



Tecnología para la aplicación de fungicidas foliares en soja con equipos terrestres.

Ing. Agr. Rubén A. Massaro.
INTAEEA Oliveros

Introducción

La **aplicación de plaguicidas** con equipos pulverizadores, entendida como la deposición de la cantidad necesaria del principio activo en su sitio de acción (o blanco), suele ser analizada en forma simplificada considerando sólo la maquinaria o, aún más, sólo los elementos atomizadores de la misma (llamados comúnmente pastillas). Sin embargo, una **interpretación sistémica del proceso** es la que posibilita una adecuada preparación de los pulverizadores para realizar una tarea exitosa.

Los **componentes fundamentales** de este sistema son los siguientes.

1. El **canopeo del cultivo** sobre el que se va a trabajar. Conocer la estructura que presentan las plantas, el Índice de Área Foliar (IAF), la barrera que constituyen las hojas por su forma y superposición espacial, son algunas cuestiones importantes a tener en cuenta al inicio de este proceso.

2. Aspectos relacionados con la **plaga**: su localización en los estratos de hojas (inferiores, medios o superiores), y su progreso en el follaje de acuerdo con la dinámica de la infección o infestación. Éste es el **objetivo o blanco** en el trabajo de pulverización.

3. **Cómo actúa el plaguicida** desde el punto de vista de su **translocación** o no, desde el lugar al que llegó por medio de las gotas de la pulverización.

4. El **ambiente climático**, fundamentalmente temperatura y humedad relativa del aire. Estos parámetros influyen en forma directa o indirecta sobre el cultivo, la plaga, el producto y las gotas que genera el pulverizador.

5. La **preparación del equipo** pulverizador (**calibración o regulación**), que debe realizarse para cada

situación de trabajo, considerando la influencia e interacción de los aspectos citados.

En el Esquema 1 se pueden observar las interacciones entre los componentes del sistema.

El resultado final de este sistema puesto a funcionar se obtiene evaluando **la calidad de la aplicación**. Esto se determina a través de la **cobertura** (número de **gotas/cm²** que llegan al sitio de acción del producto o blanco) y su **uniformidad** (medida a través de la variabilidad o Coeficiente de Variación = CV). Este análisis se realiza por medio de **tarjetas sensibles** al agua (principal vehículo de aplicación) que, colocadas en el lugar donde deseamos llegar con el producto, quedan marcadas con pequeñas manchas (generalmente una por cada gota). Estas marcas se cuentan con una lupa y se conoce la cantidad de gotas/cm² (= cobertura).

Cada tipo de plaguicida requiere diferentes coberturas y grados de uniformidad. Cuando se comienza a ejecutar esta medición, también se empieza a aceptar que el **volumen aplicado** (litros/ha) es relativo. Generalmente se necesita un mayor volumen pulverizado en un cultivo con más follaje a "mojar" con las gotas, especialmente si el mismo es totalmente cerrado.

A continuación se describen los pasos a seguir para definir una Tecnología de Aplicación para fungicidas foliares en el cultivo de soja.

1. Aspectos del cultivo de soja

El cultivo de soja es uno de los que más dificultades presenta para un buen mojado de sus hojas interiores o de blancos "sombreados" por las mismas, con gotas provenientes de una pulverización. El cierre del canopeo cubriendo el entresurco y la altura del cultivo parecen ser dos aspectos de mucha importancia.

En ensayos para la evaluación de cultivares en el sur de Santa Fe (Bodrero y otros, 2003) se determinó que en la mayoría de las situaciones (cultivar/distancia entre hileras/ambiente productivo) los cultivos alcanzaron una Intercepción de la Radiación cercana al 100 % en R2 o floración (superior al denominado IAF Crítico) aún en siembras a 70 cm y ambientes limitantes para el crecimiento. En el estado R5 (llenado de semillas), todos los cultivos cumplían con esa exigencia cerrando el entresurco de allí en adelante. Para las fechas de siembra de los experimentos (mediados a fines de noviembre) el canopeo "cerraba el entresurco" desde fines de diciembre en adelante.

Las Tablas 1 y 2 muestran los valores de IAF y cobertura del suelo por el cultivo, alcanzados por tres cultivares de soja en tres fechas de siembra en Oliveros (Sta. Fe). En las fechas de siembra que ya podemos considerar normales (mediados de octubre a mediados de noviembre), desde el estado R2 se encuentra una buena cobertura del suelo que se completa desde inicios de R5, con un IAF cercano o superior a 5, cubriendo prácticamente el 100 % del espacio sobre el suelo.

Los tratamientos con plaguicidas (especialmente insecticidas y fungicidas) que deban ejecutarse desde enero en adelante, encontrarán la barrera que constituyen capas de hojas superpuestas, especialmente si la distancia entre hileras es cercana (52 a 26 cm) y la altura de las plantas es superior a un metro.

2. Consideraciones sobre las enfermedades foliares en la soja.

De acuerdo con las descripciones y experiencias en control de las enfermedades foliares, la localización de la mayoría de ellas comienza en las hojas inferiores y se produce un ascenso hacia la parte superior del canopeo. Por ej.: la "mancha marrón (*Septoria glycines*) está ampliamente distribuida y causa defoliación de hojas desde las inferiores hacia el ápice" (Pioli, 2000).

En cuanto a "roya de la soja" (*Pakopsora pachyrhizi*), "aunque los síntomas pueden presentarse en cualquier momento del ciclo del cultivo, se hacen más evidentes en plantas próximas a floración y progresan desde las hojas inferiores hacia las superiores" (Ivancovich y Botta, 2003). Sin embargo, durante el ciclo 2003/04, la manifestación de esta enfermedad en el área de Reconquista (Santa Fe) ocurrió en estados tardíos del cultivo incluso en las hojas del tercio superior (Cra-cogna, 2004).

La posición de la **enfermedad** en las hojas y la necesidad de protección de los estratos del canopeo que más aportan a la producción (superior y medio), deter-

minan el sitio al que deben llegar las gotas asperjadas con los fungicidas. Estos sectores de la planta constituyen el **blanco para la aplicación**.

En las enfermedades foliares, si bien se produce una evolución en el cultivo, la ubicación sobre las hojas es fija, a diferencia de los insectos que se mueven de un sitio a otro. Esta situación exige una condición de calidad que debe cumplir la aplicación de un fungicida: **la mayor uniformidad posible**.

Sin dudas que al estado de desarrollo en el cual se detecta la enfermedad, y en el que se realiza la aplicación, se debe adicionar el crecimiento posterior del cultivo tal como se describió en el punto 1. Este aspecto tiene relación con la posibilidad de reinfección por el patógeno y las dificultades crecientes que presentará el cultivo al ingreso de las gotas con producto.

3. De los fungicidas

El modo de acción de los fungicidas aplicados por vía foliar -desde el punto de vista de su **penetración y translocación en las plantas**- es un aspecto muy importante porque está relacionado con la **cobertura** necesaria, y con la protección de áreas foliares no alcanzadas con la aspersión.

En la Tabla 3 se clasifica a los plaguicidas (insecticidas, herbicidas y fungicidas) de acuerdo con la absorción y su movimiento en las plantas que los reciben. Puede observarse que los fungicidas (los más utilizados en control de enfermedades de soja) son de contacto y de sistemía parcial (se mueven en el órgano de la planta sobre el cual fueron depositados). Esta característica determina la falta de protección en hojas nuevas que se desarrollarán después de una aplicación temprana, por ejemplo en R2. En la Tabla 1 se puede apreciar el incremento en el IAF entre R2 y R5 en diferentes variedades de soja.

Este componente del sistema es el que nos demanda una **alta cobertura**: 50-70 gotas/cm², o por lo menos 40, valores similares a la aplicación de un insecticida de contacto. Por otra parte, la falta de movilidad de la plaga, que en este caso está fijada a los tejidos infectados, requiere de una **alta uniformidad** (CV inferior a 30-35 %).

4. La influencia de los parámetros climáticos

El viento, la temperatura y la humedad relativa del aire (HR) son factores que ejercen un gran efecto sobre las gotas asperjadas, aún cuando sean "protegidas" por coadyuvantes específicos, y sobre el modo de contacto con el organismo plaga en algunos grupos de plaguicidas.

La acción del viento se ejerce incrementando la evaporación, el arrastre de las gotas pequeñas y de los gases originados en la volatilización de los plaguicidas. En general se recomienda no pulverizar con más de 12 km/hora como velocidad predominante.

La temperatura puede influir directamente sobre la evaporación del agua, la tensión de vapor de los plaguicidas, y el arrastre de gotas por corrientes convectivas. También determina la capacidad de contener agua y, conjuntamente con la humedad relativa, el punto de condensación o punto de rocío.

En los últimos ciclos agrícolas, el ambiente climático durante la época de mayor intensidad de trabajo para la aplicación de plaguicidas, ha sido extremadamente adverso. Durante los meses de enero, febrero y marzo las temperaturas registradas en Casilla Meteorológica son altas y los registros de HR presentan valores muy bajos. Desde fines de octubre las temperaturas máximas comienzan a superar los 30 °C, valor considerado crítico para las pulverizaciones agrícolas.

En el Gráfico 1, pueden observarse los valores de temperatura y HR registrados un día representativo del verano 2003/04 en Oliveros (Santa Fe). Estas condiciones climáticas muestran que durante gran parte del día el ambiente fue adverso para la actividad de pulverización, sin tener en cuenta el efecto sobre el plaguicida y el cultivo. Por lo tanto es necesario considerar como más adecuado el trabajo nocturno. Los registros en las Estaciones Agrometeorológicas de las EEA Reconquista y Rafaela del INTA fueron similares a los de Oliveros (Gráfico 2).

En el Gráfico 3 se puede observar el registro de las temperaturas máximas durante enero, febrero y marzo en Oliveros, Reconquista y Rafaela. Esta información plantea la necesidad de planificar la actividad, pensando en un clima adverso, con un 60 % de días de altas temperaturas durante la mayor parte de las horas con luz. Supuestamente en este ambiente no habría presencia de enfermedades, pero las mismas podrían desarrollarse antes y requerir un tratamiento posterior con fungicidas.

5. Preparando el pulverizador para la aplicación de fungicidas

La aplicación de fungicidas plantea un desafío en cuanto a la calidad del trabajo: alta cobertura de gotas y buena uniformidad en la distribución del producto.

a. Uniformidad en la distribución.

Esta condición comienza con la **homogeneidad** del caldo o mezcla en el tanque del pulverizador, que depende de la **formulación del plaguicida** y de la efica-

cia en el **sistema de agitación** o remoción del equipo. Muchos de los fungicidas disponibles actualmente para control de las enfermedades de la soja (entre ellas "roya de la soja"), están formulados como suspensiones o emulsiones-suspensiones.

Los mecanismos de agitación que pueden tener los pulverizadores están descriptos en la Tabla 4. Los de mejor funcionamiento son los mecánicos, y los hidráulicos deberían cumplir con la norma de recircular el 5-10 % como mínimo del volumen contenido en el tanque. Por otra parte, el diseño del sistema hidráulico, juntamente con las formas de los tanques, hace dudar de la eficacia de este tipo de agitación. Son numerosas las experiencias de mala distribución de herbicidas en suspensión verificadas a campo con equipos de productores y empresas de aplicación. Este aspecto debe requerir un **especial cuidado en la aplicación de fungicidas**.

La **uniformidad** de distribución también depende de la variabilidad de los caudales individuales en los picos del pulverizador. La tolerancia habitual de más/ menos 10 % sobre el promedio del caudal individual debería reducirse a más/ menos 5 %, con el propósito de mejorar la calidad de la distribución en el ancho de trabajo de la máquina. Un pulverizador como el del Gráfico 4, seguramente no tendrá una aplicación uniforme.

La elección de la pastilla es el eslabón final del proceso para la preparación del equipo. Si la aplicación de fungicidas debe ser de **alta cobertura**, en un cultivo que presenta barreras para la **penetración de las gotas**, debería utilizarse un elemento atomizador que permita cumplir con ambas exigencias: cono hueco o cono lleno serían las mejores opciones. La mayor cercanía posible entre ellas, y la regulación de la altura de la barra acorde con la aspersión, contribuyen a la uniformidad del trabajo.

Es común que se decida utilizar estas pastillas (y otras también) con presiones relativamente altas. Sin embargo debería considerarse el ajuste de la presión a la mínima necesaria para que el cono se forme correctamente. Presiones de trabajo entre 3 a 5 bar pueden ser adecuadas, según el número de la pastilla. El volumen (litros/ha) dependerá del IAF del cultivo: a mayor IAF, mayor volumen.

En síntesis, el equipo debería funcionar con esta preparación:

- Pastillas: cono lleno o hueco, ángulo cerrado.
- Distancia entre picos: 0.35/0.50 m.
- Presión de trabajo: relativamente baja.
- Altura de la barra: "toque" de los conos por encima de la superficie a asperjar.

Volumen (l/ha): relativamente alto. Cuanto mayor sea el IAF y la altura del canopeo, debería ser más elevado.

6. Resultados obtenidos en aplicaciones a campo

Desde hace varios años, en trabajos de experimentación a campo conducidos por técnicos de la EEA Oliveros del INTA en cultivos de soja, se han realizado determinaciones de la calidad de las aplicaciones de insecticidas y fungicidas foliares. En la tabla 5 se describen los resultados obtenidos en tres situaciones diferentes, sobre cultivos con canopeo definido y distintos grados de cobertura foliar.

Como se puede observar en los resultados, en un cultivo a 70 cm entre líneas, a pesar del entresurco cerrado y la altura de las plantas, las gotas atravesaron la capa superior de hojas y lograron depositarse en el tercio inferior en gran cantidad. La mayor dificultad se presentó en el cultivo a 35 cm entre líneas, entresurco muy cerrado por las hojas y ambiente muy crítico (alta temperatura y baja humedad relativa).

Bibliografía

Akesson, Norman y Yates, Wesley. 1975. El empleo de aeronaves en la Agricultura. FAO, Roma. Cuadernos de Fomento Agropecuario N° 94. Pág. 113-120.

Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes de la República Argentina (CASAFE). 2003. Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina.

Constanzo, Marta. 2004. Efectos del ambiente sobre la aspersión. Corrientes convectivas. Docente Climatología Agrícola, Fac. Ciencias Agrarias, UN de Rosario. 9 pág. En: X curso Aplicación Eficiente de Plaguicidas, 17 al 20 de agosto de 2004. INTA EEA Oliveros (Sta. Fe).

Cracogna, Mariano. 2004. INTA, EEA Reconquista, Comunicación personal.

Craviotto, R.M.; Arango, M.; Papa, J.C. y Massaro, R.A. 2000. Evaluación de la residualidad de glifosato en aplicaciones tardías en el cultivo de soja. INTA EEA Oliveros. No publicado.

vancovich, A. y Botta, G. 2003. La roya de la soja en la Argentina. INTA EEA Rafaela, Información Técnica de Cultivos de Verano, campaña 2003. Publicación Miscelánea N° 100.

Massaro, R.A.; Papa, J.C. y Craviotto, R.M. 2000. Evaluación del efecto de fungicidas foliares en soja sobre el rendimiento y la calidad de las semillas. INTA EEA Oliveros. No publicado.

Pioli, Rosanna. 2000. Enfermedades de Soja. Facultad de Ciencias Agrarias, UN de Rosario, Cátedra de Fitopatología. AGROMENSAJES N° 2. Pág. 10-12.

tabla

1

Comportamiento del Índice de área foliar (IAF), en R2 y R5, de los cultivares en las tres fechas de siembra evaluadas.

Cultivares	Fecha de siembra					
	20/09/2002		18/10/2002		28/11/2002	
	R2	R5	R2	R5	R2	R5
ADM 4800 RR	1,90 a (1) B(2)	3,20 b	2,62 b A	5,00 a	2,91 c A	5,61 ab
A 5409 RG	1,80 a	3,60 a	2,50 b	4,63 a	3,85 b	5,98 a
A 5520 RG	1,80 a	2,60 c	2,48 b	4,94 a	4,26 a	5,43 ab
A 6445 RG	1,70 a	2,70 c	3,66 a	5,29 a	4,37 a	4,73 b
CV %	7.8	2.17	9.3	6.2	5.1	8.6

(1) Medias seguidas por la misma letra en minúscula, en sentido vertical, no difieren significativamente según el Test de Duncan ($P < 0.005$)

(2) Medias seguidas por la misma letra en mayúscula, en sentido horizontal, no difieren significativamente según el Test de Duncan ($P < 0.005$)

Fuente: Evaluación de cultivares de soja pertenecientes a los Grupos de Madurez IV, V y VI en siembras tempranas y normal.

Tesis de Grado del Ing. Agr. Pablo A. Nicola realizada en la EEA Oliveros del INTA. Director de Tesis: Ing. Agr. Marcelo L. Bodrero. Campaña 2002/03.

tabla

2

Cobertura, en R2 y R5, de los cultivares en las tres fechas de siembra evaluadas.

Cultivares	Fecha de siembra					
	20/09/2002		18/10/2002		28/11/2002	
	R2	R5	R2	R5	R2	R5
ADM 4800 RR	60,60 a	78,33 b	73,06	93,61	85,56	99,00
A 5409 RG	58,44 b	98,33 a	71,94	99,00	87,22	99,00
A 5520 RG	55,50 c	76,06 b	63,89	92,50	89,17	99,00
A 6445 RG	56,19 c	69,72 b	90,00	99,00	85,56	99,00

(1) Medias seguidas por la misma letra en minúscula, en sentido vertical, no difieren significativamente según el Test de Duncan ($P < 0.005$)

(2) Medias seguidas por la misma letra en mayúscula, en sentido horizontal, no difieren significativamente según el Test de Duncan ($P < 0.005$)

Fuente: Evaluación de cultivares de soja pertenecientes a los Grupos de Madurez IV, V y VI en siembras tempranas y normal.

Tesis de Grado del Ing. Agr. Pablo A. Nicola realizada en la EEA Oliveros del INTA. Director de Tesis: Ing. Agr. Marcelo L. Bodrero. Campaña 2002/03.

tabla

3

Clasificación de los plaguicidas según su movimiento en las plantas.

Plaguicidas	No absorbido	Absorbido poco translocado	Absorbido translocado de un órgano a otro
Herbicidas	Contacto	Translocación localizada (sistemía parcial)	Sistémico
Insecticidas	Contacto (tópico o local)	Translaminar (acción en profundidad)	Sistémico
Fungicidas	Contacto (protector)	Translocación localizada (quasi sistémicos)	
		Translocación dentro de un órgano (sistémicos "verdaderos")	

Elaborado por: Ing. Agr. Rubén A. Massaro. INTA EEA Oliveros.

tabla

4

Mecanismos de agitación del caldo en el tanque de los pulverizadores.

Agitador	Mecanismo
Mecánico	Hélice en la parte inferior interna del tanque.
	Paletas sobre eje horizontal en la parte inferior interna del tanque.
Hidráulico	A través de los retornos.

tabla

5

Cobertura (gotas/cm²) lograda en cultivos de soja de canopeo definido, con ambientes y pulverizadores diferentes.

Distancia entre líneas (cm)	Altura del cultivo (cm)	Ambiente climático	Cobertura del entresurco	Equipo y pastilla	Volumen (l/ha)	Cobertura en estratos		
						Sup.	Medio	Inf.
70	110	Bueno	Alta	Automotriz Cono hueco	100	364	189	120
35	120	Extremadamente crítico.	Alta	Automotriz Cono hueco	100	102	23	0
52	75	Bueno	Media	Mochila Cono hueco	120	88	35	12

gráfico

1

Temperatura y Humedad relativa en Oliveros (Sta. Fe), el 30-01-04.

Fuente: Estación Agrometeorológica EEA Oliveros (Sta. Fe)
Elaborado por: Ing. Agr. Rubén A. Massaro, INTA EEA Oliveros

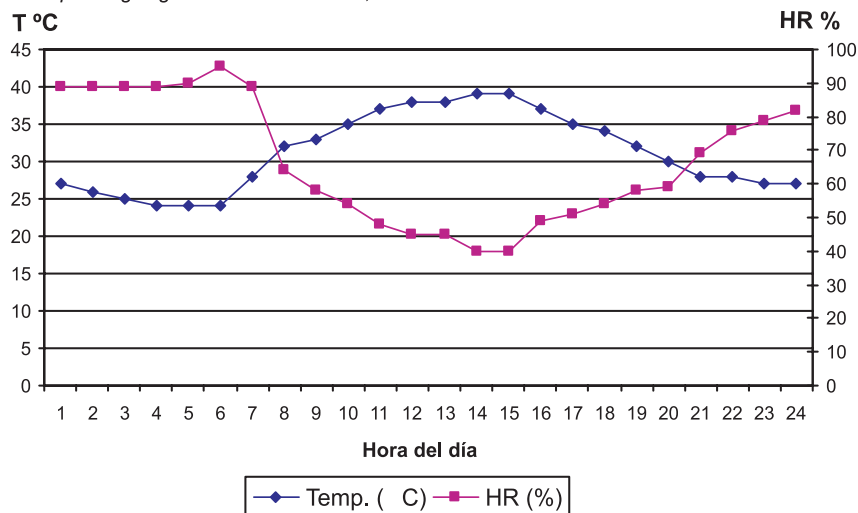


gráfico 2

Temperatura en Oliveros, Reconquista y Rafaela (Sta. Fe), el día 30-01-04.

Fuente: Estaciones Agrometeorológicas EEA Oliveros, Reconquista y Rafaela (Sta. Fe)
Elaborado por: Ing. Agr. Rubén A. Massaro, INTA EEA Oliveros

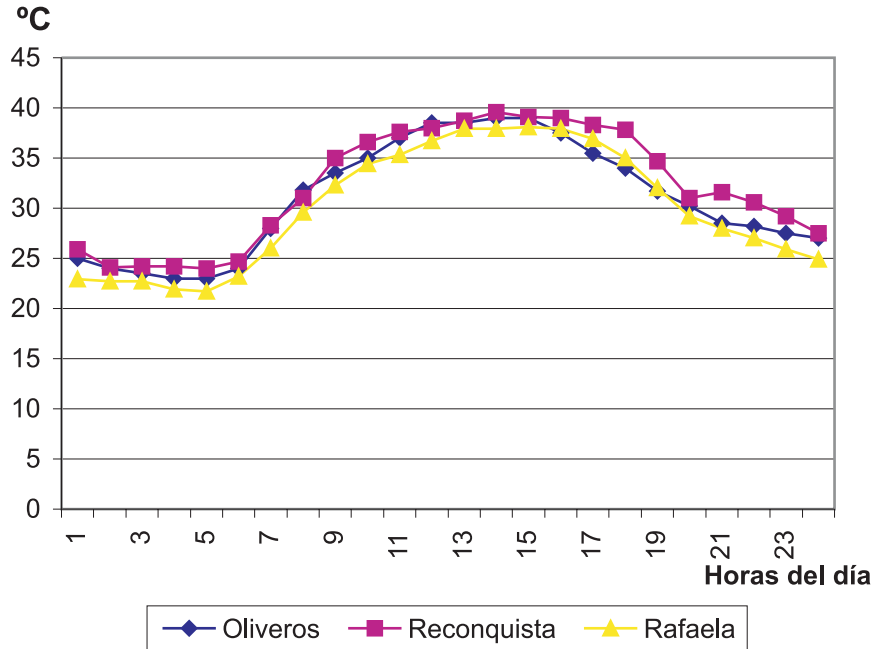
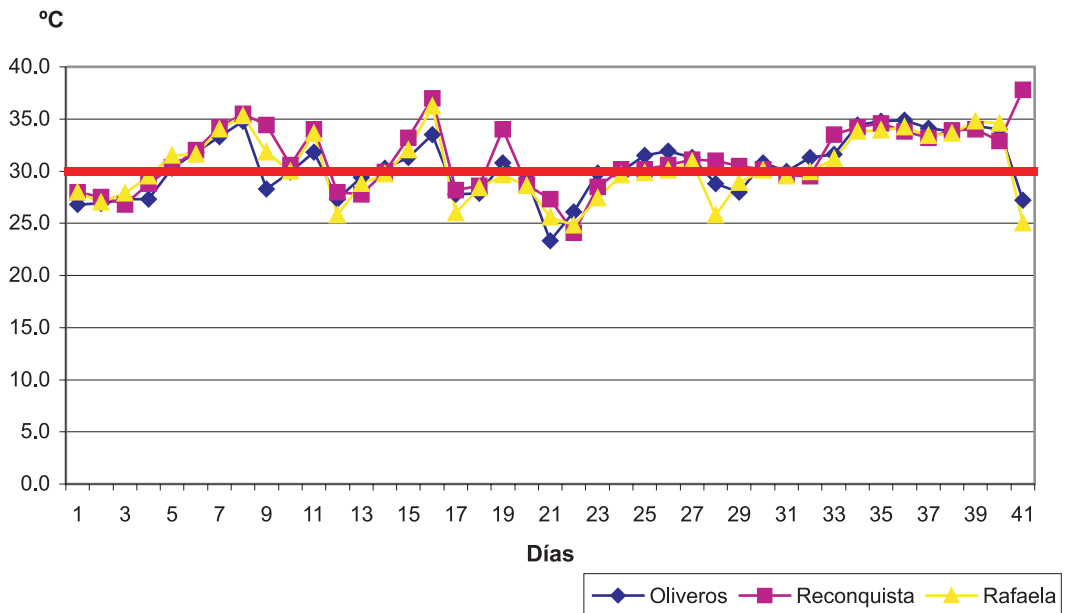


gráfico 3

Temperaturas máximas durante enero, febrero y marzo de 2004 en Oliveros, Reconquista y Rafaela (Sta. Fe).

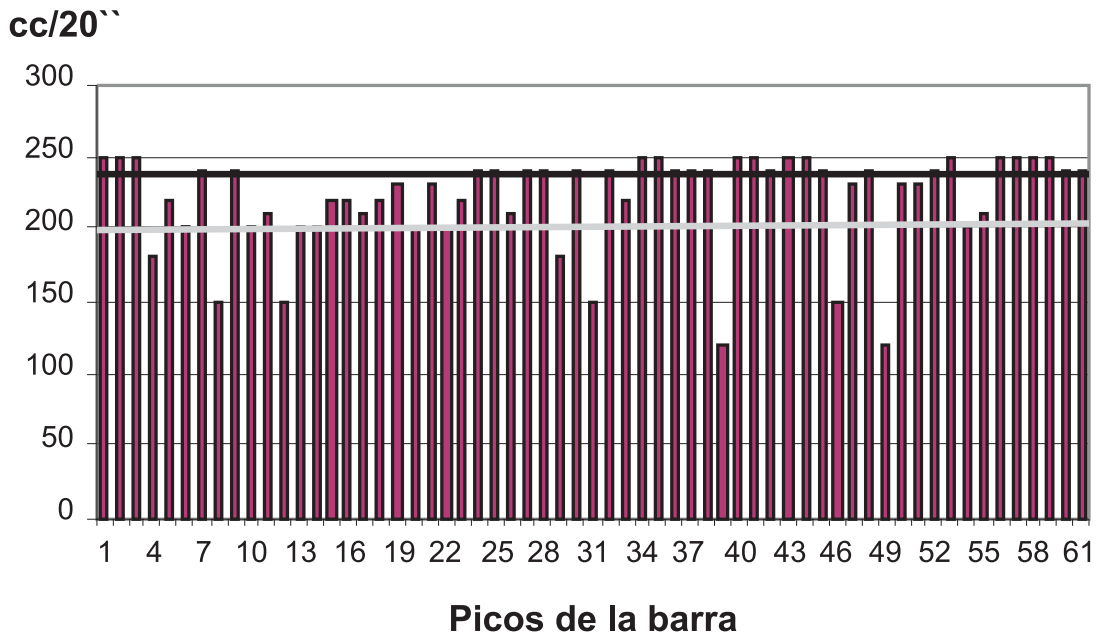
Fuente: Estaciones Agrometeorológicas EEA Oliveros, Reconquista y Rafaela (Sta. Fe)
Elaborado por: Ing. Agr. Rubén A. Massaro, INTA EEA Oliveros



gráfico

4

Uniformidad de pulverización. Caudal individual de los picos en un pulverizador automotriz.



esquema

1

Interacciones en el sistema "Tecnología para la Aplicación de plaguicidas".
Elaborado por: Ing. Agr. Rubén A. Massaro. INTA EEA Oliveros.

