

## Evaluación de diferentes métodos para el cálculo de caudal en pastillas de pulverizadoras

### Evaluation of different methods for calculating flow rate in spray nozzles

Diego Casagrande y Omar Vetore

Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias – Universidad Nacional de San Luis

drcasagrande@gmail.com, ovetore@gmail.com

**CientiFICA N°1**

Año: 2024

pp. 53 – 59

**Historial del Artículo****Recibido:**

15/04/2024

**Enviado revisión:**

16/04/2024

**Aceptado:**

07/05/2024

**Área temática:**

Sistemas

Agropecuarios -

Ingeniería agrícola.

**Resumen:** Debido a la modernización de los pulverizadores de chorro proyectado y el incremento de su ancho de botalón, se plantea comparar distintas metodologías de trabajo y tiempos, y analizarlos estadísticamente a fin de determinar el cálculo de la cantidad de litros por minuto pulverizado por la pastilla a la presión indicada por el fabricante. Se emplearán probetas plásticas y Pírex, y una balanza de precisión realizando medidas a distintos intervalos de tiempos. Se buscó determinar diferentes metodologías y tiempos para el cálculo del caudal de la pastilla de un pulverizador de chorro proyectado. En cada una de las medidas que se realizaron hubo diferencias entre el valor observado en las probetas y el valor pesado en la balanza de precisión. Motivo por el cual lleva a pensar que las probetas comerciales generan un error de apreciación que se hace notorio únicamente al compararlas contra una balanza de precisión. Si empleamos un pico que no debería ser aprobado para su uso no solo realizará mal su trabajo, sino que el cálculo de caudal será erróneo. Teniendo en cuenta que actualmente es factible conseguir estas balanzas digitales, y la popularidad del uso en otras evaluaciones realizadas por ingenieros agrónomos es necesario que incluyamos a estos instrumentos para garantizar un mayor nivel de precisión en la toma de datos a campo.

**Palabras Claves:**

pulverizadoras,  
pastillas, evaluación.

**Keywords:**

sprayers, nozzles,  
evaluation.

**Abstract:** Due to the modernization of spray jet sprayers and the increase in their boom width, there is a proposal to compare different working methodologies and times, and statistically analyze them in order to determine the calculation of the liters per minute sprayed per nozzle at the pressure indicated by the manufacturer. Plastic and Pyrex probes will be used, along with a precision scale, measuring at different time intervals. The goal was to determine different methodologies and times for calculating the flow rate of the nozzle in a spray jet sprayer. In each of the measurements conducted, there were differences between the observed value in the probes and the weight measured on the precision scale. This leads to the conclusion that commercial probes introduce an appreciation error, which becomes noticeable only when compared against a precision scale. If we use a nozzle that should not be approved for use, it will not only perform poorly but also result in an incorrect flow rate calculation. Considering that digital scales are currently readily available, and given their popularity in other assessments conducted by agronomical engineers, it is necessary to include these instruments to ensure a higher level of precision in field data collection.

## INTRODUCCIÓN

La producción agrícola Argentina con el uso de la siembra directa y los materiales resistente a diferentes agroquímicos genero un aumento muy importante en el uso de pulverizadores de chorro proyectado, posicionándolo como una de las máquinas agrícolas de mayor importancia dentro de ese paquete tecnológico. De un total de 34.5 millones de hectáreas de cultivo extensivo, el 90% son producidas bajo el sistema de siembra directa [1], duplicándose las ventas de insumos agroquímicos entre los años 2008 a 2019 con montos de U\$s 1.777.090.000 [2] a U\$s 2.471.909.757 [3].

La búsqueda de rindes cada vez mayores en cada uno de los cultivos exige minimizar las pérdidas ocasionadas por insectos, malezas y patógenos, y para esto el equipo pulverizador debe funcionar de forma correcta, siendo imprescindible que cada una de sus partes este en buen estado de conservación y mantenimiento, como así también adecuadamente calibrado de manera que realice correctamente su trabajo. La cantidad de producto a aplicar a campo debe ser precisa, para esto es necesario realizar controles rutinarios, ya que, si alguna de las partes comienza a fallar, no podremos realizar una correcta calibración. Otro aspecto importante es la necesidad de cumplir con la normativa vigente sobre la aprobación requerida por los organismos gubernamentales de medio ambiente, los cuales exigen el cumplimiento de un protocolo de certificación con la evaluación de diferentes componentes de la pulverizadora y en especial el estado de los picos y pastillas.

Si consideramos que la tendencia actual es trabajar con equipos cada vez más grandes encontrándose maquinas pulverizadoras con botalones de hasta 36 metros de ancho (John Deere, Yacto, Agco, Case IH), y teniendo en cuenta que los picos se encuentran distanciados a 0,35 m, suman unas 100 pastillas a controlar, resultando importante contar con metodologías que disminuyan los tiempos de medición de los caudales erogados por las pastillas de cada pico del botalón. El caudal, a la presión indicada por el fabricante [4], entregado por las pastillas no debe superar diferencias en más menos al 10%. Para controlar esto debemos verificar cada uno de los picos del botalón, si además empleamos como unidad de tiempo los 60 segundos en el cálculo del caudal para expresarlo en litros/minuto por pastilla, mínimamente tardaremos unos 100 minutos para dicho control, a lo que deberíamos sumar por lo menos otro 50% del tiempo entre control y control. El uso de probetas y jarras graduadas es habitual en la toma de muestras, como también podría ser el empleo de balanzas de precisión de pequeño porte que son de fácil adquisición en el mercado, además de un costo accesible.

Si empleamos un pico que no debería ser aprobado para su uso no solo realizará mal su trabajo, sino que el cálculo de caudal será erróneo. Al no erogar la cantidad especificada por el fabricante y no cumplir con las buenas prácticas agrícolas, el caldo asperjado será mayor o menor que el calculado para el lote generando posiblemente sectores con fitotoxicidad para nuestro cultivo o presencia de malezas, insectos u hongos que no hayan sido tratados.

## OBJETIVO

Determinar diferentes metodologías y tiempos para el cálculo del caudal de la pastilla de un pulverizador de chorro proyectado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el campo de la Universidad Nacional de San Luis, en el depto. de Ciencias Agropecuarias sito en Villa Mercedes (SL). Se empleó un tractor Massey Ferguson 1650 con una pulverizadora montada marca CINAL-FOR con un botalón de 3 cuerpos con pastillas de abanico plano 8002 distanciadas a 35cm, impulsada por una bomba de pistones con llaves de corte por sección, manómetro de presión bañado en aceite con escala de 0-8 bares. Las revoluciones se controlaron con el tacómetro del tractor (2000RPM) a fin de obtener las RPM necesarias en la toma posterior de potencia, y la presión de la pulverizadora (2,8 bares que es la definida por los fabricantes) se controló en cada toma de muestra con el manómetro de la misma.



Figura 1. Tractor y pulverizadora empleados.

Se diseñó un soporte metálico para 5 botellas de 2 litros plásticas descartables distancias coincidentemente con la posición de las pastillas del botalón a fin de minimizar los tiempos de relevamiento de datos. Se empleó una balanza de precisión digital con una precisión de 0,1gr para pesar el contenido de cada una de las botellas. Se emplearon a su vez 2 probetas graduadas de uso comercial y se relevó el tiempo con un cronometro digital.

Se realizaron 6 tomas de muestras a intervalos de 10, 20, 30, 40, 50 y 60 segundos marcados por el cronometro. Se midió cada muestra primero en una probeta y leyó el valor una persona que tenía conocimiento de la técnica (C. Visual Bien). Luego se repitió la lectura de este dato por otras dos personas con conocimiento de la técnica y sin conocer el valor de la medición de la persona anterior. Y por último se pesó cada muestra en la balanza de precisión en un recipiente tarado.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico en el software R de distribución libre. Los test que se realizaron son Test de Tukey, Shappiro y ANOVA en dicho software.



Figura 2. Soporte metálico para 5 botellas de 2 litros plásticas descartables.



Figura 3. Colocación del soporte metálico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según el Ing. Leiva, en su protocolo de trabajo de “PROTOCOLO DE CALIBRACION DE EQUIPO PULVERIZADOR TERRESTRE” [4] establece diferentes tiempos de trabajo para el cálculo de caudal de acuerdo al tipo de pastilla, asumiendo como correctos tiempos entre 30” a 90” y empleando como presión de trabajo 40 PSI que corresponde con la presión indicada por los fabricantes de pastillas para que entreguen el caudal nominal.

De acuerdo a los objetivos fijados, se pudieron comparar distintas metodologías que según las medidas de los datos de C. Visuales Bien que fueron revisadas entre tres personas distintas con conocimiento de la técnica obtuvieron los mismos valores entre ellas. En las tablas se tomó una sola lectura para no generar repetición de datos por las 3 personas en cuestión.

En la Tabla 1 se expresan los datos obtenidos del caudal erogado por pastilla expresados en gramos y referidos a unidad de tiempo, con una evaluación de estos valores se pudo observar cuales entran dentro del margen establecido del 10% del caudal a la presión fijada por el fabricante [5]. Los valores indicados con un asterisco son las pastillas que no se aprobarían para su uso (Tabla 1). Ya en esta tabla se observan las diferencias entre los valores de los datos obtenidos correctamente (C. Visual Bien), como con los pesados en la balanza de precisión (C. Peso).

Tabla 1. Datos observados correctamente (C. Visual Bien) y datos pesados en balanza de precisión (C. Peso). Valores en gramos.

	Tiempo	Pico 1	Pico 2	Pico 3	Pico 4	Pico 5
C. Visual Bien	10"	125	110*	130	130	119
C. Peso	10"	124	112*	133	128	119
C. Visual Bien	20"	252	230	275	265	246
C. Peso	20"	252	231	275	262	244
C. Visual Bien	30"	390	350	412	400	370
C. Peso	30"	378	344	407	391	364
C. Visual Bien	40"	505	455	540	523	482
C. Peso	40"	492	451*	532	513	478
C. Visual Bien	50"	625	570	671	643	603
C. Peso	50"	611	559*	658	633	591
C. Visual Bien	60"	767	700	828	781	740
C. Peso	60"	750	689	812	777	726
C. Visual Bien	60"	761	701	827	792	740
C. Peso	60"	751	690	811	782	726
C. Visual Bien	60"	765	701	822	790	740
C. Peso	60"	752	687	807	776	722
C. Visual Bien	60"	752	690	810	780	725
C. Peso	60"	740	678*	796	767	714

Cuando se extrapolaron los valores de 10, 20, 30, 40, y 50 segundos todos a 60 segundos se pudo observar en la Tabla 2, que se mantienen las diferencias observadas en la tabla previa. Los valores indicados con un asterisco son las pastillas que no se aprobarían para su uso.

Tabla 2. Datos de 10, 20, 30, 40 y 50 segundos extrapolados a 60 segundos, observados correctamente (C. Visual Bien) y datos pesados en balanza de precisión (C. Peso). Valores en gramos.

	Tiempo	Pico 1	Pico 2	Pico 3	Pico 4	Pico 5
C. Visual Bien	10"	750	660*	780	780	714
C. Peso	10"	744	672*	798	768	714
C. Visual Bien	20"	756	690	825	795	738
C. Peso	20"	756	693	825	786	732
C. Visual Bien	30"	780	700	824	800	740
C. Peso	30"	756	688	814	782	728
C. Visual Bien	40"	757,5	682,5	810	784,5	723
C. Peso	40"	738	676,5*	798	769,5	717
C. Visual Bien	50"	750	684	805,2	771,6	723,6
C. Peso	50"	733,2	670,8*	789,6	759,6	709,2
C. Visual Bien	60"	767	700	828	781	740
C. Peso	60"	750	689	812	777	726
C. Visual Bien	60"	761	701	827	792	740
C. Peso	60"	751	690	811	782	726
C. Visual Bien	60"	765	701	822	790	740
C. Peso	60"	752	687	807	776	722
C. Visual Bien	60"	752	690	810	780	725
C. Peso	60"	740	678*	796	767	714

Si se emplea 30 segundos y la balanza de precisión para evaluar, se habrán reducido los tiempos a la mitad, o sea a 75 minutos y no se tendrá más el error de apreciación originado por las probetas. Si a su vez se emplea un carro transportador de envases para realizar 5 tomas al mismo tiempo la evaluación del mismo botalón se realizará en 15 minutos, o sea 10 veces más rápido.

## CONCLUSIONES

En cada una de las medidas que se realizaron hubo diferencias entre el valor observado en las probetas y el valor pesado en la balanza de precisión. Motivo por el cual lleva a pensar que las probetas comerciales generan un error de apreciación que se hace notorio únicamente al compararlas contra una balanza de precisión.

Observando las tres posibilidades del ensayo, sería recomendable que quien realiza la calibración sea un profesional idóneo, sería importante corroborar los datos relevados usando una balanza digital de precisión.

Por lo datos obtenidos se puede inferir que emplear 30 segundos como unidad de medición con la balanza digital es correcto. Al emplear este tiempo de medición disminuimos a la mitad la cantidad de tiempo empleado en realizar la evaluación del botalón.

Los datos obtenidos del ANOVA indican que no hay variación entre las tomas realizadas a 10" 20" 30" 40" 50" o 60". A su vez se observó que los datos obtenidos son normales y homocedásticos, por lo que se pueden elegir cualquiera de los valores de tiempo empleados para realizar las evaluaciones de las pastillas.

Estadísticamente observamos que no hay diferencias significativas al 95% ni al 99% de confianza entre los caudales tomados a distintas mediciones de tiempo, no obstante, hasta que no se evalué el posible error producto del efecto del cansancio en la toma de muestras repetidas en los diferentes picos, sugerimos emplear el relevamiento en 30 segundos ya que a menor tiempo de evaluación 1 segundo de error tendrá mayor importancia.

Teniendo en cuenta los objetivos de este trabajo, que actualmente es factible conseguir estas balanzas digitales, y la popularidad del uso en otras evaluaciones realizadas por ingenieros agrónomos es necesario que incluyamos a estos instrumentos para garantizar un mayor nivel de precisión en la toma de datos a campo. En 3 ocasiones distintas el error de apreciación originado por la probeta permitía que ese pico fuera aprobado para su uso, pero al compararlo con el valor otorgado por la balanza observamos que debía ser reemplazado por un pico nuevo ya que escapaba al margen de 10% a la presión indicada por el fabricante para ese tipo de pastilla [5].

## REFERENCIAS

- [1] AAPRESID. (2016). *Estimación de superficie en siembra directa*. Recuperado de: <https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/2016/10/Estimaci%C3%B3n-de-superficien-en-SD-1.pdf>
- [2] CASAFE. (2008) *Informe de Mercado de Fitosanitarios*.
- [3] CASAFE. (2019) *Informe de Mercado de Fitosanitarios*.
- [4] Leiva, P. D.; (2008). *Protocolo de calibración de equipo pulverizador terrestre*. INTA Pergamino
- [5] Ros, P. G.; (2015). *Guía para la inspección de equipos de aplicación de productos fitosanitarios en cultivos bajos. Criterios para la evaluación de los resultados*. INTA. Recuperado de <http://www.inta.gov.ar/sanpedro>