



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Centro Regional Santa Fe
Estación Experimental Agropecuaria Oliveros

Estudios sobre la penetración de asperjados con boquillas hidroneumáticas en pulverizaciones terrestres y cultivos de soja

Massaro, Ruben A.⁽¹⁾ y Carrancio, Luis A.⁽¹⁾

(1) Profesionales de INTA EEA Oliveros (Sta. Fe). massaro.ruben@inta.gob.ar

Palabras clave: Soja. Pulverización. Penetración. Boquillas hidroneumáticas.

Introducción

En el año 2001, con la aparición de la “roya de la soja”, nos dimos cuenta que no teníamos definiciones de técnicas de pulverización, sustentadas en conocimientos científicos, que nos permitieran lograr que las gotas asperjadas llegaran hasta la parte inferior de los cultivos de soja. En realidad, no sabíamos adónde llegaban, especialmente en cultivos altos y cerrados. En una publicación del año 2004 (Massaro, R.A.) se incluyeron datos disponibles hasta ese momento de evaluaciones realizadas a campo (Tabla 1).

Tabla 1. Evaluaciones a campo de pulverizaciones en soja

Distancia entre líneas (cm)	Altura del cultivo (cm)	Ambiente meteorológico	Follaje	Equipo y pastilla	Volumen (lt/ha)	Gotas/cm ²		
						S	M	I (*)
70	110	Bueno	Alta cobertura del entresurco	Automotriz Cono hueco	100	364	189	120
35	120	Extremadamente crítico.	Alta cobertura del entresurco	Automotriz Cono hueco	100	102	23	0
52	75	Bueno	Entresurco apenas cubierto	Mochila Cono hueco	120	88	35	12

(*) S = tercio superior de las plantas; M = tercio medio de las plantas; I = en el suelo.

De esta información surge que la dificultad está en la frondosidad del follaje del cultivo – fuertemente asociada al espaciamiento entre líneas de las plantas- y del tamaño de las gotas pulverizadas relacionado con ambiente meteorológico.

En trabajos anteriores y en otros cultivos (Etiennot y otros, 1988) dijeron: “Es común hallar trabajos sobre técnicas de aplicación que solamente hacen referencia a la cobertura y uniformidad logradas en la superficie del cultivo, pero muy pocos encaran el estudio o análisis de la penetración del asperjado a niveles inferiores a la canopia del mismo.”

Herrera y otros (2005), en soja y en pulverizaciones terrestres (con sin asistencia de “túnel de viento”), utilizando pastillas hidráulicas e hidroneumáticas (asistidas por aire) evaluaron la penetración de las gotas a la parte inferior del follaje (25 cm del suelo). Con las pastillas asistidas por aire de doble abanico lograron una cobertura considerada –en ese momento y en ese estrato del follaje- insuficiente para el control de “roya de la soja”, trabajando sólo con agua. Sin embargo, es necesario aclarar que la

presión de trabajo utilizada fue relativamente baja para esas pastillas (3,2 bar), por lo que aún con el alto volumen utilizado (170 l/ha) sólo registraron 21 y 16 gotas/cm² en un cultivo alto y con follaje cerrado.

Otros investigadores de esta práctica no coinciden con estos resultados (Balardin y otros, 2001; Gálvez y otros, 2005), aunque algunos autores no utilizaron boquillas con aire inducido sino sólo boquillas hidráulicas.

Teniendo en cuenta la situación mencionada al principio, para nuestra región productiva y para el cultivo de soja, se definieron líneas de trabajo en Aplicación de plaguicidas, que integraran los diferentes aspectos que determinan la **penetración en follajes cerrados** del cultivo y la **mínima deriva**. **Para eso se tuvo que evaluar pulverizaciones con boquillas asistidas por aire** (hidroneumáticas, tipo Venturi, aire inducido).

Los trabajos de investigación, con esas líneas definidas para cultivos de soja, comenzaron en el ciclo agrícola 2004/2005 con profesionales de INTA EEA Oliveros, utilizando una metodología que contemplara tanto la tecnología de pulverización como la influencia del ambiente meteorológico. La misma se basa en:

1. Pulverización con equipos automotrices en condiciones similares al trabajo a campo (velocidad, distancias entre picos, altura de botalón, presiones de trabajo, volúmenes pulverizados, etc.).
2. Registro de las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento) con termo-higro-anemómetro portátil en el campo para cada tratamiento. Aplicación del Diferencial Térmico ($\Delta T = \Delta T$) como indicador del ambiente meteorológico (Carrancio y otro, 2019).
3. Evaluación de la calidad de pulverización con tarjetas hidrosensibles en diferentes estratos del cultivo según objetivo del ensayo, con repeticiones y posterior lectura con lupas binoculares de 20X para obtener número promedio de gotas/cm² y coeficiente de variación (CV %).
4. Relación entre las gotas producidas –según pastillas o boquillas utilizadas y su presión de trabajo- con el Diámetro Volumétrico Medio (=DVM) y deriva potencial de acuerdo a las tablas publicadas por cada empresa (marca comercial).

Resumen de los experimentos

Ensayo 1.

Durante el ciclo agrícola 2004/05 se realizó el primer experimento en el que se evaluó la penetración lograda con las gotas de una aspersión con boquillas hidroneumáticas para control de malezas con herbicida glifosato y uso temprano de cipermetrina (Massaro y otros, 2005). En la Tabla 1 se resumen los resultados obtenidos en ese ensayo realizado en cultivo de soja.

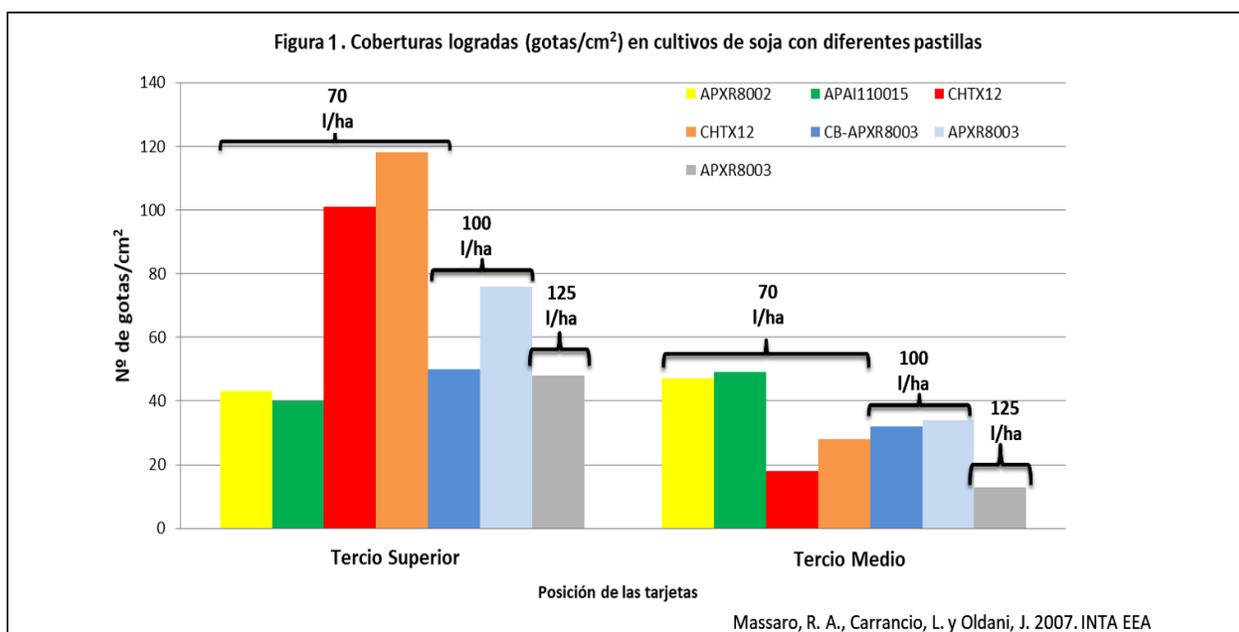
Tabla 2. Cobertura (gotas/cm²) logradas en cultivo de soja

Estado de desarrollo	Volumen pulverizado (Lt/Ha)	Boquilla	Presión (Bar)	Gotas/cm ² entresurco	Gotas/cm ² debajo de las plantas	DVM (según Teejet)	ΔT
V4	100	Teejet AI 11004	4	36	9.6	VC	2

Los resultados mostraron que la penetración de las gotas -pulverizando con DVM clasificado como VC (muy grande = 375-450 $\mu\mu$)- fue relativamente baja, con un 26 % de las gotas colectadas debajo de las plantas. Si bien esta cobertura fue suficiente para el herbicida utilizado, la mayoría de las gotas (74 %) quedó en las hojas superiores de las plantas en V4.

Ensayo 2.

En la Figura 1 y en la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en un ensayo realizado en soja desarrollada de 95 cm de altura, con agua y varios tipos de boquillas. Los picos estaban a 35 cm de distancia en el botalón, la altura de trabajo fue de 45 cm sobre el canopeo. Las boquillas utilizadas marca Teejet, los litros pulverizados y las coberturas (gotas/m²) logradas en el tercio superior y en el tercio medio del canopeo. También se describen otros datos tales como velocidad y presiones de trabajo, y variables meteorológicas.



Boquillas Teejet. AP = abanico plano; CH = cono hueco; APAI = abanico plano aire inducido.

En el tercio superior y con 70 litros/ha, las coberturas más altas se lograron con cono hueco. Sin embargo, en el tercio medio, los mejores resultados fueron con pastillas hidráulicas abanico plano y abanico plano con aire inducido. Con la pastilla hidráulica XR8003 fueron necesarios 100 litros/ha para superar esos resultados. Observando el cálculo de proporción (%) de gotas logradas en el tercio medio, con relación a la suma de tercio superior y tercio medio, los valores más altos fueron con APXR y APAI.

Este ensayo permitió confirmar la hipótesis de la muy buena penetración con gotas grandes (categoría C del DVM, color azul, según Norma ASAE S-572) en follajes de soja, pulverizando con boquilla asistida por aire a una presión de 5 bar.

Tabla 3. Datos de las pulverizaciones con diferentes boquillas.

Velocidad (Km/h)	Lt/Ha	Boquilla	Presión (Bar)	Altura del botalón s/follaje (cm)	Distancia entre picos (cm)	DVM (según tabla Teejet)	Gotas/cm ² tercio superior	Gotas/cm ² tercio medio	% de gotas en estrato medio	Viento (Km/h)	ΔT
16	70	APXR8002	2	45	35	M	43	47	52	2,3	11,5
20	70	APAI110015	5	45	35	C	40	49	55	6	12

16	70	CHTX12	2	45	35	F	101	18	15	2	11,5
16	70	CHTX12	2	25	35	F	118	28	19	4	11
16	100	APXR8003	2	45	35	M	50	32	39	5,2	11
16	100	APXR8003	2	45	35	M	76	34	31	5,2	11
16	125	APXR8003	3	45	35	M	48	13	20	2,5	11

Ensayo 3.

En el año 2013 se publicó un ensayo con control de “oruga anticarsia” e insecticida biológico (*Bacillus thuringiensis*) en soja con boquillas hidráulica y con aire inducido (Tabla 4).

Tabla 4. Datos de la pulverización y la cobertura (gotas/cm²) logrados en el ensayo.

Tratamiento	Velocidad (km/h)	Presión (bar)	Boquilla	Distancia entre picos (cm)	Altura botalón sobre canopeo (cm)	Volumen pulverizado (lt/ha)	DVM (*)	Viento (Km/hora)	ΔT	Gotas/cm ² en tercio superior	Gotas/cm ² en tercio medio
I	20	5	AD-IA 110015 (1)	35	45	70	C	2-12	9.5	39	92
II	16	3	CH 100-1 (2)				M	2-12	9.5	25	48

(*) Diámetro Volumétrico Medio aproximado en micrones (μm), según ASAE S-572.

(1) Boquilla abanico plano con aire inducido de Magnojet.

(2) Boquilla cono lleno de Magnojet.

Los resultados obtenidos en cuanto a cobertura de la pulverización, relación con la deriva y eficacia en el control de la “oruga” mostraron que con boquilla de aire inducido y 70 litros/ha fue suficiente y una excelente técnica para estas situaciones. El DVM de la boquilla con aire inducido a 5 bar permitió una buena penetración hasta el tercio medio de las plantas, lugar donde se localizan las “orugas pequeñas”.

Ensayo 4.

Durante el verano del año 2020 se evaluó la penetración de boquillas hidroneumáticas e hidráulicas marca Magnojet en soja alta y follaje totalmente cerrado. Se trabajó sólo con agua, con un equipo automotriz, picos a 52,5 cm de distancia, en un cultivo de 1 m de altura y sembrado a chorrillo, sin líneas de siembra. El follaje cubría totalmente el suelo (100 % de cobertura), generando una situación muy difícil para lograr que las gotas llegaran hasta la base de las plantas. Las tarjetas hidrosensibles se colocaron en el tercio medio y en la base de las plantas, para registrar el número de gotas/cm² en esos estratos (Tabla 4). El ambiente meteorológico fue de alta temperatura, y elevado ΔT como puede observarse en la Tabla 5 (Massaro y SPRAYtec, 2020).

Si analizamos la Figura 2, veremos que se trazaron 2 líneas transversales a las columnas que representan la cobertura lograda por cada tratamiento y en cada estrato del cultivo. La línea azul marca 25 gotas/cm² en el tercio medio del cultivo que sería la cobertura mínima necesaria para control de orugas y enfermedades foliares, según antecedentes de otros ensayos. La línea color naranja señala 20

gotas/cm² que es la cobertura mínima necesaria en el suelo entre los tallos de las plantas para control de “chinchas” en soja, de acuerdo con ensayos realizados en ese sentido.

La única boquilla que no alcanzó los objetivos fue **cono hueco con aire inducido** (CV-IA) ya que las gotas producidas a 5 Bar siguen siendo extremadamente grandes (EG) y no pasan de las hojas superiores de las plantas. Es necesario resaltar que las demás boquillas alcanzaron la cobertura requerida, aún las **hidroneumáticas** (AD-IA y ST-IA/D) que trabajan con mínima deriva. En cambio, las **hidráulicas** (ST, CH 100, MGA y BX-AP) producen gotas finas y muy finas que, además, quedan suspendidas en el aire y son llevadas por el viento y la corriente convectiva; en consecuencia con alta deriva.

Conclusiones

1. Pulverizando con boquillas hidroneumáticas (tipo Venturi, asistidas por aire, con aire inducido), se pueden alcanzar las coberturas necesarias para el control de “orugas” y “enfermedades foliares “así como de “chinchas”” en cultivos altos y follaje cerrado.
2. Para esta situación de cultivo que hemos estudiado y con boquillas hidroneumáticas, es necesario trabajar con presiones relativamente altas (5-6 Bar) que reduzcan el tamaño de las gotas con un DVM a C o VC (grande y muy grande) según las tablas de cada marca.
3. Las gotas calificadas con DVM EG o XC son muy grandes y quedan “retenidas” en las hojas superiores del cultivo.
4. Estas boquillas permiten pulverizar minimizando la deriva y por ende, reduciendo los riesgos de daños y la contaminación.

Tabla 4. Tratamientos realizados y cobertura (gotas/cm²) logradas en ensayo 2020.

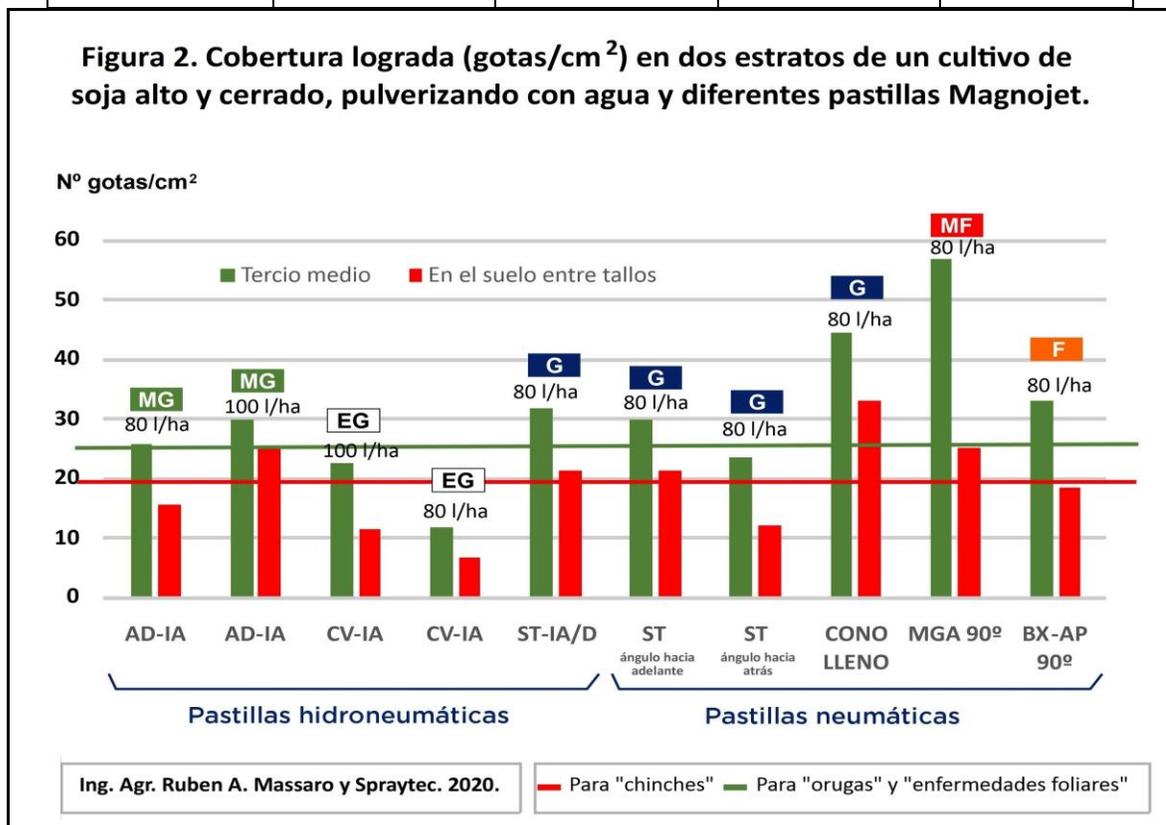
Tratamientos	Tipo de pastilla y caudal individual	Volumen pulverizado (Lt/ha)	Presión de trabajo (Bar)	Nº gotas/cm ²		DVM (1)
				Tercio medio	En el suelo entre tallos	
I	AD-IA 110025	80	5	26	16	G
II	AD-IA 110025	100	5	30	25	G
III	CV-IA 110025	100	5	23	12	EG
IV	CV-IA 110025	80	5	12	7	EG
V	ST-IA/D 13503	80	3	32	22	MG
VI	ST 13503 (ángulo hacia adelante)	80	3	30	21	G
VII	ST 13503 (ángulo hacia atrás)	80	3	24	12	G
VIII	Cono lleno CH 100-3	80	3	44	33	G
IX	MGA 9003	80	3	57	25	MF
X	BX-AP 9003	80	3	33	18	F

(1) Según tablas en Catálogo 2020 de SPRAYtec SRL.

Tabla 5. Ambiente meteorológico durante el ensayo de 2020.

Tratamientos	Termo-higro-anemómetro			ΔT
	T°C	HR (%)	Viento (Km/h)	
Tratamiento I	27.4	48	3.5	7

Tratamiento II	28.3	50.8	4.1	7
Tratamiento III	29.4	49.3	5.6	7.5
Tratamiento IV	29.6	48.5	0	7.5
Tratamiento V	30	42	0	8.5
Tratamiento VI	29	42	5	8.5
Tratamiento VII	30	41	3	9
Tratamiento VIII	29	43	5	8.5
Tratamiento IX	34	43	1	9.5
Tratamiento X	34	40	1	10



Oliveros, febrero de 2021

Bibliografía consultada

1. Balardin, R.S.; Bonini, J.V.; Bici, A.F.; Boligon, E. y Maffini A.A. (2001). Influencia do volume de calda e pontas de pulverização sobre o controle das doenças de final de ciclo em duas cultivares de soja. XXIX Reuniao de Pesquisa de Soja da Regiao Sul.
2. Carrancio, L.A. y Massaro, R.A. 2019. El Delta T (ΔT) como indicador del ambiente meteorológico para pulverizaciones. INTA EEA Oliveros, Para Mejorar la Producción 58, pág. 211-219.
3. Etiennot, Alberto E.; Jalil Maluf, Ernesto; Mazza Rossi, Sergio y Fataro, Alberto. Introducción al estudio de la penetración del asperjado de boquillas hidráulicas y sistema CDA en pasturas cultivadas: Lotus

tenuis. Facultad de Agronomía (UBA). XI Reunión Argentina sobre la Maleza y su Control. Publicación en actas. Universidad Nacional de Córdoba. Villa Carlos Paz. 7/9 junio 1988. 4 pág.

4. Gálvez, M. Roberto; Vinciguerra, Humberto F.; Rodríguez, Walter; Sabaté, Sebastián; Soldini Enrique A.; Devani, Mario R.; Olea Ignacio L. y Ploper L. Daniel. (2005). Evaluación de la penetración del asperjado producido por diferentes boquillas en aplicaciones terrestres orientadas al control de la roya de la soja. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes. Tucumán. Argentina. ISSN: 0328-7300. Publicación especial N° 27. 12 pp.
5. Herrera, Miguel; Pereyra, Clemente; Pózzolo, Oscar; Ramírez, Martín. 2005. Evaluación de la penetración de la pulverización en el cultivo de soja. UNER, Cátedra de Mecanización Agrícola. 5 pág.
6. Massaro, R.A. 2004. INTA EEA Oliveros, Informe para Extensión N° 103, 7 pág.
7. Massaro, R.A.; Gonsebatt, G.; De Altube, M.V.; Vicente, D. y Remorini, P. 2005. Efecto de la aplicación temprana del insecticida cipermetrina en cultivo de soja, sobre la entomofauna fitófaga y benéfica. INTA EEA Oliveros, Para Mejorar la Producción 30. Pág. 77-80.
8. Massaro, R.A., García, A., Batch, J., Cejas, E., Pereyra, D. 2013. Evaluación de la eficacia del *Bacillus thuringiensis* en el control de *Anticarsia gemmatalis* en soja, con pulverización antideriva. INTA EEA Oliveros, Para Mejorar la Producción 50. Pág. 79-82.
9. SPRAYtec SRL. 2020. Catálogo de Componentes para pulverización. 108 páginas.
10. Teejet Technologies. Spraying Systems Co. 2008. Catálogo 50A-E, pág. 15.

Agradecimientos

Los autores queremos agradecer a aquéllas empresas que colaboraron en la realización de los ensayos a campo aportando equipos pulverizadores y recursos humanos:

1. Asociación Cooperadora EEA Oliveros, Oliveros (Sta. Fe).
2. Industrias Pla, Las Rosas (Sta. Fe).
3. Alberto Vergili, Arequito (Sta. Fe).
4. SPRAYtec SRL, Rosario (Sta. Fe).