponible en: revistasns@senasa.gov.ar
- Senasa Dirección de agroquímicos y biológicos (2014): Listado de productos inscriptos, formulados registrados a diciembre 2014. Disponible en: <http://www.senasa.gov.ar/contenido.php?to=n&in=524&io=2956>. Consultado enero 2015.
- Spray Drift Task Force (1997): A summary of ground application studies
- Spraying Systems Co., Factores que influyen en la pulverización [en línea]. Disponible en: <http://www.spraying.com.ar/Factores.htm>. Consultado: agosto de 2011.
- Speed agro SpeedWet Siliconado NG (2015). Disponible en: http://www.speedagro.com.ar/ensayos/?page_id=2. Consultado enero 2015.
- Stainier, C.; Destain, M.F; Schiffers, B; Lebeau, F. (2006) Droplet size spectra and drift effect of two phenmedipham formulations and four adjuvants mixtures. Disponible en [Droplet size spectra and drift-effect-of-two-phenmedipham-ORBi-orbi.ulg.ac.be/.../Droplet%20size%20spectra%20and%20drift%20effect%20of%20](http://www.orbi.ulg.ac.be/.../Droplet%20size%20spectra%20and%20drift%20effect%20of%20). Consultado: 02/2013.
- Syngenta (2003): Water-sensitive paper for monitoring spray distribution (10000/2e(06.03). By Syngenta Crop Protection AG CH-4002 Basel, 15 pag.
- Tepper, G.: Weather Essentials for Pesticide Application. Weather Essentials for Pesticide Application GRDC Project Code: TEP00001 – General meteorology for pesticide application booklet Published February 2012 ISBN: 978-1-921779-40-4 Disponible en PDF] Weather essentials for pesticide application - Grains Research

...www.grdc.com.au/uploads/.../GRDC-Weather-Essentials-ix.pdf. Consultado en enero 2014.

- Tesouro, M.O.; Fuica, A.M.; Masiá, G.; Venturelli, L y Smith, J. (2003). “El uso de tensioactivos y su relación con el porcentaje de cobertura”. RIA, 32 (1): 89-98 ISSN 0325 – 8718 Abril 2003 INTA, Argentina
- Wikipedia Biocida (2015 a): Consultado en enero 2015. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Biocida>.
- Wikipedia (2015 b) Theophrastus Phillippus Aureolus Bombastus von Hohenheim, también Theophrastus Bombast von Hohenheim, Paracelso <http://es.wikipedia.org/wiki/Veneno>.
- Wikipedia interruptor endocrino (2015 c): Consultado 2015. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Interruptor_endocrino.
- “what you need know about pesticide drift”. Disponible en: <http://www.wtv-zone.com/infchoice/drift.html>. Consultado enero 2105.
- Xu, L; Zhu, H; Ozkan, H.E;Thisle, H.W (2010): Evaporation rate and development of wetted area of water droplets with an without surfactant and different locations on waxy leaf surface. Elsevier, Biosystems engineering 106 (2010) 58-67.
- Zollinger, R (2014): Spray Adjuvants: The Rest of the Story. Disponible en <http://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=15298>. Consultado enero 2015.