

## Uniformidad en la distribución de aplicación de diferentes diseños de pastillas de pulverización

Merani Victor H.<sup>[0000-0002-0681-7535]</sup>, Mur Matilde<sup>[0000-0002-6055-2638]</sup>, Bethouart Mariana<sup>1</sup>,  
Guilino Facundo<sup>[0000-0002-2337-3833]</sup>, Ponce Mariano J.<sup>[0000-0002-9917-0282]</sup>, Vazquez Juan  
Manuel<sup>[0000-0001-5825-3834]</sup>, Larrieu Luciano<sup>[0000-0002-9520-158X]</sup>, Balbuena Roberto H.<sup>[0000-0001-8675-3318]</sup>

<sup>1</sup> CISSAF Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, La Plata, Buenos Aires, Argentina  
victormerani@gmail.com

**Resumen.** La aplicación de fitosanitarios se ha vuelto una herramienta fundamental en el proceso actual de producción agropecuaria. La misma es compleja y dominada por muchos factores. A fin de ayudar a reducir las pérdidas y maximizar la eficiencia se decide realizar un ensayo con 3 pastillas de pulverización (3D-Defy-XR11002VP-TXA8002VK) a 2,6 bar de presión, con 50 litros de tasa de aplicación y 17 km/h de velocidad, circulando con el botalón a 0,75m sobre bancos que simulan objetivos tridimensionales donde se colocaron tarjetas hidrosensibles. Se evaluó Densidad de impactos, DV0,5 y Eficiencia. Se obtuvieron valores mayores de todos los parámetros en los objetivos horizontales. Las pastillas con algún tipo de angulación antero posterior mejoraron la uniformidad de aplicación entre objetivos verticales. Las pastillas anguladas no mejoran las características de aplicación en objetivos verticales en comparación con el resto de las pastillas.

**Palabras clave:** Pulverización, Pastillas angulados, Calidad de aplicación.

### 1 Introducción

El actual modelo de agricultura adoptado en los diversos sistemas de producción, especialmente los extensivos, como algodón, soja, maíz, entre otros, es muy dependiente del uso de productos fitosanitarios que actúan como importante componente en el manejo de los cultivos.

La tecnología de aplicación de agroquímicos es un área multidisciplinaria que estudia aspectos referentes a la llegada del producto químico al objetivo a controlar. Es una de las etapas más importantes del proceso de producción agrícola ya que debe realizarse de forma adecuada para que permita la correcta colocación del principio activo en el cultivo, en el momento oportuno, en cantidad necesaria, de forma económica y con mínimo de contaminación a otras áreas [1]. [2] afirman que se busca obtener la máxima eficiencia del producto fitosanitario con el menor volumen de

caldo posible, convirtiéndose en una variable de gran importancia al momento de seleccionar las pastillas de pulverización.

Para disminuir el volumen de caldo y al mismo tiempo proporcionar la cobertura deseada en el objetivo, se puede reducir el tamaño de gota de una pulverización. Pese a esto, gotas muy finas poseen dificultades para depositar una cantidad adecuada de producto en el objetivo por ser más vulnerables a la pérdida por deriva y evaporación, en consecuencia proporcionan un menor control [3].

Por lo tanto, el volumen de caldo influye directamente en el nivel de cobertura del objetivo biológico, pero su aumento resulta en un mayor gasto de tiempo para el reabastecimiento de las máquinas aplicadoras, entre otros aspectos [4]. En algunos casos, un menor volumen de aplicación puede aumentar tanto la cobertura como la eficacia [5]. Las gotas más pequeñas tienden a tener una mayor afinidad por las superficies de las plantas, especialmente en los pastos debido a su orientación principalmente vertical [6] [7] pero esto no parece afectar la eficacia de los herbicidas. En el 56% de los estudios examinados por [8], una disminución en la tasa de volumen de la aplicación condujo a una mejora o a ningún efecto sobre la eficacia de los herbicidas. Esto es consistente con otros estudios realizados por [9] y [10]. Cambiar el tamaño de la gota de pulverización afectó la deposición, pero el efecto sobre la cobertura no alcanzó similares niveles de correlación [11] [12]. [13] realizaron varios estudios sobre el tamaño de gota en relación a la deriva y la eficacia del producto a aplicar; concluyeron que las gotas de mayor tamaño reducen la deriva potencial un 85%, mientras se mantiene o mejora la eficacia de aplicación.

Aunque no existe un rango de tamaño de gota específico que sea propenso a la deriva en todas las condiciones, muchos investigadores han considerado que tamaños de gotas menores a 75  $\mu\text{m}$  [14], 100  $\mu\text{m}$  [15], 150  $\mu\text{m}$  [16] o 200  $\mu\text{m}$  [17] son más propensas a la deriva. Por otro lado [18], mencionan que tamaños de gotas mayores a 400 micras también significan un problema para la aplicación, ya que sostienen que gotas de este tamaño no se mantienen sobre la superficie de la planta, a la vez que proveen de una baja cobertura sobre el objetivo.

[19] trabajaron en la evaluación de la penetración del asperjado con diversas pastillas en el control de roya de la soja. Concluyeron que la densidad de impactos producida por la pastilla cono hueco y un volumen de aplicación de 150 l ha<sup>-1</sup>, fue significativamente superior del resto de las pastillas tanto en el estrato superior como en el inferior. Combinaciones de pastillas y caudales mostraron un comportamiento similar en el estrato inferior, sin diferencias significativas entre ellas, sin embargo mostraron un comportamiento inferior respecto al cono hueco a 150 l ha<sup>-1</sup>. Para el caso de doble abanico, no obtuvieron una mayor penetración por debajo de los 20 cm superiores del follaje del cultivo. Las únicas pastillas con las que obtuvieron un número aceptable de impactos y aún mayores (50 gotas cm<sup>2</sup>), fueron las de cono hueco a 120 y 150 l ha<sup>-1</sup>. Destacan que un mayor volumen de aplicación por sí mismo, no es garantía de un alto número de impactos dentro del follaje, sino que está relacionado con las características de las pastillas en cuanto al modo de generación de gotas. En el caso del cono hueco, el DVM (diámetro volumétrico mediano) estuvo por debajo del valor ideal de 200-250  $\mu\text{m}$  mencionado por [20]. Los resultados obtenidos por este equipo

de investigadores muestran que las gotas finas generadas por estas pastillas fueron las que mejor comportamiento presentaron con respecto a la penetración.

Distintos autores han mencionado que los parámetros de calidad de aplicación se hallan relacionados también a los ángulos de incidencia del chorro de pulverización [21] [22] [23], [24].

Se considera que el ángulo de pulverización de 90° en relación al suelo (posición vertical) es el más frecuentemente utilizado [24]. Pese a ello, las pastillas que presentan abanico simple con ángulos hacia adelante o hacia atrás, simétricos o asimétricos se utilizan tratando de buscar mayor penetración y uniformidad de deposición en el cultivo. Todos los trabajos se refieren a la angulación anteroposterior de la pastilla de manera diferente. Para tratar de aclarar y mejorar la comparación entre trabajos se ha decidido tomar 90° como la posición vertical más común y los ángulos con valor positivos tomados desde la posición vertical (90°) hacia la dirección de avance y los valores negativos desde la posición vertical en sentido contrario a la dirección de avance.

[25], evaluó el ángulo de incidencia del abanico de pulverización de tres diferentes pastillas de abanico plano y uno con doble abanico plano, y encontró incrementos en la deposición del caldo de pulverización cuando utilizó el ángulo de +45° en relación con la vertical.

[26], encontraron en un ensayo con cortina de aire que una velocidad de aire superior a 25 m s<sup>-1</sup> acoplada con un ángulo de chorro de aire de +20° y una pulverización fina aumenta tanto la cobertura de partes ocultas de las plantas como la penetración del rociado hacia el fondo del dosel.

Las características de mayor interés en las aplicaciones hidráulicas son proporcionadas por las pastillas, siendo de gran importancia conocer las peculiaridades de cada una, a fin de seleccionar la mejor alternativa para cada ocasión. Las pastillas, son el órgano responsable de la emisión de las gotas y, por lo tanto, son consideradas el componente más importante del equipo pulverizador, ya que determinan diversos factores relacionados a la calidad de la aplicación, es decir, proporcionan una distribución relativamente homogénea a lo largo del botalón (calidad) [27] y logran eficacia biológica en función de la cantidad de impactos/cm<sup>2</sup> depositados en el objetivo, siendo necesarios de 20-30 para herbicidas sistémicos, 30-40 para herbicidas de contacto y 50-70 para fungicidas e insecticidas. [28]

[22] explican que el espectro de gotas dependerá del diámetro del orificio de salida, el ángulo de pulverización de la pastilla y la presión de funcionamiento, factores que inciden sobre la calidad de la pulverización. Por lo tanto, la correcta elección de la pastilla es esencial para garantizar que los plaguicidas se apliquen de manera efectiva a la velocidad correcta.

[2] mencionan que muchas veces los fabricantes informan solamente si un modelo de pastilla es adecuado para un herbicida, insecticida o fungicida, considerando los modos de acción de contacto o sistémico.

Una forma de estimar la cobertura del objetivo puede ser a través del número de impactos por unidad de área. Buena parte de las recomendaciones técnicas de aplicación son basadas en este criterio, informándose un rango o un número mínimo de

gotas necesarias para un buen control. La deposición y cobertura pueden ser analizadas de diferentes formas, utilizándose objetivos naturales o artificiales.

Las tarjetas hidrosensibles son una herramienta que permite lograr aplicaciones eficientes y responsables. Son de papel, muy sensible a la humedad, que al entrar en contacto con gotas de agua o líquido, se manchan de color azul, revelando el lugar donde han caído las gotas.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los pocos estudios que han explorado el efecto del tipo de pastilla y la angulación anteroposterior en las tasas de recuperación de producto y la calidad de deposición de pulverización en condición de barbecho se realiza un ensayo con el propósito de determinar la uniformidad de distribución y calidad de aplicación de pastillas con diferentes características generales y diseños de angulación anteroposterior sobre distintos objetivos.

## 2 Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Julio Hirschhörn perteneciente a la FCAyF de la Universidad Nacional de La Plata 34°35 S, 57°57 W.

Se utilizaron las pastillas descritas en la tabla 1 con diferentes características de pulverización. Se trabajó a una presión de 260 kPa, con previo control del caudal de las mismas mediante jarra graduada, cronómetro y un caudalímetro electrónico, en condiciones semicontroladas dentro de un galpón sin viento y sin accidentes topográficos.

La máquina utilizada fue una pulverizadora Hatsuta, vinculada al tractor a través del elevador hidráulico de tres puntos (montada), con un tanque de 400 l de capacidad y un botalón con separación entre pastillas de 0,525 m.

El botalón pasó por encima de los objetivos de pulverización a una altura de 0,75 m a fin de uniformar la distancia de las pastillas según recomendación de los fabricantes para cada una ([29] [30])

**Tabla N°1:** Descripción de pastillas utilizadas.

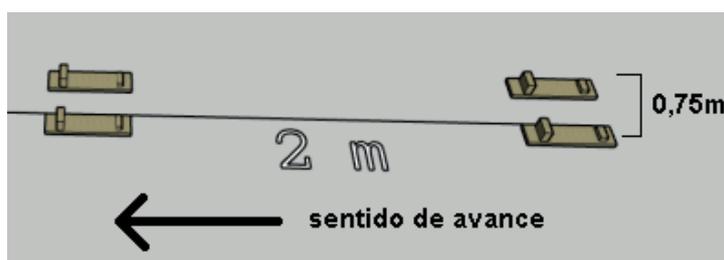
Pastillas	Ángulo Anteroposterior	Ángulo de apertura	caudal	Tipo	Marca	Siglas
3D Defy	30*	100	02	Abanico	Hypro	Defy-3D
XR11002VP	0	110	02	Abanico	Teejet	AP
TXA8002VK	0	80	02	Cono Hueco	Teejet	CC

\*Intercalada hacia adelante y hacia atrás sobre el botalón según indicaciones del fabricante (Pentair, 2017).

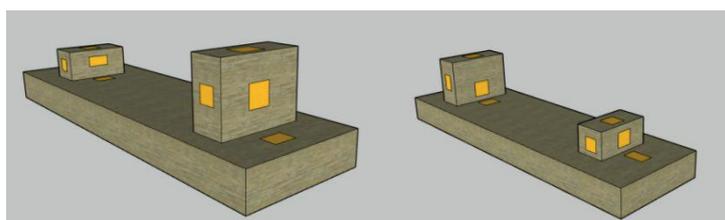
La evaluación se realizó con tarjetas hidrosensibles [31] colocadas sobre estaciones de medición de 0,5 m de largo por 0,15 m de ancho con 2 prismas rectangulares de diferentes dimensiones que funcionaron como obstáculo de las gotas para llegar a los diferentes objetivos (Imagen 1). Se colocaron dos estaciones de muestreo distanciadas a 0,75 m entre si y dos más como repetición, distanciadas a 2 m en la dirección de avance respecto de los anteriores (Imagen 2). Las tarjetas fueron dispuestas sobre las

5 caras de los prismas y dos adicionales, una por delante y otra por detrás del objetivo en forma inmediata y horizontal, como se visualiza en la Imagen 2.

Se utilizó un diseño experimental factorial de  $3 \times 2 \times 7$  completamente aleatorizado con 4 repeticiones. El primer factor estuvo representado por 3 diseños diferentes de pastillas (Tabla 1), el segundo factor fueron las 2 estaciones de medición [(obstáculos de diferentes dimensiones, (ver Imagen 1)] y el tercer factor las 7 posibles ubicaciones de las tarjetas en cada estación de medición (Imagen 2).



**Imagen. 1.** Distribución de las estaciones de evaluación.



**Imagen. 2.** Disposición de las tarjetas hidrosensibles en el banco.

Luego del pasaje de la máquina pulverizadora se recogieron las tarjetas hidrosensibles y se colocaron en ambiente libre de humedad hasta su procesamiento. El mismo consistió en una digitalización de las tarjetas por medio de scanner cannon LIDE90 a 1200 d.p.i. y luego fueron analizadas con el programa CIR 1.5, obteniendo los siguientes parámetros que constituyeron las variables de respuesta:

- Densidad de impactos (N° de improntas  $\text{cm}^{-2}$ ).
- Diámetro Volumétrico Mediano (DV 0,5 o DVM), ( $\mu\text{m}$ ): Diámetro de gota que divide el volumen pulverizado a la mitad.
- Eficiencia (%): relación entre lo recogido en el objetivo y lo aplicado.

Para el análisis de uniformidad se procedió a dividir las tarjetas según cada posición, a fin de evaluar cuál de las pastillas consigue los mejores resultados en cada sector del objetivo y valorar de esa forma las características de la población de gotas que llegan a cada sitio.

Se realizó una segunda división de las tarjetas comparando los resultados de las que fueron colocadas en el objetivo más bajo del banco con las del objetivo más alto, analizando todas las pastillas en su conjunto con el fin de determinar la influencia de

la altura del objetivo. Asimismo, se analizó individualmente cada pastilla a fin de determinar la mejor alternativa frente a esta dificultad.

Esta forma de separación y análisis se realizó para objetivos verticales (V) y horizontales (H), objetivos delanteros (Ad) y traseros (Tr) y, por último, objetivos verticales laterales (D, I), verticales frontales y verticales traseros.

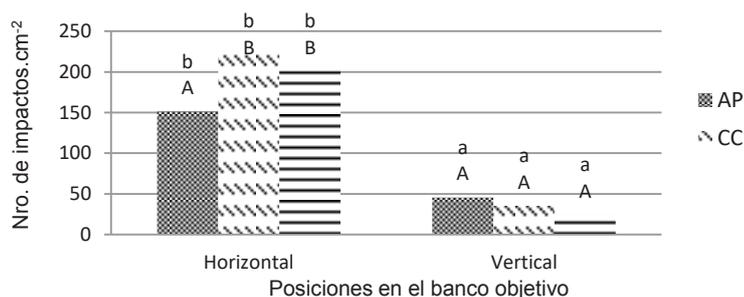
Debido a que las variables respuesta no responden a una distribución normal, los resultados fueron estudiados estadísticamente a través de un análisis de la varianza no paramétrico, mediante la prueba de Kruskal Wallis; y las medianas comparadas con un nivel de significancia ( $p \leq 0.05$ ). Se utilizaron planillas Excel para el ordenamiento de los datos y para el análisis estadístico el programa INFOSTAT.

### 3 Resultados y discusión

Debido a que no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tamaños de obstáculos para ninguna de las variables estudiadas, se tomaron los resultados de ambos cubos como repeticiones.

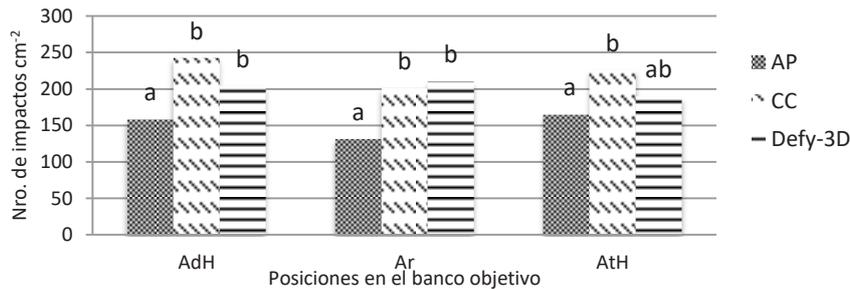
#### 3.1 Densidad de impactos

En la Fig. 1 se puede apreciar que la densidad de impactos que alcanza al objetivo tiene relación directa con su posición, los blancos horizontales siempre reciben mayor número de impactos independientemente de la pastilla utilizada, presentando como mínimo el triple de impactos respecto a los verticales. Esto puede deberse a su mayor superficie expuesta por su disposición perpendicular a la trayectoria teórica de las gotas tal como menciona [24]. La deposición por aspersión en objetivos verticales es difícil y varias investigaciones han demostrado que la misma disminuye cuando la orientación del objetivo cambia de horizontal a vertical [32] [33] [34].



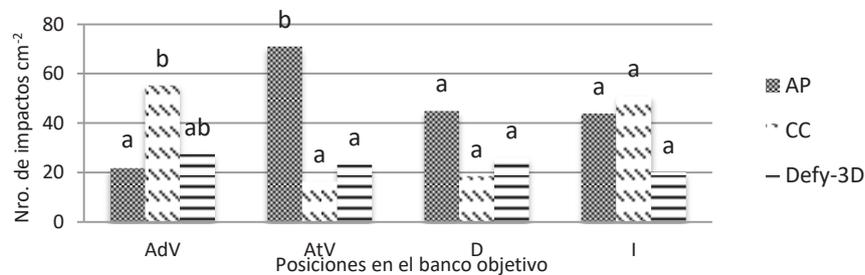
**Fig. 1.** Densidad de impactos cm<sup>-2</sup> en función de los diferentes diseños de pastillas para las diferentes posiciones en el objetivo. Letras minúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre posiciones y letras mayúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre pastillas. Test de Kruskal-Wallis  $p \leq 0,05$ .

CC y Defy-3D no presentaron diferencias significativas entre sí para las posiciones horizontales en ninguna de las ubicaciones (ver Fig. 2.) esto puede deberse al mayor número de gotas que generan estas pastillas en relación a AP ya que las mismas generan gotas de tamaño fino en este rango de presiones mientras que AP genera gotas más gruesas (ver Fig. 6.).



**Fig. 2.** Densidad de impactos.cm<sup>-2</sup> para cada pastilla en función de la posición horizontal del objetivo. Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre pastillas. Test de Kruskal-Wallis  $p \leq 0,05$ .

Por lo tanto, podríamos suponer que la angulación de la pastilla tiene influencia en la proyección de las gotas tal como afirman [19] y [24]. Es decir, la angulación de la pastilla modifica la dirección con la cual la gota abandona la misma, y por consiguiente aumenta la posibilidad de alcanzar diferentes objetivos con disposición no horizontal, mejorando el comportamiento del abanico plano



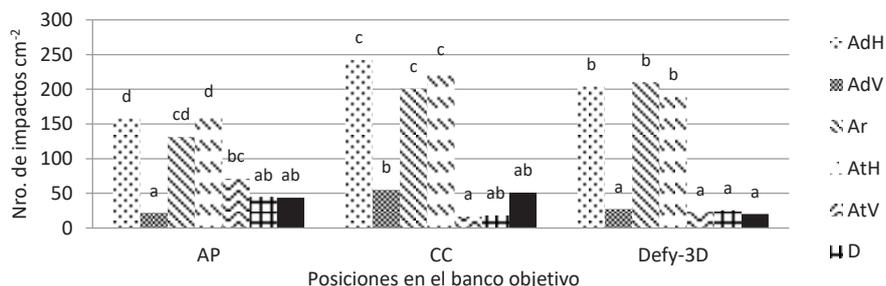
**Fig. 3.** Densidad de impactos.cm<sup>-2</sup> para cada pastilla en función de la posición vertical del objetivo. Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre pastillas. Test de Kruskal-Wallis  $p \leq 0,05$ .

En las posiciones verticales, es interesante destacar el comportamiento de AP en la cara trasera vertical debido a que logra 300% más de impactos que las otras pastillas (Ver Fig. 3.). Esto puede deberse a la generación de un vórtice de viento por detrás del objetivo, lo que origina que las gotas cambien su trayectoria como consecuencia del aire circundante [35], las pastillas CC y Defy 3D al poseer una salida de gota angulada podrían sufrir menos este efecto.

En cuanto al CC fue notoria la cantidad de impactos alcanzados en la posición AdV, siendo ésta más del doble que las otras dos pastillas.

El comportamiento de Defy-3D fue regular en todas las posiciones verticales y nunca alcanzó el mayor número de impactos en relación a las otras dos pastillas, lo que puede deberse en parte, al efecto ejercido por la altura del botalón. [24] menciona, a partir de consideraciones teóricas, que la deposición sobre objetivos verticales se podría mejorar cambiando la trayectoria de pulverización desde la vertical estándar hacia un ángulo que sea más perpendicular al objetivo de pulverización. La aplicación de la teoría va a depender de si es posible retener tal ángulo desde la punta de la boquilla hasta el objetivo ya que a mayor ángulo mayor distancia debe recorrer la gota hasta el objetivo, siendo mayor el efecto de la gravedad sobre la misma y modificando de esta forma su angulación. [23] demuestran que a mayor altura del botalón, para todas las velocidades estudiadas, peor es la llegada de gotas a los objetivos verticales al igual que lo encontrado por [36].

Esto es de relativa importancia si se pretende realizar tratamientos con fungicidas o insecticidas ya que de utilizar el botalón demasiado alto sería dificultoso alcanzar el N° de impactos mínimos para control con pastillas anguladas, como se observa en el Fig. 3. Defy-3D no alcanzó los 30 impactos en ninguna de las posiciones verticales en tanto que, las demás pastillas no alcanzaron este N° de impactos en al menos una de las caras, lo que debería de ser considerado si el producto a aplicar posee una baja translocación en el vegetal. Esto nos permitiría afirmar que la angulación de la pastilla por sí sola no mejora el número de impactos obtenido en las posiciones verticales.

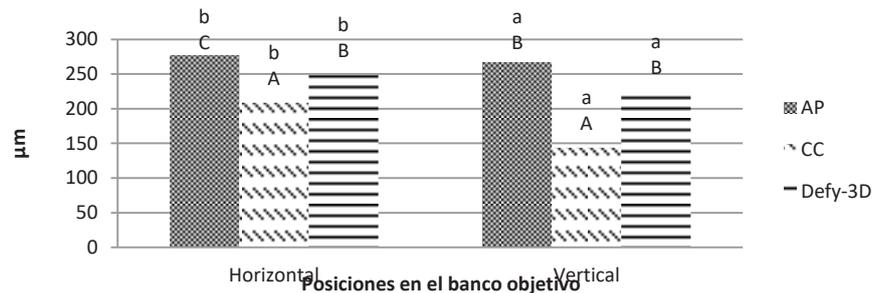


**Fig. 4.** Densidad de impactos en cada posición y ubicación del objetivo. Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre posición. Test de Kruskal-Wallis  $p \leq 0,05$

En la Fig. 4, podemos observar el comportamiento de las pastillas en cada una de las caras del objetivo. Es posible apreciar a simple vista que los objetivos horizontales obtienen el mayor número de impactos independientemente de la pastilla utilizada, tal como se vienen mencionando. Por otro lado, es posible notar que ninguna pastilla logra una buena uniformidad en el número de impactos en todas las caras de los objetivos. Si se particionan los objetivos entre verticales y horizontales se observa que las pastillas Defy-3D son las de mayor uniformidad sin presentar diferencias estadísticas entre las posiciones verticales, al igual que con las horizontales. AP y CC son más variables y presentan diferencias estadísticas entre posiciones verticales pero no en las horizontales. Pese a esto, es posible apreciar una mayor uniformidad en las pastillas CC posiblemente por su angulación tridimensional de salida de las gotas.

Esto nos permite concluir que la angulación de las pastillas posee un efecto positivo en la uniformidad de impactos para las diferentes caras de los objetivos pero sería recomendable ahondar en la investigación de esta variable para diferentes diseños y angulaciones de pastillas.

### 3.2 Diámetro volumétrico mediano (DV0,5)

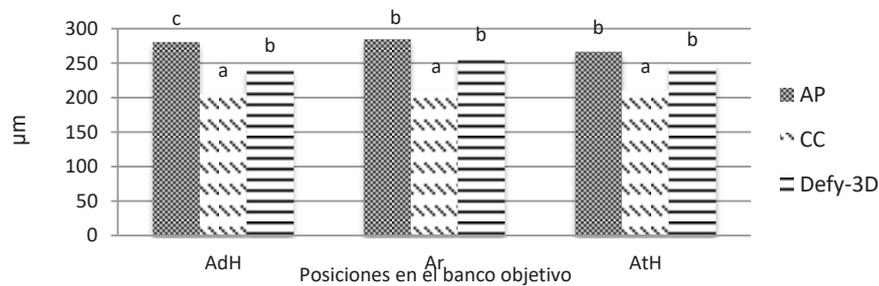


**Fig. 5.** DV0,5 en función de los diferentes diseños de pastillas para las diferentes posiciones en el objetivo. Letras minúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre posiciones y letras mayúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre pastillas. Test de Kruskal-Wallis  $p \leq 0,05$ .

En la Fig. 5. se puede observar que en los objetivos verticales quedan retenidas gotas más finas respecto a los objetivos horizontales [26] [35].

[6] mencionan que las gotas más pequeñas parecerían tener más afinidad por los objetivos verticales, lo que se pueda deber a la menor influencia de la gravedad sobre ellas y su mayor tiempo de permanencia en el aire, lo que permite que pequeñas brisas las hagan impactar contra estos objetivos. En el caso de la pastilla CC es más notoria la tendencia, probablemente por ser la pastilla que genera las gotas más pequeñas.

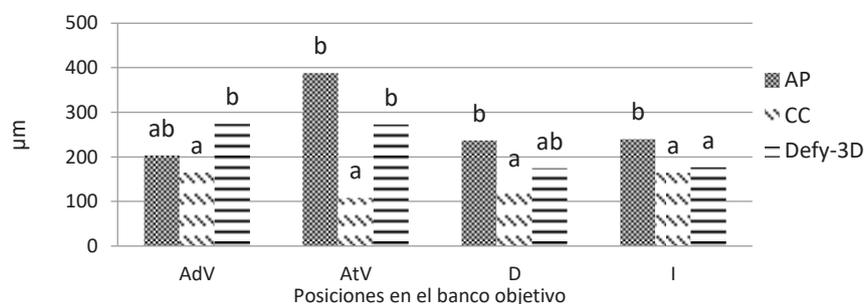
Por otro lado, podemos observar que el tamaño de gotas que llega al objetivo mantiene una relación directa con el diseño de pastilla. Esto se puede deber a que diferentes diseños generan diferente tamaño de gota a una misma presión de trabajo pese a poseer idéntico caudal por minuto de erogación.



**Fig. 6.** Valores de DV0,5 para cada posición horizontal del objetivo. Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre pastillas. Test de Kruskal-Wallis  $p \leq 0,05$ .

A partir de los resultados mostrados en las Fig. 6. y 7. , se puede afirmar que AP es la pastilla que genera mayor tamaño de gotas sobre el objetivo, diferenciándose significativamente de CC en todas las posiciones, a excepción de AdV. Además, es de interés destacar que la pastilla Defy-3D nunca se diferenció significativamente de AP, lo que indica que el ángulo de proyección inicial de gotas tiene baja incidencia en el tamaño de gotas. Sólo en AdH e I la pastilla AP si se diferenció en el DVM que llega al objetivo, esto permitiría suponer que el tamaño de gota que llega a los objetivos horizontales está más relacionado con el tipo de pastilla y las condiciones ambientales que con la posición relativa del objetivo.

Las posiciones relativas verticales no son alcanzadas por el mismo tamaño de gota independientemente de la pastilla que lo genere, presentando diferencias de tamaño dentro de la pastilla y dentro de la posición. Para evaluar la homogeneidad de los DV0.5 en las diferentes posiciones y ubicaciones para cada diseño de pastilla, se calculó el coeficiente de variación (CV), donde AP obtuvo 23%, seguido por CC con 22% y Defy-3D con 18%. La pastilla Defy-3D presentó similar tamaño de gotas en las posiciones AdV y AtV y en las posiciones D e I, CC presentó la mayor desuniformidad en el tamaño de gotas para los objetivos verticales siendo que en las posiciones horizontales fue la pastilla con mayor similitud de tamaño de gotas. AP presentó diferencias marcadas entre AdV y AtV y similitud en sus posiciones D e I al igual que Defy-3D, pudiendo deberse a la angulación lateral de aproximadamente 5° para evitar que los abanicos se toquen en el botalón lo que genera que los mismos barran los objetivos D e I de forma similar.



**Fig. 7.** valores del DV 0,5 para cada posición vertical del objetivo. Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre pastillas. Test de Kruskal-Wallis  $p \leq 0,05$ .

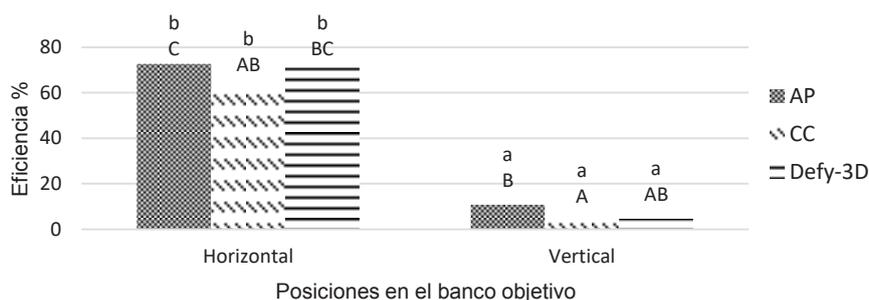
Por otra parte, se puede apreciar que generar gotas gruesas según [37], entre 340  $\mu\text{m}$  y 403  $\mu\text{m}$ , no significa producir bajo número de impactos en contra posición a lo expresado por [20]. Esto se observa con la pastilla AP, que a pesar de generar gotas gruesas, logra un alto número de impactos en la posición AtV, obteniendo diferencias significativas respecto a CC y Defy-3D (Ver Fig. 7 y 3).

Según [37], tanto AP como Defy-3D, generan gotas medias y el CC gotas finas. Para CC se pudo observar en las posiciones verticales AtV y D un tamaño inferior a 150  $\mu\text{m}$  que según [20], son más propensas a sufrir deriva. Mientras que AP y Defy-3D presentaron DVM por encima de los 170  $\mu\text{m}$  en todas las posiciones y AP incluso

superiores a los 200  $\mu\text{m}$ . Si consideramos que un adecuado balance se obtiene utilizando gotas entre 200-250  $\mu\text{m}$  de diámetro estas pastillas podrían tener menores dificultades con la deriva en condiciones de campo con mayor viento

### 3.3 Eficiencia

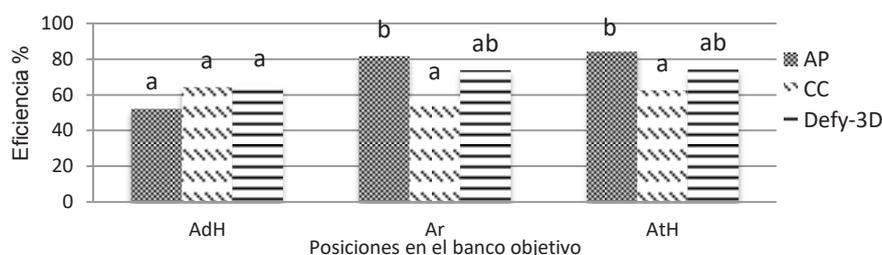
La eficiencia es una variable de respuesta que depende del tamaño de la gota y del número de impactos que logran llegar al objetivo, esta se determina a partir de los litros  $\text{ha}^{-1}$  que llegan al blanco, respecto a los litros  $\text{ha}^{-1}$  erogados por el pulverizador. En el Fig. 8, se muestran los resultados de eficiencia para las distintas pastillas en las diferentes posiciones. Se puede visualizar que las mayores eficiencias se alcanzaron sobre las caras horizontales de los objetivos, independientemente del diseño de pastillas. Esto se debe a que las gotas tienen una mayor probabilidad de impactar sobre la mayor superficie expuesta en ese plano, logrando eficiencias mayores al 50% - 60%. Esto además es acompañado por el mayor tamaño de los impactos que llegan a esta posición aumentando el valor de volumen recolectado (Ver Fig. 5).



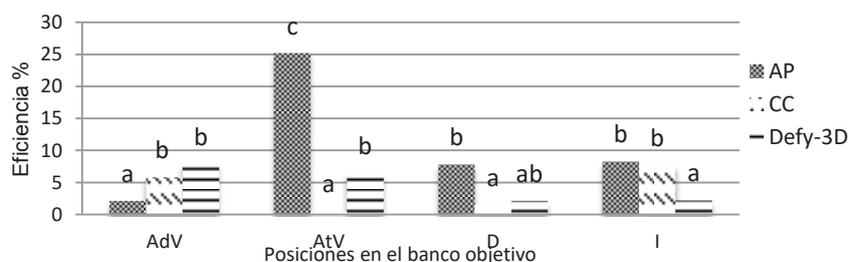
**Fig. 8.** Eficiencia en función de los diferentes diseños de pastillas para las diferentes posiciones en el objetivo. Letras minúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre posiciones y letras mayúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre pastillas. Test de Kruskal-Wallis  $p \leq 0,05$ .

Como se observa en el Fig. 9., el comportamiento del CC fue homogéneo en todas las ubicaciones horizontales siendo la de menor eficiencia. La pastilla AP obtuvo un 20% más de eficiencia respecto al CC en las ubicaciones Ar y AtH, influenciado fundamentalmente por el DV0,5. Estos resultados concuerdan con lo determinado por [38] y [39], quienes afirman que aquellas pastillas que generan mayor tamaño de gota, generan mayores depósitos sobre el objetivo. Por otro lado, CC fue la pastilla que más uniformemente cubrió los objetivos llegando en forma similar a todas las ubicaciones a diferencia de AP y Defy-3D que en la posición AdH se asemejan a los valores de CC sin presentar diferencias estadísticas, pero que si se observan en Ar y AtH. Defy-3D nunca se diferenció de CC y AP permaneciendo en una posición intermedia entre ambas. Esto puede deberse en gran medida a que Defy-3D presenta un tamaño de gota

de llegada intermedio en casi todas las posiciones y una densidad de impactos también en una posición intermedia.



**Fig. 9.** Valores de Eficiencia para cada posición horizontal del objetivo. Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre pastillas. Test de Kruskal-Wallis  $p \leq 0,05$ .



**Fig. 10.** Valores de eficiencia para cada posición vertical del objetivo. Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre pastillas. Test de Kruskal-Wallis  $p \leq 0,05$ .

Cuando los objetivos se disponían en forma verticals (Ver Fig. 10), solo la pastilla AP pudo superar el valores del 10%. Esto es importante de tener en cuenta ya que de ser necesario realizar controles sobre objetivos verticales será importante modificar parámetros de la aplicación que mejoren estos resultados.

#### 4 Conclusiones

La angulación de las pastillas no mejora por si sola la calidad de aplicación en cuanto a Densidad de impactos y Eficiencia pero mejora la uniformidad de impactos entre las diferentes caras de los objetivos.

Conseguir la densidad de impactos para realizar controles biológicos en objetivos verticales reviste mayor complejidad que sobre objetivos horizontales.

#### Bibliografía

1. Matuo T. Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. Tecnol e segurança

- na Apl agrotóxico novas Tecnol. 1998;2(March):95–101.
2. Boller, W., Ferreira, M. C., & Costa DD. Condições do ar e angulação das folhas influenciam a qualidade das pulverizações na cultura da soja. *Rev Plantio Direto*. 2011;131:33–7.
  3. França Durão C, Boller W. Spray nozzles performance in fungicides applications for asian soybean rust control. *J Brazilian Assoc Agric Eng Agric Jaboticabal*. 2017;37(4).
  4. Valenzuela LM. Pulverización con máquinas de botalón y bajo volumen . Características , eficiencia y riesgos ambientales de la aplicación. 2016;68.
  5. Fritz BK, Hoffmann WC, Martin DE, Thomson SJ. Aerial application methods for increasing spray deposition on wheat heads. *Appl Eng Agric*. 2007;23(6):709–15.
  6. Byass JB, Lake JR. Spray drift from a tractor-powered field sprayer. *Pestic Sci*. 1977;8(2):117–26.
  7. Spillman JJ. Spray impaction, retention and adhesion: An introduction to basic characteristics. *Pestic Sci*. 1984;15(2):97–106.
  8. Knoche M. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. Vol. 13, *Crop Protection*. 1994. p. 163–78.
  9. McMullan PM. Effect of spray volume, spray pressure and adjuvant volume on efficacy of sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl. *Crop Prot*. 1995;14(7):549–54.
  10. RAMSDALE BK, MESSERSMITH CG, NALEWAJA JD. Spray Volume, Formulation, Ammonium Sulfate, and Nozzle Effects on Glyphosate Efficacy 1 . *Weed Technol*. 2003;17(3):589–98.
  11. Hanna HM, Robertson AE, Carlton WM, Wolf RE. NOZZLE AND CARRIER APPLICATION EFFECTS ON CONTROL OF SOYBEAN LEAF SPOT DISEASES. 2009;25(2006):5–14.
  12. Wolf RE, Daggupati PN. Nozzle type effect on soybean canopy penetration. *Appl Eng Agric*. 2009;25(1):23–30.
  13. Ferguson JC, Chechetto RG, Donnell CCO, Gary J, Moore JH, Baker GJ, et al. Determining the drift potential of Venturi nozzles compared with standard nozzles across three insecticide spray solutions in a wind tunnel. 2016;(December 2015).
  14. Hobson PA, Miller PCH, Walklate PJ, Tuck CR, Western NM. Spray drift from hydraulic spray nozzles: The use of a computer simulation model to examine factors influencing drift. Vol. 54, *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1993. p. 293–305.
  15. Bode LE. Downwind drift deposits by ground applications. *Pestic DRIFT Manag SYPOSIUM*,. 1984;49–52.
  16. Combellack JH, Westernt NM, Richardson RG. A comparison of the drift potential of a novel twin fluid nozzle with conventional low volume flat fan nozzles when using a range of adjuvants. *Crop Prot*. 1996;15(2):147–52.
  17. Bouse LF, Kirk IW, Bode LE. Effect of spray mixture on droplet size. *Trans Am Soc Agric Eng*. 1990;33(3):783–8.
  18. Bouse LF, Carlton JB, Merkle MG, Merkle2 MG. Spray Recovery from Nozzles Designed to Reduce Drift. *Source Weed Sci [Internet]*. 1976;24(4):361–5. Available from: <http://www.jstor.org/stable/4042752>
  19. Gálvez MR, Vinciguerra HF, Rodríguez W, Sabaté S, Soldini EA, Devani MR, et al. Evaluación de la penetración del asperjado producido por diferentes boquillas en

- aplicaciones terrestres orientadas al control de la roya de la soja. 2005;1–9.
20. Leiva PD. Manejo de la deriva en la aplicación de agroquímicos. *Generalidades*. 1995;14(139):6.
  21. Matthews GA. How was the pesticide applied? *Crop Prot*. 2004;23(7):651–3.
  22. Matthews GA, Bateman R, Miller P. *Pesticide Application Methods*. 2014. 545 p.
  23. Wolf TM, Peng G. Improving Spray Deposition on Vertical Structures : The Role of Nozzle Angle , Boom Height , Travel Speed , and Spray Quality. *Pest Technol*. 2011;5:67–72.
  24. Kryger Jensen P. Nonvertical Spray Angles Optimize Graminicide Efficacy. *Source Weed Technol* [Internet]. 2007;21(4):1029–34. Available from: <http://dx.doi.org/10.1614/WT-07-044.1>
  25. Dorr GJ. The effect of orientation and fan angle on spray deposition by flat fan nozzles. *Agric Eng Conf Prepr Pap Inst Eng Aust*. 1990;30.
  26. Panneton B, Phillion H, Thériault R, Khelifi M. Spray chamber evaluation of air-assisted spraying on broccoli. *Crop Sci*. 2000;
  27. Bauer FC, Raetano E. DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE CALDA PRODUZIDAS PELAS PONTAS PULVERIZAÇÃO XR, TP E TJ SOB DIFERENTES CONDIÇÕES OPERACIONAIS Volumetric Distribution of the Spray Nozzle Tips XR, TP and TJ under Different Operational Conditions. 2004;22(2):275–84.
  28. Weber R. La quatrième session du panel FAO sur la mécanisation agricole : matériels et méthodes pour l'application de pesticides pour la préparation des sols et la protection des cultures. *Mach Agric Trop*. 1982;(77):56–63.
  29. Teejet. Boquillas de Pulverización. *Cat Public*. 2004;54.
  30. HYPRO. Hypro 3D nozzles. *Pentair Foll*. 2016;
  31. Syngenta. Water-sensitive paper for monitoring spray distribution. 2012. p. 1–15.
  32. Tu YQ, Lin ZM, Zhang JY. The effect of leaf shape on the deposition of spray droplets in rice. *Crop Prot*. 1986;5(1):3–7.
  33. Wirth W, Storp S, Jacobsen W. Mechanisms controlling leaf retention of agricultural spray solutions. *Pestic Sci*. 1991;33(4):411–20.
  34. Xie, H., Caldwell, B., Hsiao, A., Quick, W., & Chao J. Spray Deposition of Fenoxaprop and Imazamethabenz on Wild Oat. *Weed Sci*. 1995;43(2):179–83.
  35. CSIRO. *Spray Drift Management Principles , Strategies and Supporting Information*. PISC Rep 82. 2002;
  36. Wolf T, Caldwell B. *Spray Deposition of TeeJet AI3070VS on Vertical Targets A Study Conducted for TeeJet Technologies*. 2013;
  37. ASABE. *Droplet Size Classification S572.1*. 2009.
  38. Zhu H, Dorner JW, Rowland DL, Derksen RC, Ozkan HE. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. *Biosyst Eng*. 2004;87(3):275–83.
  39. Derksen RC, Zhu H, Ozkan HE, Hammond RB, Dorrance AE, Spongberg AL. Determining the influence of spray quality, nozzle type, spray volume, and air-assisted application strategies on deposition of pesticides in soybean canopy. *ASABE Am Soc Agric Biol Eng*. 2008;51(2007):1529–37.