

TRABAJO FINAL DE CARRERA



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

PULVERIZACIONES AGRÍCOLAS TERRESTRES Y EL IMPACTO DEL VIENTO

Alumna: María Victoria Bonoldi

Legajo: 27386/8

Correo electrónico: bonoldivictoria@gmail.com

Teléfono: 2317-487503

Director: Victor Hugo Merani

Codirector: Guilino Facundo

Fecha de presentación: agosto 2022

Modalidad: Investigación sobre una temática específica.

Área temática: Mecanización agrícola

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	4
HIPÓTESIS	11
Hipótesis básica:.....	11
Hipótesis de trabajo:	11
OBJETIVOS	12
Objetivos generales:	12
Objetivos específicos:	12
MATERIALES Y METODOS	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
Cantidad de impactos cm^{-2} :	16
Eficiencia (%):.....	18
Diámetro volumétrico mediano (DV0,5):	20
Cobertura (%):	21
CONCLUSIONES.....	23
BIBLIOGRAFIA.....	24

RESUMEN

El rendimiento potencial de los cultivos es afectado por plagas, malezas y enfermedades que impacta en el resultado económico. Se requiere de una adecuada calidad en las tecnologías de aplicación por su influencia en la cantidad de plaguicida que llega finalmente al objetivo y el control de las mismas. Se realizaron ensayos a campo y bajo condiciones controladas dentro de un galpón, para determinar la incidencia del viento en la calidad de aplicación, utilizando pastillas abanico plano, se trabajó con dos alturas de botalón, circulando sobre los objetivos que fueron tarjetas de papel blanco fotográfico en posiciones verticales y horizontales, se dispusieron sobre bancos de maderas con un diseño tridimensional a fin de conseguir todas las posibles posiciones de recepción de asperjado. Se determinaron como variables de evaluación, el número de impactos (impactos cm^{-2}), la eficiencia (%), la cobertura (%) y el $DV_{0,5}$ (μm).

Con la intención de generar una impronta visible como resultado del impacto de las gotas, se adicioneo al caldo de pulverización un colorante alimenticio, azul brillante. Para la evaluación de las tarjetas primero se realizó una digitalización de las mismas por medio de scanner, y luego fueron procesadas con el programa CIR 1.5. Los datos obtenidos se volcaron a una planilla de Excel y se analizaron estadísticamente con el programa InfoStat.

Se estudió la incidencia del viento para diferentes alternativas de aplicación en objetivos verticales y horizontales. Se observó que la incidencia del viento no genera cambios en la homogeneidad de las poblaciones de gotas en las diferentes posiciones. Por otro lado, el viento disminuye la cantidad de impactos cm^{-2} cuando el botalón se encuentra más lejos del objetivo. En la eficiencia de aplicación no se vieron diferencias entre las alturas de botalón, exceptuando el tratamiento horizontal en el galpón. Finalmente se comprobó que el viento facilita la llegada de gotas a objetivos verticales.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En los últimos decenios el rendimiento de los cultivos ha crecido enormemente impulsado por la ingeniería genética y la incorporación al sistema productivo de insumos químicos. Desde principios de la década de 1960, en África la producción de alimentos se incrementó en 140 %, en América Latina 200 % y en Asia 280 %. Un caso especial es el de China que en solo dos décadas (80', 90') quintuplico su producción agrícola. Por su parte, si bien en los países industrializados la producción comenzó a crecer a partir de una base superior, en USA se duplico en los últimos 40 años y para el caso de Europa creció un 68 % (Pretty, 2008).

El rendimiento potencial de los cultivos extensivos es afectado por factores abióticos y bióticos e impactan en el resultado económico. Dentro de los factores bióticos podemos mencionar a las plagas (malezas, insectos y patógenos) de gran importancia a nivel global (FAO & OMS, 2014).

Con el fin de afrontar las problemáticas causadas por las plagas el hombre actúa de diferentes maneras. Onorato & Tesouro (2006) clasifican los métodos de control en culturales, mecánicos, biológicos, físicos y químicos. Estos últimos son los más utilizados y conllevan al uso de productos fitosanitarios. La Cámara de Sanidad y Fertilizantes define a los productos fitosanitarios como sustancias que protegen la sanidad de las plantas, y con ello nuestros alimentos. Pueden ser de origen biológico o de síntesis química. Permiten minimizar o impedir el daño que las plagas pueden causar a los cultivos, y, por lo tanto, afectar el rendimiento y la calidad de la producción de los alimentos. Según la plaga que controlen pueden ser acaricidas, fungicidas, insecticidas y herbicidas, según controlen ácaros, hongos, insectos o malezas, respectivamente (CASAFE, 2015).

Según FAO (2020) el uso mundial de plaguicidas aumentó durante el período 2000-2018 en aproximadamente un 33 %, hasta alcanzar los 4,1 millones de toneladas en 2018. Siendo las mayores contribuciones de Asia, seguidas de América, Europa, Oceanía y África. China fue el mayor usuario de plaguicidas en 2018 con 1,8 millones de toneladas, con el 43 % del total mundial, muy por delante de los Estados Unidos de América y Brasil (0,4 millones de toneladas cada uno).

El consumo de agroquímicos y fertilizantes en la Argentina se incrementó 5,6 % en 2017, en relación con el año anterior, alcanzando un total estimado de 172928 toneladas (FAO 2020). En los últimos años el uso de fitosanitarios ha comenzado a ocupar un rol de vital importancia en el modelo agroproductivo argentino. Los

herbicidas lideran las ventas con el 87 %, seguido por los insecticidas 6 %, fungicidas 3 % y curasemillas 1 %. Los primeros poseen una gran incidencia en los costos de producción y el herbicida glifosato presenta una marcada tendencia dentro del segmento representando el 62 % de la cantidad total comercializada (CASAFE, 2015).

La pulverización hidráulica es el método más utilizado para las aplicaciones agrícolas. Consiste en diluir, suspender o emulsionar los principios activos en un líquido, normalmente agua, formando un caldo para su aplicación. Este mismo es obligado a pasar por un circuito presurizado y atravesar un orificio calibrado (pico o boquilla de aspersión) antes de ser expulsado al exterior (Aapresid, 2018). La pulverización consiste en la fragmentación y distribución de un líquido en forma de gotas. A pesar de que no se conocen completamente los fundamentos teóricos de este fenómeno, se sabe que cuanto mayor sea la diferencia de presión entre el líquido y el medio donde se realiza la pulverización, se obtendrá más cantidad de gotas y de menor tamaño. Las gotas producidas por energía hidráulica poseen diferentes tamaños y su caracterización se conoce como espectro de distribución (Onorato & Tesouro, 2006).

La uniformidad en la distribución de los caldos aplicados en las pulverizaciones hidráulicas, se encuentra dada por las condiciones de armado y operación del equipo, como pueden ser, espaciamiento entre pastillas, altura del botalón, ángulo de apertura de las pastillas y presión de trabajo (Perecin et al., 1994).

El estudio de las características de las gotas resulta imprescindible para comprender los fenómenos que intervienen durante la aplicación de los fitoterápicos, ya que ellas son el medio que permiten transportarlos hasta el objetivo. Todas aquellas gotas que no lleguen hasta el blanco, o que aun habiendo alcanzado no permanezcan retenidas sobre él, constituyen una pérdida de producto que reduce la eficiencia de la aplicación y colaboran con la contaminación del ambiente, esta pérdida de producto es denominada deriva (Onorato & Tesouro, 2006).

La Coalición Nacional de Minimización de la Deriva, de Estados Unidos (National Coalition on Drift Minimization 1997), define a la deriva como el movimiento de las partículas pulverizadas y vapores fuera del blanco, provocando menor efectividad de control y posible daño a la vegetación susceptible, vida silvestre y a las personas. Cuando se habla de deriva, en general, se la asocia con el efecto que origina

habitualmente el viento, pero en realidad hay otros tipos de derivas menos visibles, originados por la humedad relativa y la temperatura ambiente. Todos estos factores sumados al tamaño de las gotas asperjadas, tendrán mucho que ver con el aumento o disminución de la deriva (Etiennot et al., 2010).

La deriva a su vez puede ser clasificada en exoderiva, cuando el caldo pulverizado se desplaza fuera del área tratada, más que nada por la acción del viento; en este caso el daño se puede extender a cientos de metros o incluso kilómetros de distancia. Por otra parte, la endoderiva, se trata de la pérdida del producto dentro del cultivo. El desplazamiento del producto es a poca distancia del objetivo (blanco). Las gotas grandes escurren, rebotan y caen al suelo o impactan directamente sobre el mismo, no quedando en el blanco. Por último, la termoderiva, hace referencia a la evaporación de gotas pequeñas por alta temperatura ambiente y baja humedad relativa (Merani et al., 2019).

Según Masiá & Moltoni (2012), la exoderiva y termoderiva se genera principalmente por gotas de tamaño menor a 100 μm que tienen alta probabilidad de ser arrastradas por el viento o evaporadas antes de llegar al objetivo, también dependerá de la altura de descarga (distancia entre la barra pulverizadora y el cultivo) y de las condiciones climáticas como velocidad del viento, humedad relativa y temperatura.

Las condiciones desfavorables que pueden presentarse en la parcela a tratar y favorecer a la ocurrencia de deriva según Leiva (2007) son, temperaturas ambiente superiores a los 25°C, humedad relativa menor al 60 % o mayor al 80 %, velocidades de viento por debajo de los 5 km/h o superiores a los 12 km/h, condiciones atmosféricas en estado de inversión térmica y alta radiación solar.

Según Cavallo (2006) la velocidad del viento no deberá ser superior a 12-15 km h^{-1} , ya que las gotas sufrirán mucho desplazamiento y evaporación, aumentando este riesgo por formación de atmósferas tóxicas lo que generara una disminución de la eficiencia del tratamiento.

Leiva (2007) en un trabajo realizado para la empresa Bayer, a través de sus investigaciones sugiere no pulverizar con velocidades de viento entre 10 km h^{-1} y 15 km h^{-1} y Pérez (s.f) en el manual desarrollado para la empresa Syngenta, sugiere que por grande que sea diámetro volumétrico mediano, por encima de los 6 km h^{-1} se debe detener la aplicación (Comisión Científica Ecuatoriana, 2007).

En relación a los efectos negativos de los procesos de exoderiva por viento, Etiennot (1990), menciona la existencia de reglamentaciones que prohíben la aplicación de plaguicidas con vientos superiores a los 15 km h⁻¹, condición que debe respetarse escrupulosamente cuando en el sentido del viento se encuentren cultivos sensibles a herbicidas.

En cuanto a la altura de botalón, al disminuir la distancia entre la pastilla y el objetivo, disminuye el tiempo que tarda la gota en llegar al blanco y con ello la posibilidad de deriva (Aapresid, 2018).

Según Hofman & Solseng (2001) bajar la altura de la boquilla de pulverización puede reducir la deriva, debido a que la velocidad del viento aumenta con la elevación. Por otra parte, Leiva (2015) en su trabajo "Recaudos por deriva en pulverizaciones agrícolas", menciona que, en pruebas realizadas en el INTA Castelar se hallaron valores de deriva de 35 m para una altura de 85 cm, mientras que a 50 cm ese valor se redujo 63 % (13 m).

Wolf & Peng (2011) encontraron que la deposición de caldo disminuye a medida que aumentaron la altura del botalón de 0,3 m a 0,75 m para diferentes diámetros volumétricos medianos, de forma más marcada en objetivos verticales que horizontales.

Los autores de Wolf & Peng (2011), Ozkan et al., (2012), Wolf & Cadwell (2013), Gadea (2018), Mur (2021) y Merani (2021) demostraron en diferentes trabajos que alcanzar objetivos verticales es una dificultad importante para todas las alternativas tecnológicas evaluadas.

Una aplicación eficiente requiere una buena cobertura y una distribución homogénea de las gotas en todas las posiciones que se puedan generar en un cultivo o maleza. Un mismo volumen puede dispersarse en gotas grandes o pequeñas. Las gotas grandes tienen la ventaja de descender rápidamente y estar menos expuestas a la deriva por viento y por evaporación. Su principal desventaja es la reducción de deposición y adherencia sobre la superficie vegetal, pudiendo rebotar contra las hojas y caer al suelo en forma directa, o deslizarse y juntarse con otras gotas. A igualdad de volumen, es menor el número de impactos que se puede lograr con gotas grandes (Etiennot, 1993).

Por lo contrario, las gotas pequeñas mejoran la retención por parte de las hojas, la cobertura, ofreciendo también una mejor penetración en el cultivo y la posibilidad de alcanzar la cara inferior de las hojas y tallos. Su principal desventaja es que, por su menor peso, son más propensas a ser transportadas por el viento y por su elevada superficie específica, están más expuestas a sufrir una intensa evaporación antes de depositarse. La práctica indica que, trabajando con agua como dispersante, gotas menores de 150 μm están muy expuestas a la evaporación y deriva, y aquellas mayores de 350 μm no proveen una adecuada cobertura y caen generalmente al suelo arrastrando con ella al agroquímico (Leiva, 1995). Los tamaños útiles para aplicaciones agrícolas se encuentran entre 150 y 400 μm (CASAFE, 2016).

Por lo antes dicho, dentro de los factores que inciden sobre la deriva podemos agrupar a aquellos que corresponden a las características de la aspersión, al equipo y técnicas de aplicación, a las condiciones de tiempo atmosférico y a los equipos y accesorios específicos (Leiva, 1995). Arvidsson et al., (2011), incorpora también a la habilidad y atención del operador y a las características del ambiente, además de las condiciones meteorológicas. Las características de la aspersión afectan la deriva a través del tamaño de gotas. Las gotas pequeñas por tener menor velocidad de caída, demoran más tiempo en depositarse, y por lo tanto estarán más expuestas a que el viento, turbulencias y movimientos de aire y/o acción dinámica del equipo, y sufrir algún tipo de deriva (Metcalf, s.f).

Martínez (2021) trabajando con pastillas anguladas encontró que el viento no genera una llegada de gotas más homogénea a objetivos verticales y horizontales. Por otro lado, observo un aumento en la cantidad de impactos en caras verticales bajo la incidencia del viento, mientras que disminuye los impactos en las caras horizontales. Con el botalón a 0,5 m de altura registro 55 % más de impactos cm^{-2} en objetivos verticales bajo la incidencia del viento, que sin la presencia del mismo. En el caso del tratamiento a 0,7 m de altura, se observó un incremento de 20 % con la presencia de viento.

En la pulverización se debe producir una aplicación que proporcione una cobertura considerable del blanco expresada en gotas cm^{-2} y que deposite la cantidad suficiente de producto (respecto de la dosis) para obtener el resultado

biológicamente buscado a efectos de manejar correctamente la adversidad (Bogliani et al., 2005).

La técnica de pulverización es uno de los procesos más ineficientes que existen, la fracción de una aplicación que puede derivarse alcanza valores de hasta el 90 % del producto arrojado sobre un cultivo (Hang, 2010). Cavallo (2006) expresa que un 25 % de la pulverización de plaguicidas da en el blanco, mientras que el resto afecta directamente a otros organismos hacia los cuales la aplicación no fue dirigida. Martens (2012) menciona datos de eficiencias entre el 25% y el 60%, correspondiendo los menores valores a las aplicaciones sobre explotaciones arbóreas y las mayores a aquellas efectuadas en condiciones de barbecho y suelo desnudo. Algunas estimaciones sugieren que es posible que hasta un 20 % del total del pesticida utilizado llegue al suelo (Courshee, 1960).

El tamaño y cantidad de gotas es provisto en los pulverizadores terrestres por las pastillas y la presión con que las mismas trabajan (INTA, 2012).

Según Matthews et al. (2014) los parámetros que influyen en la calidad de aplicación se pueden definir como:

Diámetro Volumétrico Mediano (DV_{0,5}): es el diámetro de gota que divide al volumen pulverizado en dos partes iguales. Significa que mitad del volumen pulverizado está conformado por gotas de diámetro menor al DV_{0,5} y la otra mitad del volumen está conformado por gotas de un diámetro mayor al DV_{0,5}.

Gotas por centímetro cuadrado (gotas cm⁻²): cantidad de gotas que impactan el blanco por unidad de superficie.

Cobertura: Expresa en que porcentaje, la superficie evaluada se encuentra cubierta de gotas.

Para obtener información sobre el espectro del tamaño de gotas, también se determinan los valores de otros parámetros como DV_{0.1}, DV_{0.9}, la amplitud relativa (AR), Diámetro Numérico Medio (DNM), Factor de dispersión y la eficiencia de aplicación (EA).

Hasta el momento no se cuenta con un estándar internacional para clasificar la distribución de los tamaños de gota producidas por las boquillas. Sin embargo, se manejan dos principales.

El British Crop Protection Council (BCPC). Este modelo de clasificación divide la calidad de aplicación en 5 categorías: Muy fina (VF), fina (F), Media (M), Gruesa (C) y muy gruesa (VC). Este es el modelo de referencia en Europa.

La norma ASAE S572 (ASAE, 2009). Esta norma emplea 6 categorías de clasificación para evaluar la calidad de aplicación de las boquillas, estos son: Muy fina (VF), fina (F), Media (M), Gruesa (C), Muy gruesa (VC), Extremadamente gruesa (XC).

La boquilla define el tipo y la forma del chorro, que son las características básicas que determinan el patrón de distribución de la boquilla y también, en gran medida, el caudal pulverizado.

Las boquillas tienen la función de:

- Determinar el caudal aplicado por hectárea ($\text{litró hectárea}^{-1}$); (cantidad);
- Producir gotas de un tamaño determinado (calidad);
- Proporcionar una adecuada distribución del líquido en toda la superficie bajo tratamiento (uniformidad) (Masiá & Cid 2010).

El término “calidad de aplicación” hace referencia a la cantidad de caldo asperjado que alcanza el objetivo (Leiva & Araujo 2009); dicha calidad suele definirse por medio del número de gotas de líquido que alcanzan cada centímetro cuadrado de superficie vegetal (Márquez, 1985). Para cada aplicación de plaguicidas “es importante conocer la distribución de diámetros de las gotas, puesto que determina las características de operación y la eficacia de los dispositivos de pulverización involucrados” (Castillo, 2010).

Existen diferentes alternativas para cuantificar y evaluar la labor de pulverización a campo, dentro de estos los más utilizados son los colectores artificiales.

Los colectores artificiales son elementos como tiras de papel absorbente, películas de Mylar o plástico, recipientes de vidrio, papel sensible al agua o el aceite, Dentro de este grupo, las tarjetas de papel hidrosensible o “Water Sensitive Paper” (WSP), son consideradas por varios autores (Sayinci & Bastaban, 2011; Hoffmann & Hewitt, 2005; Holownicki et al., 2002; Cunha et al., 2011; Marçal & Cunha, 2008; Fox et al., 2001), como la técnica más popular para determinar el espectro de gotas dejado por una pulverización, ya que es una técnica relativamente simple de implementar en campo y suministra información confiable sobre el espectro de gotas generado por una pulverización.

Lo que se observa sobre la tarjeta hidrosensible no son gotas sino manchas (impactos), hay que realizar la transformación correspondiente considerando el factor o coeficiente de expansión que sufre la gota al impactar con la superficie de la tarjeta. Con lupas apropiadas puede realizarse el recuento de las manchas, pero no los parámetros referidos a diámetros medianos (volumétrico y numérico), relaciones entre ellos (DVM/DNM o amplitud relativa $[(DV.9 - DV.1)/DV.5]$) y consecuente el volumen recolectado (García et al., 2003). Cunha et al. (2013) sostiene que uno de los aspectos negativos del uso de la lupa es la dificultad y la lentitud para analizarlos manualmente, sumado a la falta de precisión en ambientes de alta humedad y a la limitación en la medición de gotas con un diámetro inferior a 50 μm .

Leiva & Araujo (2009), mencionan que el mejor software o método de análisis de imagen, es el que mejor pueda individualizar cada una de las manchas.

En la actualidad la tecnología disponible en análisis de imágenes y cálculo computarizado, permite el uso de programas diseñados especialmente para contar y caracterizar una aspersión. Entre ellos CIR1.5 y el Sylcomp AG (Sylcomp, 2007; Casal, 2005) están ampliamente difundidos en la República Argentina. Otros programas, basados en los mismos supuestos se utilizan en otros países (Wolf et al., 1999; Soriano & Porras Piedra, 2001; Wolf et al., 2003; Ramos et al., 2004; Hoffman & Hewit, 2005; Cordeiro de Araújo & Maturama de Araújo, 2007).

El fundamento de estos programas consiste en el escaneo de las tarjetas impactadas y sobre archivos jpg o bmp los programas efectúan los recuentos de imágenes: número de impactos cm^{-2} , DNM, DVM, relaciones de amplitud relativa, factores de dispersión, y eficiencia (tasas de aplicación recolectadas/tasas de aplicación realizadas).

HIPÓTESIS

Hipótesis básica:

La incidencia del viento es determinante en el resultado de las aplicaciones de productos fitosanitarios mediante pulverizaciones hidráulicas.

Hipótesis de trabajo:

- El efecto del viento sobre la eficiencia de aplicación es menor al disminuir la altura de botalón, modificando la uniformidad en la distribución de gotas entre objetivos verticales y horizontales con pastillas abanico plano.
- El viento facilita la llegada de las gotas a las caras verticales del objetivo.
- El viento aumenta la homogeneidad del tamaño de gotas entre posiciones de objetivos verticales y horizontales al utilizar pastillas abanico plano.

OBJETIVOS

Objetivos generales:

- Realizar aportes a la plataforma cognitiva actual sobre técnicas de aplicación de agroquímicos que contemplen una reducción en el uso de agua y principio activo, aumentando la eficiencia y calidad de aplicación.

Objetivos específicos:

- Determinar la incidencia del viento sobre la eficiencia de aplicación al disminuir la altura del botalón con el uso de abanicos planos convencionales.
- Comprobar si la acción del viento facilita la llegada de las gotas a las caras verticales del objetivo.
- Evaluar la incidencia del viento en la homogeneidad de aplicación en objetivos verticales y horizontales al variar la altura del botalón.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en la estación experimental Julio Hirschhorn de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina 34°35' S, 57°57' W. El mismo se realizó bajo dos condiciones de trabajo. Una primera parte del ensayo bajo condiciones controladas dentro de un galpón asfaltado, sin desuniformidades de la superficie del terreno y sin viento. La segunda parte se llevó a cabo a cielo abierto bajo condiciones naturales de trabajo en suelo firme y uniforme.

Se utilizó una máquina pulverizadora montada, Hatsuta HS400, con bomba de pistones, transmisión de potencia por barra cardánica a TPP a $56,55 \text{ rad s}^{-1}$ (540 rpm) y capacidad de 400 litros con un botalón montado con portapicos 0,52 m entre sí. La pulverizadora se montó en un tractor New Holland TT55.

Se utilizaron pastillas de tipo abanico plano XR11002 Teejet. Se evaluó trabajando a una velocidad de avance entre $16\text{-}18 \text{ km h}^{-1}$, a una presión de 3 bares (300 kpa). El botalón se desplazó por encima de los objetivos a una altura de 0,5 m y 0,7 m. Se trabajó con una distancia entre picos de 0,52 m. Las características de las pastillas se describen en la tabla N°1.

Tabla N° 1: Características de pastillas utilizadas.

Pastilla	Angulo de apertura	Caudal (L Min ⁻¹)	Tipo	Marca	Altura de botalón (m)
Abanico Plano (AP)	110°	0,79	Abanico plano	Teejet	0,50 0,70

Tabla N°2: Pastilla, presión de trabajo, gotas producidas y DV 0,5 según la Norma ASAE S-572.

Pastilla	Presión de trabajo	Gotas producidas	DV 0,5 aproximado
XR11002 Teejet	3 bares	FINAS	100-175 μm

Se realizaron mediciones de las condiciones ambientales (T° , HR° , Velocidad del viento) a lo largo de toda la duración del ensayo, las mismas pueden observarse en la tabla N° 3.

El objetivo de pulverización se colocó en bancos de madera de 0,5 m de largo por 0,15 m de ancho, con 2 prismas rectangulares de diferentes dimensiones que funcionaron de soporte de los colectores que fueron el objetivo de aplicación.

Se colocaron 3 series de 2 bancos de prueba, distanciadas a 2 m en la dirección de avance y separadas en forma transversal a la dirección de avance 0,75 m.

Los objetivos de pulverización utilizados fueron tarjetas de papel blanco fotográfico tipo glossy de 130 gr m⁻² (0,026 m x 0,076 m), colocadas en todas las caras de los prismas rectangulares y por delante y detrás de los mismos en posición horizontal.

Con la intención de generar una impronta visible como resultado del impacto de las gotas, se adicionó un colorante alimenticio, azul brillante, en el tanque de la maquina pulverizadora en conjunto con el agua.

Luego del pasaje de la maquina se extrajeron las tarjetas y se colocaron en un ambiente libre de humedad hasta su procesamiento. Para su evaluación, primero se realizó una digitalización de las tarjetas mediante un scanner Cannon LIDE90, para luego ser procesadas con el programa CIR 1.5 obteniendo los siguientes parámetros que constituirán en parte, las variables de respuesta: cantidad de impactos (N° de improntas cm⁻²); DV 0,5; eficiencia y porcentaje de cobertura. Por otra parte, los datos obtenidos se volcaron a una planilla de Excel y fueron analizados estadísticamente con el programa InfoStat. El tamaño de gotas fue evaluado mediante el modelo de clasificación de la norma ASAE S572.

Tabla N° 3 Condiciones ambientales durante la aplicación.

Lugar	Horario	T (°C)	HR (%)	Presión (hPa)	Viento Max (km h⁻¹)	Viento Promedio (km h⁻¹)	Delta T
Dentro del galpón	13:24	22,9	50,3	1014,1	1,5	0	6,5
	13:40	23,3	50,3	1014,2	0	0	6,7
Afuera del galpón	15:30	25,7	42,6	1014,1	15	14,5	8,8
	15:48	23	46,5	1014	10	8	7,3



Foto 1: bancos afuera del galpón



Foto 2: Posicionamiento de bancos con tarjetas en el galpón.



Foto 3: bancos con tarjetas pulverizadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cantidad de impactos cm^{-2} :

En el gráfico 1 se puede observar los resultados para la variable número de impactos cm^{-2} , en las condiciones dentro del galpón (sin incidencia del viento) y fuera del galpón (con incidencia del viento), para los tratamientos verticales y horizontales a dos alturas de botalón, utilizando la pastilla AP.

Al analizar los tratamientos horizontales se visualiza diferencias estadísticamente significativas entre los ensayos llevados a cabo dentro y fuera del galpón, para ambas alturas de botalón.

Cuando el botalón se posiciono a 0,5 m, se registraron 150 impactos cm^{-2} en el galpón, mientras que afuera del galpón solo 75 impactos cm^{-2} . Cuando se modificó la altura a 0,7 m, se contabilizaron 111 impactos cm^{-2} en el galpón y 58 impactos cm^{-2} fuera del mismo. Es decir que, en ambos casos, con diferentes alturas de botalón, la incidencia del viento redujo la cantidad de impactos por unidad de superficie en un 50 % con altura de 0,5 m y 52% con la de 0,7 m para los objetivos horizontales. Este menor número de impactos obtenidos fuera del galpón puede deberse a las condiciones ambientales reinantes al momento de la aplicación. Al analizar las variables climáticas, si bien el rango de temperaturas coincide con lo mencionado por Leiva (2007), la humedad relativa se encuentra por debajo de los valores recomendados, mientras que, la velocidad del viento supera al citado por dicho autor, como también a los valores mencionados por Cavallo (2006), Bayer (Leiva, 2007) y Syngenta (Pérez s.f), siendo estas condiciones fuera del galpón favorables para la deriva del caldo de pulverización.

En cuanto a los tratamientos verticales, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los ensayos dentro y fuera del galpón, para ambas alturas de botalón. Con el botalón posicionado a 0,5 m se registraron 20 impactos cm^{-2} dentro del galpón, y 52 impactos cm^{-2} afuera, representando un incremento del 160 % bajo la acción del viento. Mientras que con el botalón a 0,7 m se registraron 8 impactos cm^{-2} en el galpón y 38 afuera, con un incremento de 376 %.

La incidencia del viento tuvo como efecto un aumento en la cantidad de impactos sobre los objetivos verticales. Analizando estos resultados se puede verificar la

hipótesis de que “la acción del viento facilita la llegada de las gotas a las caras verticales del objetivo”. Mientras que, en caras horizontales, los impactos disminuyen por unidad de superficie con la acción del viento. Estos resultados coinciden con lo que obtuvo Martínez (2021).

Los resultados demuestran que tanto afuera como adentro del galpón, para todos los tratamientos analizados, a mayor altura de botalón se produjeron menor cantidad de impactos cm^{-2} . Esto puede deberse según lo mencionado por Hofman & Solseng (2001) a que la velocidad del viento aparente aumenta con la altura de pulverización, provocando deriva, estos autores concuerdan con lo encontrado en los trabajos de Wolf & Peng (2011), Leiva (2015) y Aapresid (2018).

A su vez dentro del galpón podemos observar que existen diferencias estadísticamente significativas entre las distintas alturas de botalón y las posiciones de los objetivos. Esto coincide con lo encontrado por Mur et al. (2020), Merani et al. (2019 a y b) quienes mencionan que los objetivos verticales son más complejos de alcanzar con las pulverizaciones hidráulicas y las boquillas disponibles en el mercado.

En cambio, afuera del galpón solo existen diferencias estadísticamente significativas para las distintas posiciones de los objetivos, coincidiendo con lo encontrado por Martínez (2021), es interesante remarcar que al utilizar el botalón más elevado estas diferencias entre verticales y horizontales no llegan a visualizarse. Este efecto puede explicarse debido al movimiento de gotas, que de no ser movilizadas por el viento ayudando a impactar sobre los objetivos verticales alcanzarían los objetivos horizontales ampliando las diferencias entre los mismos.

Estos resultados afirman la hipótesis de que “el efecto del viento sobre la eficiencia de aplicación es menor al disminuir la altura de botalón, modificando la uniformidad en la distribución de gotas entre objetivos verticales y horizontales con pastillas abanico plano”.

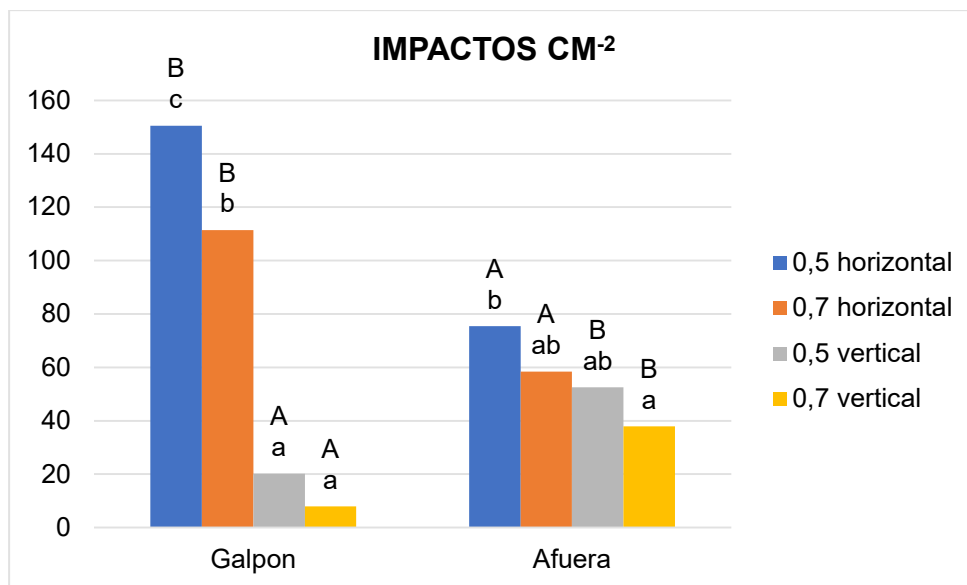


Gráfico 1. Número de impactos cm^{-2} sobre objetivos horizontales y verticales a distintas alturas de botalón en los lugares galpón y afuera. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre lugares para los diferentes tratamientos, ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey. Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para tratamientos dentro del lugar ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

Eficiencia (%):

En el gráfico 2 podemos observar que dentro del galpón la eficiencia aumenta al disminuir la altura del botalón en ambos tratamientos, mientras que afuera para el tratamiento horizontal a 0,5 m de altura, la eficiencia fue menor que a una mayor altura del botalón. Comportándose los tratamientos verticales de la misma manera que en el galpón.

Estos resultados pueden deberse a que la cantidad de impactos logrados disminuyen cuando el botalón se encuentra más lejos del objetivo. Los DV0,5 menores son los que presentaron menor eficiencia, pudiendo ser transportadas por el viento más fácil posibilitando la deriva (Metcalf, s.f).

El único tratamiento que presentó diferencias estadísticamente significativas fue el tratamiento horizontal a 0,5 m de altura del botalón. Obteniéndose una eficiencia de 34 % en el galpón, mientras que afuera fue de 20 %, evidenciando que la eficiencia de aplicación aumenta con menor incidencia del viento.

Estos rangos de eficiencia coinciden con los mencionados por Courshee (1960), Cavallo (2006), Hang (2010) y Martens (2012). No así los tratamientos verticales, tanto fuera como dentro del galpón que no superan el 9 % de eficiencia de aplicación, demostrando que alcanzar objetivos verticales es dificultoso concordando con lo estudiado por los autores Wolf & Peng (2011), Ozkan et al. (2012), Wolf & Cadwell (2013), Gadea (2018), Mur (2021) y Merani (2021).

Analizando lo que sucede en el galpón, podemos ver que existen diferencias estadísticamente significativas tanto para las distintas alturas del botalón y posición de los objetivos. Por otra parte, afuera del galpón solo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las distintas posiciones de los objetivos.

Estas diferencias no acompañan lo encontrado en cantidad de impactos, probablemente esto se deba a que la eficiencia es un factor relacionado al volumen recolectado en la tarjeta en relación al volumen erogado por las pastillas para esa superficie, el programa CIR1.5 lo construye desde la densidad de improntas y el tamaño de las mismas (Merani et al., 2020), esto genera que diferencias en el tamaño de gota afecten el volumen del producto que llega al objetivo. Si observamos los Gráficos 1 y 2 podemos notar que en la posición afuera, el tratamiento 0,5 horizontal no presenta diferencias estadísticas contra los tratamientos verticales para Numero de impactos y si lo hace en el parámetro Eficiencia %, esto puede deberse al mayor DV0,5 que presentan las gotas en este tratamiento (Grafico 3)

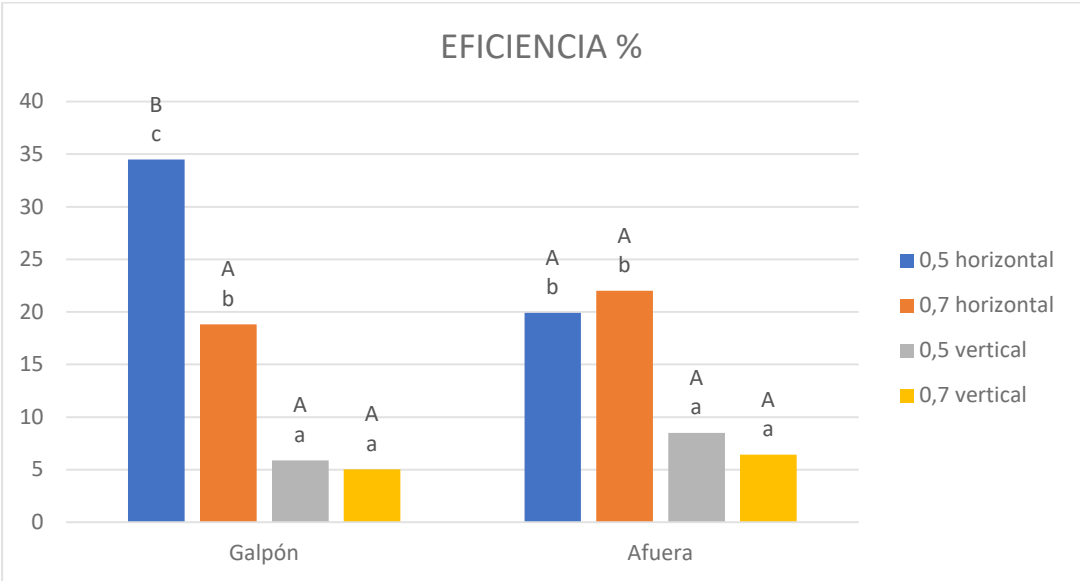


Gráfico 2. Eficiencia (%) sobre objetivos horizontales y verticales a distintas alturas de botalón en los lugares galpón y afuera. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativa entre lugares para los diferentes tratamientos, ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey. Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para tratamientos dentro del lugar ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

Diámetro volumétrico mediano (DV0,5):

En el Gráfico número 3 se observan diferencias estadísticamente significativas entre el galpón y afuera para los tratamientos horizontales y verticales, ambos a 0,7 m de altura de botalón. El tratamiento horizontal a 0,7 m en el galpón obtuvo menor tamaño de gota con un valor de 199 μm versus 238 μm afuera. Siendo estos tamaños mayores que los mencionados para esta pastilla en la Norma ASAE S-572. Mientras que en el tratamiento vertical en el galpón el tamaño fue de 237 μm y afuera 158 μm . El resto de los tratamientos presentaron tamaño de la población de gotas homogéneas.

Salvo en el tratamiento horizontal a 0,7 m de altura de botalón, en los demás se registraron gotas de mayor tamaño en los tratamientos sin incidencia de viento. Encontrándose dentro de las categorías de gotas grandes, medianas y finas de acuerdo a la clasificación establecida en la Norma ASAE S-572 (ASAE, 2009). y se encuentran dentro del rango recomendado por CASAFE (2016), ya que considera que los tamaños útiles para aplicaciones agrícolas se encuentran entre 150 y 400 μm . Valores menores corren riesgo de exoderiva mientras que valores mayores de endoderiva.

Afuera del galpón fue el único tratamiento en el que se encontró diferencias estadísticamente significativas para los DV0,5 bien marcadas entre posiciones Verticales y Horizontales para las dos alturas estudiadas. Dentro del galpón el tamaño de gota se encontró más afectado por altura de botalón que por posición del objetivo, es así que, para el botalón a 0,5 m las gotas más grandes se recolectaron en las posiciones horizontales y para botalón a 0,7 m se hallaron en las posiciones verticales.

Este efecto puede ser atribuido al movimiento de las gotas por el viento, las gotas más pequeñas serán las movilizadas impactando en los objetivos verticales y no alcanzando los horizontales generando que el DV0,5 sea modificado en ambos,

aumentando en los objetivos horizontales y reduciéndose en los verticales, es importante denotar que este efecto es marcado cuando el botalón circula a 0,7 m de altura y casi no se aprecia con el botalón a 0,5 m.

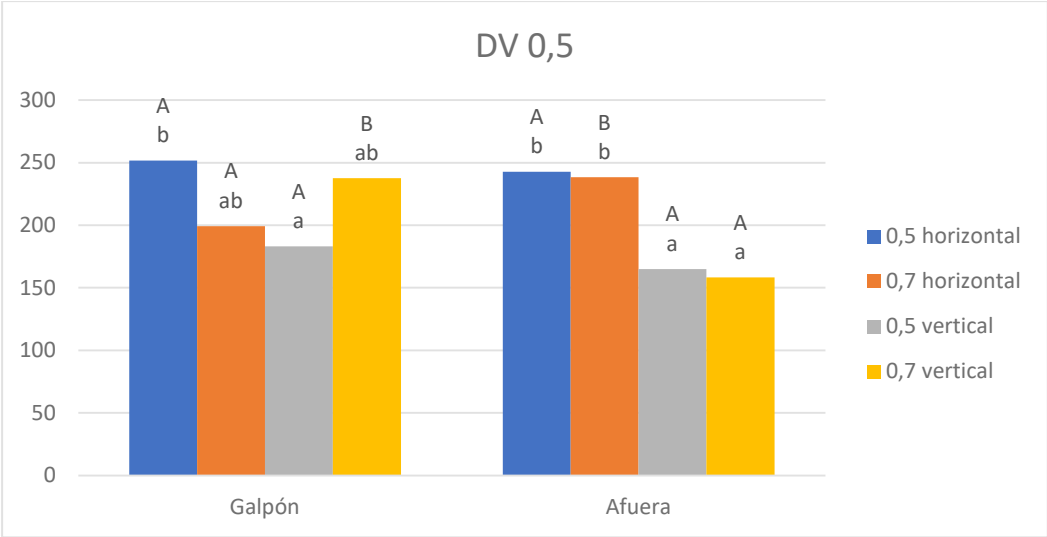


Gráfico 3. DVM sobre objetivos horizontales y verticales a distintas alturas de botalón en los lugares galpón y afuera. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativa entre lugares para los diferentes tratamientos, ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey. Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para tratamientos dentro del lugar ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

Cobertura (%):

El parámetro cobertura es evaluada por el programa CIR1.5 por diferencia de color entre pixeles coloreados versus no coloreados, esto genera que ciertas gotas de tamaños pequeños, menor que el pixel no sean detectadas o que gotas con diferentes formas generen improntas de tamaño diferente en función de los pixeles que detectan los bordes.

En el grafico 4 se observa diferencias estadísticamente significativas entre lugares solamente, en el tratamiento horizontal a 0,5 m de altura de botalón, registrándose en el galpón una cobertura de 4,89 % y afuera 3,06 %, es decir, hay un aumento de cobertura de un 60 % sin la incidencia del viento. Esto puede deberse a que la cantidad de impactos en el galpón fue un 50 % mayor que afuera, aumentando así el porcentaje de cobertura.

Si bien en los demás tratamientos las diferencias no fueron estadísticamente significativas, se puede observar que para los tratamientos verticales hubo una disminución del porcentaje de cobertura sin la incidencia del viento, coincidiendo con los resultados obtenidos en la eficiencia de aplicación demostrando nuevamente la dificultad para alcanzar objetivos verticales.

Dentro de un mismo lugar, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos horizontales y verticales en ambas alturas de botalón, coincidiendo con los resultados obtenidos en el resto de los parámetros.

Dentro del galpón se observaron diferencias entre las dos alturas de botalón para las posiciones horizontales, acompañando el mayor número de impactos.

Fuera del galpón los valores fueron más parecidos a la Eficiencia % que al número de impactos denotando un efecto importante del tamaño de las gotas sobre la cobertura, posiblemente debido a la forma de construcción de volúmenes de recuperación que posee el programa CIR.5, como ya hemos mencionado.

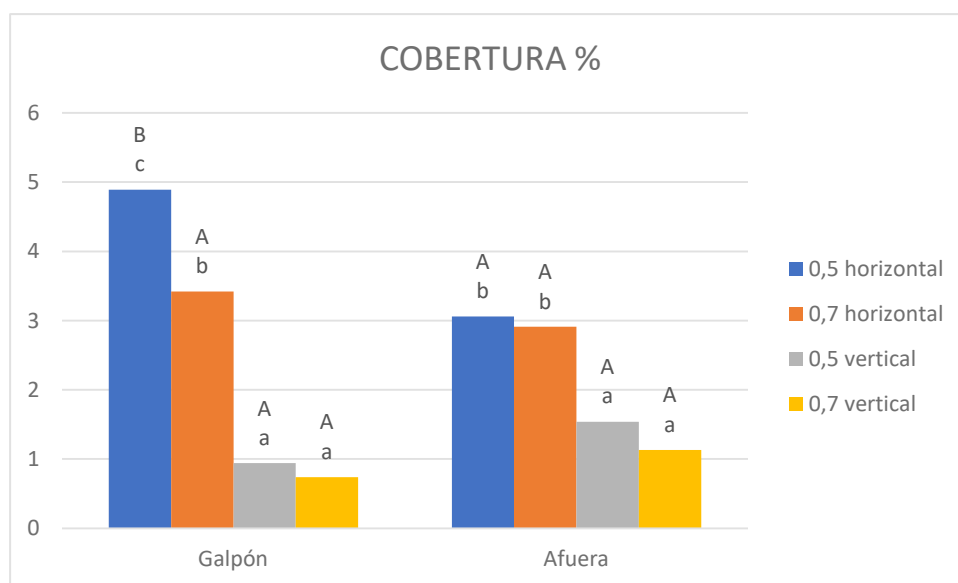


Gráfico 4. Cobertura (%) sobre objetivos horizontales y verticales a distintas alturas de botalón en los lugares galpón y afuera. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativa entre lugares para los diferentes tratamientos, ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey. Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas para tratamientos dentro del lugar ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

CONCLUSIONES

La cantidad de impactos cm^{-2} disminuyen cuando el botalón se encuentra más lejos del objetivo.

La eficiencia de aplicación no posee diferencias entre las alturas de botalón, exceptuando el tratamiento horizontal en galpón, donde la eficiencia fue mayor a 0,5 m de altura.

La incidencia del viento disminuyo la cantidad de impactos en objetivos horizontales y facilito la llegada de gotas a objetivos verticales.

La incidencia del viento no produjo cambios de homogeneidad del tamaño de gotas en la distribución del caldo de aplicación entre diferentes posiciones.

En Eficiencia, Densidad de impactos y Cobertura el efecto del viento produce una reducción de las variables en posiciones horizontales y un aumento en posiciones verticales, excepto en eficiencia 0,7 m.

BIBLIOGRAFIA

Aapresid (2018). Manejo de malezas problema. Calidad de aplicación de herbicidas. pp.28.

Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/2018/08/AAP-Original-Libro-Calidad-de-Applicacion.pdf>

Arvidsson, T., Bergström, L., & Kreuger, J. (2011). Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. Pest management science, 67(5): 586-598.

ASAE S572. (2009). Spray nozzle classification by droplet spectra. Am. Soc. Agric. Eng., St Joseph, Michigan, pp. 4.

Bogliani, M., Hilbert, J., Tesouro, O., Masia, G., Venturelli, L. & Bulacio, L. (2005). Aplicar eficientemente los agroquímicos. Rosario: Ediciones INTA.

CASAFE. (2015). Estudio de Mercado 2014 de Productos de Protección de Cultivos. Disponible en: <https://www.casafe.org/pdf/2018/ESTADISTICAS/Informe-Mercado-Fitosanitarios-2014.pdf>. Productos fitosanitarios.

Disponible en: <https://www.casafe.org/institucional/actividades/>

CASAFE. (2016). Uso de tarjetas hidrosensibles. Disponible en <https://www.casafe.org/uso-de-tarjetas-hidrosensibles/>

Casal, G. (2005). Programa CIR 1.5.: Conteo y Tipificación de impactos de pulverización. En: Congreso aplicAR eficientemente los agroquímicos. Ed. INTA. pp. 343-348.

Castillo, B. (2010). “Formación de gotas en la aplicación de plaguicidas” en Magdalena, J.(comp), Tecnología de aplicación de agroquímicos. Argentina.

Cavallo, A. (2006). Plaguicidas: qué son y cómo usarlos. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Terapéutica Vegetal. Ed. SIMA. ISBN-10: 987- 1253-08-7 / ISBN-13: 978-987-1253-08-1

Comisión Científica Ecuatoriana. (2007). “El sistema de aspersiones aéreas del plan Colombia y sus impactos sobre el ecosistema y la salud en la frontera ecuatoriana”. Quito, Ecuador (2007). ISBN-978-9978-45-961-4.

Cordeiro de Araújo, E. & Maturama de Araujo, R. (2007). Análise de gotas em pulverizações agrícolas utilizando digitalização de imagens (AGROSCAN®). Agrotec Ltda. Tecnologia Agrícola e Industrial. Pelotas, R.S. Brasil. Disponible en: www.agrotec.etc.br. pp. 17.

- Cunha, J.P.A.R., Farnese, A.C., & Olivet, J.J. (2013).** Programas Computacionais para Análise de Gotas Pulverizadas em Papéis Hidrossensíveis. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 31, n. 3, pp. 715-720.
- Cunha, M., Carvalho, C., & Marcal, A.R.S. (2011).** Assessing the ability of image processing software to analyse spray quality on water-sensitive papers used as artificial targets. *Biosystems Engineering*, pp. 11-23.
- Courshee, R.J. (1960).** Some aspects of the application of insecticides. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, vol. 5. pp. 327 - 352.
- Etiennot, A.E. (1990).** Cuarto Curso de Actualización para Pilotos Aeroaplicadores. Instituto Nacional de Aviación Civil (INAC), Buenos Aires. pp.119.
- Etiennot, A.E. (1993).** Pulverizaciones terrestres. Segundo Congreso Nacional de Siembra Directa. Septiembre 1993. Huerta Grande, Córdoba. pp. 163 – 173.
- Etiennot, Alberto, & Piazza, Augusto. (2010).** Buenas prácticas de aplicación en cultivos planos extensivos: Distancias a zonas urbanas. Criterios y soluciones. *Acta toxicológica argentina*, 18(2), pp. 40-53. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-37432010000200002&lng=es&tng=es.
- FAO & OMS. (2014).** Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas Disponible en: <https://www.fao.org/3/l3604S/i3604s.pdf>.
- FAO. (2020).** *World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2020*. Rome. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/cb1329en>
- Fox, R., Salyani, M., Cooper, J.A. & Brazee, R.D. (2001).** Spot Size Comparisons on Oil/Water Sensitive Paper. *Applied Engineering in Agriculture*, 17 (2): pp. 131-136.
- Gadea, J.S. (2018).** Prestación de pastillas en el control de enfermedades de trigo (*Triticum aestivum* L.). Tesis de grado. 68pp. FCAYF. UNLP. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67247>
- García, F.D., Demarchi, G., & Vázquez, M.A. (2003).** Plan de muestreo de la cobertura en equipos pulverizadores terrestres”. Trabajo presentado al XVI Congreso Latinoamericano de Malezas – XXIV Congreso Nacional de la Ciencia de la Malezas de ASOMECEIMA. Manzanillo, Colima, México, 10- 12/11/03. En Actas CD Congreso, pp. 525-529.

Hang, S. (2010). Comportamiento de Agroquímicos en el Suelo. Cátedra de Edafología. Universidad Nacional de Córdoba y Universidad Católica de Córdoba. Revista del Colegio de Ingenieros Agrónomos de la provincia de Córdoba. Año XX, N°82, ISSN 1852-4168.

Hoffmann, W.C. & Hewitt, A. J. (2005). Comparison of three imaging systems for water sensitive paper. Society of Agricultural Engineers, Applied Engineering in Agriculture. ASAE. 21(6): 961-964.

Hofman, V. & Solseng, E. (2001). Reducing Spray Drift. North Dakota State University. Disponible en: <https://www.crystalsugar.com/media/20901/redsprayd.pdf>

Holownicki, R., Doruchowski, G., Swiechowski, W., & Jaeken, P. (2002). Methods of evaluation of spray deposit and coverage on artificial targets. Electronic journal of polish agricultural universities, 5(1), pp. 10.

INTA. (2012). Pastillas para pulverización agrícola, su correcta selección y uso para una óptima calidad de aplicación.

Leiva, P.D. (1995). “Manejo de la deriva en la aplicación de agroquímicos”. Carp. Produc. Vegetal. INTA, EEA Pergamino, SERIE: Generalidades, Tomo XIV, Información N° 139, septiembre, Ed: Puig, R. pp.6.

Leiva, P. D. (2007). “Calidad de aplicación de plaguicidas”. Centro Internacional de Capacitación INTA-CIMMYT. I Jornada de Control Químico de enfermedades del trigo. Centro Internacional de Capacitación INTA –CIMMYT. CDRom interactivo Bayer – División Agrícola. 2007.

Leiva, P. D., & Araujo.E.C. (2009). Comparación de programas de computación para recuento y tipificación de impactos de aspersion sobre tarjetas sensibles. Disponible en: http://www.agrotec.etc.br/downloads/Comparacion_de_programas_de_computacion_para_recuento.pdf.

Leiva, P.D. (2015). “Recaudos por deriva de pulverizaciones agrícolas”. Siete aspectos importantes para su manejo. Disponible en: https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_pergamino_recaudos_por_deriva_en_pulverizaciones.pdf

Marçal, A. R. S., & Cunha, M. (2008). Image processing of artificial targets for automatic evaluation of spray quality. ASABE, 51(3), pp. 811–821.

Márquez, L. (1985). Buenas prácticas agrícolas en la aplicación de fitosanitarios. Libro. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Pp.124.

Martens, F. 2012. Guía para el uso adecuado de plaguicidas y la correcta disposición de sus envases. Boletín de divulgación N° 41. ISSN 0328-3380. Pp. 26.

Martinez, N. (2021). Incidencia del viento en pulverizaciones agrícolas terrestres. Tesis de grado. FCAYF. UNLP. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/130248/Documento_completo.pdf?sequence=1

Masiá, G., & Moltoni, L. (2012). Innovaciones tecnológicas en la agricultura. Surgimiento y desarrollo de las técnicas de protección de cultivos. Trabajo presentado en el Tercer Congreso Latinoamericano de Historia Económica y XXIII Jornadas de Historia Económica, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén.

Masiá, G. & Cid, R. (2010). Las boquillas de pulverización. Capítulo 6, p 76 - 87 in: Magdalena et al., 2010. Tecnología de aplicación de agroquímicos. CYTED. Red "PULSO". Área de comunicación de INTA Alto Valle.

Matthews, G.A., Bateman.R., & Miller, P. (2014). Pesticide Application Methods. 4.Ed. Wiley-Blackwell. pp. 545.

Metcalf, R. L. (s.f). Changing role of insecticides in crop protection. Ann. Rev. Entom., 25: pp. 219-256.

Merani, V. H., Mur, M., Ramirez, F., Ponce, M. J., Guilino, F., & Palancar, T. C. (2019). Efecto de variables operativas sobre la calidad de aplicación y la deriva en la pulverización de agroquímicos. *AgriScientia*, 36(2), pp. 45–55. Disponible en: <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v36.n2.19093>

Merani, V.H, Mur, M, Bethouart, M, Guilino, F, Ponce, M, Vazquez, J.M, Larrieu, L, Balbuena, R. (2020). Uniformidad en la distribución de aplicación de diferentes diseños de pastillas de pulverización. ICPR-Americas 2020 - SPECIAL SESSION: Decision Support Tools for Forestry and Natural Resources Management. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/135546/Documento_completo.pdf?sequence=1.

Merani, V.H. (2021). Distribución espacial de la pulverización generada por diferentes diseños de pastillas hidráulicas. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias

Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina. Disponible en:
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/118984>

Mur, M. (2021). Aplicaciones sobre un cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.). Incidencia del tipo de boquilla y la adición de coadyuvante. M. Sc. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina.

Mur, M., Gadea, S., Ponce, M.J., Merani, V.H., Guilino, F.D., & Balbuena, R.H. (2020). Spray nozzle performance on wheat. *Agrociencia* (Uruguay), 24(2), e149. Ed. pub 01 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.31285/agro.24.149>

National Coalition on Drift Minimization. Association of American Pesticide Control Officials (AAPCO). 1997. Pesticide Drift Enforcement Policy. USA.

Onorato, A. & M. O. Tesouro. (2006). Pulverizaciones agrícolas terrestres. Ed. Buenos Aires. pp.165.

Ozkan, H. E., Paul, P., Derksen, R. C., & Zhu, H. (2012). Influence of application equipment on deposition of spray droplets in wheat canopy. *Aspects of applied biology*, 114: pp. 317-324.

Perecin, D., Peressin, V.A., Matuo, T., Barbosa, J.C., Pio, L.C., & Braz, B.A. (1994). Padrões de distribuição obtidos com bicos Twinjet, em função da altura e do espaçamento entre bicos. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.14, pp.19-30

Pérez, H. (s.f.). Manual de Técnicas de Aplicación. Principios y fundamentos, Syngenta. Colombia.

Pretty J. (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Phil. Trans. R. Soc. B* (2008) 363: 447-465. doi:10.1098/rstb.2007.2163.

Ramos, H.H., Araujo de, D., Lima de, J. D. C. V., Bettini, P. C., Yanai, K., Gadanha, C. D. & Minotel, E. (2004). Acurácia de um programa de computador na determinação de parâmetros da pulverização sobre papéis hidrossensíveis.

Sayinci, B. & Bastaban, S. (2011). Spray distribution uniformity of different types of nozzles and its spray deposition in potato plant. *African Journal of Agricultural Research*, 6(2), pp.352–362.

Soriano, M. L. & Porrás Piedra, A. (2001). La visión artificial aplicada a la eficiencia de la aplicación de productos fitosanitarios. *Uso de Herbicidas en el Siglo XXI*. pp. 105-115

SYLCOMP S.A. (2007). Sylcomp AG Versión 1.0.4 Lector de Tarjetas Hidro y Oleosensibles; Manual de usuario. pp. 12.

Wolf, R.; Gardisser, D.R. & Willams, W. L. (1999). Spray droplet analysis of air induction nozzles using WRK DropletScan™ Technology. American Society of Agricultural Engineers International Meeting. Toronto, CA, Paper N° 991026. pp. 4.

Wolf, R.E.; Willams, W. L.; Gardisser, D. R. & Whitney, R. W. (2003). Using DropletScan™ to analyze spray quality. ASAE MCOO-105. pp. 6.

Wolf, T.M. & Caldwell B.C. (2013). Spray Deposition of TeeJet AI3070VS on Vertical Targets. A Study Conducted for TeeJet Technologies. pp. 78.

Wolf, T.M. & Peng G. (2011). Improving Spray Deposition on Vertical Structures: The Role of Nozzle Angle, Boom Height, Travel Speed, and Spray Quality. Pest Technology Global Science Books.