

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE DERIVA DE FITOSANITARIOS EN APLICACIONES TERRESTRES

por

Matías Fernando CORNÚ MEMBREDES
Francisco Raúl VERCELLINO CHAPPUIS

**Trabajo final de grado presentado como
uno de los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

MONTEVIDEO

URUGUAY

2024

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobada por:

Directores:

Ing. Agr. Dr. Juana Villalba

Tribunal:

Ing. Agr. Mag. Jorge Volpi

Ing. Agr. Winnona Saracho

Ing. Agr. Dr. Juana Villalba

Fecha: 29 de agosto de 2024

Estudiantes:

Matías Cornú

Francisco Vercellino

AGRADECIMIENTOS

A nuestra tutora de tesis Ing. Agr. Dra. Juana Villalba, la cual estuvo a disposición y prestando apoyo a lo largo de todo este trabajo.

A las Ing. Agr. Winnona Saracho e Ivanna Stoletniy, las cuales estuvieron presentes y ayudaron en los trabajos de campo y recolección de datos.

A la EEMAC como también a la empresa Charles Chakling y su personal por brindarnos la maquinaria y el espacio para la realización de esta investigación.

A nuestras familias y amigos por el apoyo incondicional en el transcurso de esta carrera.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	6
RESUMEN	7
SUMMARY	8
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. OBJETIVO	10
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1. DERIVA	11
2.2. FACTORES QUE AFECTAN LA DERIVA.....	11
2.2.1. Factores ambientales	11
2.2.1.1. Velocidad del viento	12
2.2.1.2. Temperatura y humedad	12
2.2.1.3. Inversión térmica.....	12
2.2.2. Factores operativos	13
2.2.2.1. Tamaño de gota	13
2.2.2.2. Boquillas	14
2.2.2.3. Altura de barra	15
2.2.2.4. Presión.....	16
2.2.2.5. Velocidad de avance.....	16
2.2.2.6. Uso de adyuvantes	16
2.2.2.7. Utilización de túneles de viento.....	17
2.2.2.8. Equipos de aplicación	17
2.2.2.9. Aplicación variable	18
2.3. ATENUANTES DE LOS EFECTOS DE LA DERIVA.....	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. LOCALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS	20
3.2. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	20
3.3. INSTALACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS A CAMPO	21
3.3.1. Mediciones	25

3.3.2. Procesamiento y análisis estadístico.....	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1. EXPERIMENTO 1.....	27
4.2. EXPERIMENTO 2.....	28
5. CONCLUSIONES	31
6. BIBLIOGRAFÍA	32

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Figura No.	Página
Figura 1. Área del experimento, sobre Campo Natural	20
Figura 2. Boquillas utilizadas (AI 110015; TT 110015; TXA 80015).....	21
Figura 3. Croquis de la aplicación	23
Figura 4. Curva de calibración para el trazador azul brillante	24
Figura 5. Deriva total acumulada a los 100 metros para cada experimento según tamaño de gota.....	30
Figura 6. Cantidad de trazador recolectado para cada distancia evaluada.....	30
Tabla No.	Página
Tabla 1. Clasificación de tamaño de gota, medido como DV 0.5 con su respectivo código de color.....	14
Tabla 2. Descripción técnica de las boquillas utilizadas.....	21
Tabla 3. Condiciones promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento dadas para el experimento 1	25
Tabla 4. Condiciones promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento dadas para el experimento 2	25
Tabla 5. Total acumulado de trazador según tamaño de gota experimento 1	27
Tabla 6. Cantidad acumulada según tamaño de gota y distancias en metros experimento 1.....	28
Tabla 7. Total acumulado de trazador según tamaño de gota experimento 2	28
Tabla 8. Cantidad acumulada según tamaño de gota y distancias en metros experimento 2	29

RESUMEN

La aplicación de fitosanitarios es una práctica fundamental, para lograr el máximo rendimiento, por lo que es necesario la optimización de sus resultados considerando cuidados con el medio ambiente como una adecuada cobertura del cultivo, un mínimo daño al mismo y costo accesible. Por su parte la deriva de fitosanitarios es una de las principales causas de daño no deseado, por lo que estos productos químicos deben ser aplicados con eficiencia y efectividad debido a su complejidad y peligrosidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar la deriva de aplicaciones terrestres de fitosanitarios para diferentes tecnologías de aplicación, tamaño de gotas, Fina, Media y Extremadamente Gruesa en 2 condiciones meteorológicas y alturas de barra diferentes, a través de una adaptación de la norma ISO/FDIS 22866. Se realizaron 2 experimentos en el departamento de Paysandú, "Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni" (EEMAC), Ruta 3 Km 363, durante los meses de mayo a agosto del año 2022. El diseño experimental de ambos experimentos fue un diseño completamente al azar, con muestreo a diferentes distancias del área aplicada. Las repeticiones fueron 3 y 2 para los experimentos 1 y 2, respectivamente, correspondientes a las pasadas de la pulverizadora. La altura de barra fue 0.8 metros en el experimento 1 y 1.20 en el 2. Se observó una disminución de la deriva total acumulada a los 100 m por el uso de boquillas antideriva de 25 % en el caso de altura de barra de 1.2 m, viento promedio de 9 km/h y sin diferencia significativa para la altura de barra de 0.8m y viento promedio de 4.5 km/h.

Palabras Clave: deriva, tecnologías de aplicación, boquillas, alturas de la barra, condiciones meteorológicas

SUMMARY

The application of pesticides is a fundamental practice to achieve maximum yield, making it necessary to optimize results while considering environmental care, such as adequate crop coverage, minimal crop damage, and accessible costs. Drift of spray pesticides is one of the main causes of unintended damage, which is why these chemical products must be applied with efficiency and effectiveness due to their complexity and hazardous nature. The objective of this work was to evaluate the drift of terrestrial applications of pesticides using different application technologies, droplet sizes—Fine, Medium, and Extremely Coarse—under two different meteorological conditions and different height spray boom, according to an adaptation of the standard ISO/FDIS 22866. Two experiments were conducted in the department of Paysandú, at the “Dr. Mario A. Cassinoni” Experimental Station (EEMAC), Ruta 3 Km 363, from May to August 2022. The experimental design of both experiments was a completely randomized design, with sampling at different distances from the applied area. The number of replications was 3 and 2 for experiments 1 and 2, respectively, corresponding to the pass of the spray tractor. The spray boom height was 0.8 m in experiment 1 and 1.20 m in experiment 2. A decrease in the total accumulated drift at 100 m was observed when using drift-reducing nozzles: 25% reduction at a boom height of 1.20 m with an average wind speed of 9 km/h and without significant difference for the boom height of 0.8m and average wind of 4.5 Km/h.

Keywords: drift, application technologies, nozzles, boom heights, weather conditions

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la aplicación de fitosanitarios es una práctica fundamental a nivel nacional, especialmente en producciones extensivas, las cuales han tenido un fuerte crecimiento del área agrícola en las últimas dos décadas (Somoza et al., 2018). En los últimos años ha cobrado mayor importancia el impacto ocasionado en ecosistemas y centros poblados, la deriva de fitosanitarios ha llevado a que las tecnologías de aplicación jueguen un rol fundamental para minimizar el problema (Bianchi & Snoeck, 2009).

Sumado a lo descrito, se cuenta con una normativa la cual considera exclusivamente las distancias de aplicación como medidas de aplicación a centros educativos, poblados, cursos de agua, entre otros.

Según Durigan (1989), como se cita en Cunha et al. (2003), hace referencia a tecnologías de aplicación como un conjunto de conocimientos para colocar una cantidad cierta de ingrediente activo en el objetivo deseado, con la máxima eficiencia y de tal manera de no afectar el ambiente.

Tal como lo puntualiza Christofolletti (1999), como se cita en Cunha et al. (2003), es necesario mejorar y tener especial consideración en cuanto a la aplicación de los fitosanitarios, además de considerarse los cuidados con el medio ambiente se debe de tener en cuenta la adecuada cobertura del cultivo, para así provocarle el mínimo daño a este, logrando el objetivo propuesto y con el menor costo posible, tanto de los productos fitosanitarios, como de la propia aplicación, logrando así una aplicación óptima.

A pesar de lo dicho anteriormente el uso de fitosanitarios en el país tuvo una reducción de 30%, si se compara la importación de principios activos del año 2014 con las adquisiciones del 2021, esto es mayormente explicado por el aumento en la presencia de cultivos transgénicos que demandan un menor uso de insecticidas, algunos se han sustituido por controladores biológicos, otros se han racionalizado exigiendo receta profesional para su uso y sumado a esto, un incremento en las rotaciones de cultivos con pasturas (*El uso de agroquímicos*, 2019).

La deriva de fitosanitarios es considerada como una de las mayores causas de daño indeseado de estos. Estos productos químicos por su complejidad y peligrosidad obligan a ser aplicados de una manera lo más eficiente y efectiva posible. La mayoría de estos productos son considerados ambientalmente amigables o con poco riesgo para este, sin embargo, el incremento en el uso aumenta el riesgo de daño a cultivos no

objetivo o al ecosistema en sí (Farooq et al., 2001).

1.1. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue evaluar la deriva de aplicaciones terrestres de fitosanitarios para diferentes tamaños de gota, aplicados con boquillas TXA, TT y AI, en 2 condiciones de altura de barra y diferentes velocidades de viento. La finalidad es aportar más información en relación con la normativa sobre distancias de aplicaciones a zonas sensibles (Artículo 137 de Ley n° 13.640, 1968).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. DERIVA

La deriva se entiende como el movimiento del agroquímico durante o después de la aplicación fuera del sitio objetivo, pudiendo ser endoderiva o exoderiva. Para el caso de la endoderiva esta consiste en el desplazamiento del líquido pulverizado fuera del blanco pero próximo a él, llegando directamente al suelo o escurriendo desde el follaje; para el caso de la exoderiva este se refiere a la deposición del producto a distancias considerables del objetivo, siendo el viento el principal agente transportador (Bulacio et al., 2005).

Autores como Villalba y Hetz (2010) coinciden en que es incorrecto pensar en deriva sólo teniendo en cuenta la cantidad de producto perdido al momento de la aplicación, ya que pueden existir pérdidas posteriores a la aplicación desde la superficie vegetal tratada.

Entre otros problemas que se mencionan anteriormente, la pérdida de rendimiento en cultivos linderos es también un factor a tener en cuenta, por esto Dal Magro et al. (2006) realizaron un experimento donde reportó que en el cultivo de arroz (bajo suelo inundado) presentó pérdida de hasta 11.9 Kg/ha por cada g/ha de deriva de herbicidas perteneciente a la familia imidazolinonas (imazethapyr + imazapic) en el sistema, cabe mencionar que la presencia de riego en el cultivo de arroz fue atenuante para una menor fitotoxicidad para este, y por consiguiente una menor pérdida de rendimiento.

2.2. FACTORES QUE AFECTAN LA DERIVA

Los factores que afectan la deriva pueden ser agrupados como aquellos que corresponden a las características de la aspersión; al equipo y técnicas de aplicación; a las condiciones atmosféricas; y a los equipos y accesorios específicos (Leiva, 1995).

2.2.1. Factores ambientales

Corresponde a aquellos elementos naturales que influyen en la carga de plaguicidas y su transporte atmosférico (Tomasoni, 2013).

2.2.1.1. Velocidad del viento

La cantidad de herbicida perdida del área objetivo y los movimientos de este aumentarán a medida que se incremente la velocidad del viento, por lo que una mayor velocidad de este generalmente causará más deriva; sin embargo, se pueden producir daños severos en los cultivos debido a la deriva con baja velocidades del viento, especialmente bajo condiciones que resultan en aire verticalmente estable (Dexter, 1993).

Según Sumner (1997) no es recomendado realizar aplicaciones con vientos mayores a 16 km/h. Otro autor como Frank (1988), como se cita en Celen y Onler (2011), asegura que la deriva es incontrolable a velocidades de vientos dentro de 10-12 km/h, y que todas las aplicaciones deben ser suspendidas a velocidad de viento superiores a las mencionadas.

Por su parte Celen y Onler (2011) consideran que la dirección del viento es tan importante como la velocidad de este, especialmente si hay cultivos adyacentes sensibles a los agroquímicos que se van a aplicar. Recomiendan que si la dirección del viento es hacia un cultivo sensible se debe como mínimo dejar una zona buffer de 30 metros.

Si bien como se mencionó anteriormente la velocidad del viento es un factor determinante tanto en la calidad de aplicación como en la deriva, cabe aclarar que la ausencia del mismo también lo es, ya que las gotas más finas puede que queden en suspensión en el aire y viajar varios kilómetros de distancia (Spadotto, 2006).

2.2.1.2. Temperatura y humedad

Sumner (1997) hace referencia en su trabajo, a que baja humedad relativa y/o altas temperaturas causan mayor evaporación de las gotas de una pulverización, favoreciendo la deriva ya que la evaporación hace que las gotas sean más pequeñas. A su vez menciona que si la humedad relativa es superior a 70% las condiciones son ideales para aplicar. Y por otro lado menciona que una humedad relativa por debajo de 50% es riesgosa y se debe poner atención a la aplicación. Otros autores como Villalba y Hetz (2010) coinciden en que la combinación de alta temperatura (>30°C) y baja humedad relativa (<40%) tienen una fuerte incidencia en la deriva, especialmente sobre las gotas finas.

2.2.1.3. Inversión térmica

La inversión de temperatura es una condición donde el aire frío cerca de la

superficie del suelo es atrapado bajo una capa de aire más cálido. Las condiciones para que suceda este fenómeno se dan cuando el suelo está con una temperatura aproximada de 1,6° C (Sumner, 1997).

En situaciones donde la inversión sea severa, la deriva puede ocurrir porque las gotas quedan suspendidas en la capa de aire caliente no pudiendo llegar a la superficie del suelo, dando como consecuencia que con una brisa esta capa con agroquímicos pueda transportarse por largas distancias (Sumner, 1997).

2.2.2. Factores operativos

Existe una serie de factores operativos que influyen la deriva, como: el tamaño de la gota, las boquillas, la altura de barra, la presión, la velocidad de avance, el uso de coadyuvantes y surfactantes, entre otros (Leiva, 2007).

2.2.2.1. Tamaño de gota

El tamaño de gota es uno de los principales factores determinantes de la deriva, esto pese a las ventajas que presentan las gotas pequeñas para productos de baja sistemía, es una desventaja ya que estas gotas tienen mayor potencial de deriva (Boffano et al., 2020). Las gotas de menor diámetro tienen menos peso por lo que están más expuestas a la acción del viento, gotas de mayor diámetro son más pesadas por lo que presentan una mayor velocidad límite (Cunha, 2008).

Autores como Bueno et al. (2016) concluyeron que el porcentaje de deriva depositada hasta los 50 m de distancia desde el punto de aplicación, tuvo diferencias significativas en relación al tipo de boquillas (XR-TT-AIXR-TTI), por ende, el tamaño de gota, afectando directamente la deriva. Algunos parámetros utilizados para la caracterización de la población de gotas son DV 0.1, DV 0.5 y DV 0.9, la cual indica el diámetro de gota de menor tamaño por debajo del cual acumula el 10, 50 y 90 por ciento del volumen total del líquido pulverizado respectivamente (Ocampo & Godoy, 2019).

Una buena aplicación se logra cuando la amplitud relativa es baja, presentando una buena homogeneidad, la amplitud relativa se calcula como:

$$\text{Amplitud relativa} = \frac{DV_{0.9} - DV_{0.1}}{DV_{0.5}}$$

En general, valores de diámetro volumétrico mediano (DV 0.5) inferiores a 250 micras indican riesgo potencial de deriva, que ocurre principalmente por causa de la proporción de gotas menores a 100 micras (Cunha et al., 2003).

La calidad de una aplicación mejora cuanto más homogéneas son el tamaño de las gotas pulverizadas y si su distribución es uniforme. Por otra parte, cuando la amplitud relativa tiende a cero, indica espectros de gotas más homogéneas (Bueno et al., 2014).

Tabla 1.

Clasificación de tamaño de gota, medido como DV 0.5 con su respectivo código de color

Categoría	Símbolo	Código Color	DV 0.5
Muy fina	VF	Rojo	<100
Fina	F	Naranja	100-175
Media	M	Amarillo	175-250
Gruesa	C	Azul	250-375
Extremadamente Gruesa	VC	Verde	375-450
Extremadamente gruesa	XC	Blanco	>450

Nota. Norma ASAE S – 572

2.2.2.2. Boquillas

De acuerdo con Ozkan (2000), la selección de boquillas representa un factor fundamental dentro de las tecnologías de aplicación, teniendo como objetivo entre otros factores reducir la deriva por medio de un tamaño de gota mayor. Johnson y Swetnam (1996), también coinciden que la selección apropiada de boquillas es fundamental al momento de la aplicación de fitosanitarios, jugando un rol determinante en la cantidad aplicada por área, la uniformidad de la aplicación, la cobertura obtenida y el riesgo potencial de deriva.

Lo que se llama genéricamente boquilla es un conjunto de piezas colocado al final del circuito hidráulico, a través del cual es emitido el caldo de la máquina.

El equipo pulverizador está compuesto de varias partes, de las cuales la boquilla es la más importante, regulando la salida, tamaño de gotas, caudal y forma de aspersión emitida (Masiá & Cid, 2010).

Hay una serie de boquillas hidráulicas en el mercado, en varios tipos y usos definidos para diferentes y específicas condiciones. Entre los más utilizados destacan los chorros planos que, dependiendo de las características de presión y ángulo de apertura, pueden presentar un alto riesgo de deriva. Los fabricantes, sin embargo, han lanzado al mercado nuevas boquillas, con un gran potencial anti-deriva. Se trata de boquillas de pulverización dotadas de un pre-orificio, situado antes de la apertura de formación del chorro, que permite la formación de gotas de mayor diámetro (Cunha et al., 2003).

Las clasificaciones de boquillas se rigen bajo una norma (ISO10625), donde cada una de ellas presenta una serie de letras y números. Las primeras letras refieren al tipo de boquilla, los números que siguen corresponden al ángulo de apertura y el caudal nominal en galones/min a 40 Psi de presión.

A modo de ejemplo para el caso de una boquilla TT110025-SS- se interpreta que TT corresponde a una boquilla granangulares de chorro plano, 110 indica el ángulo de apertura (110°), y el 025 nos indica que presenta un caudal de 0.94 litros/min, cabe resaltar que los colores que presentan estas se corresponden con un caudal específico, siendo estas, las 01 anaranjadas, las 02 amarillas, las 03 azules y por último las 04 son rojas; las letras que se presentan al final (SS) indican el material de la parte exterior e interior de la boquilla respectivamente, siendo en este caso acero inoxidable en ambos sitios (González et al., 2020).

2.2.2.3. Altura de barra

La barra tiene regulación de altura, al incrementar la altura de la barra, se aumenta la distancia que cada gota debe viajar desde la boquilla hasta el objetivo. Como consecuencia de este aumento en distancia, la gota pulverizada queda expuesta por más tiempo al viento, determinando que las gotas vuelen a mayores distancias (Nordby & Skuterud, 1975).

Cuanto más alto esté la boquilla del cultivo o el objetivo, más oportunidad habrá para que el viento o corrientes de aire mueven las gotas aplicadas del lugar donde se

quiso aplicar (Pesticide Environmental Stewardship, s.f.). Por otra parte, una mayor distancia del botalón hacia el objetivo puede disminuir el tamaño, ya que durante el recorrido se dan procesos de evaporación, incrementando así su arrastre por efecto del viento (Cunha, 2008).

2.2.2.4. Presión

A mayor presión al momento de la pulverización provoca una disminución en el tamaño de gota, así como un aumento en la heterogeneidad de las mismas lo que lleva a aumentar el potencial de deriva y la calidad de aplicación.

Por otra parte, trabajar con presiones más elevadas genera un mayor desgaste al orificio de la boquilla. A su vez se asevera que trabajar con presiones incorrectas influye en el ángulo y la cobertura de la pulverización, por lo que la *Guía del usuario* (2004) recomienda trabajar en el rango de presión apropiado para cada boquilla seleccionada.

2.2.2.5. Velocidad de avance

Un factor importante al momento de trabajar con los equipos, es la velocidad de avance, sean estos autopropulsados o de tiro, en muchos de los equipos es necesario variar la presión de trabajo (Hernández, 2019), sobre todo disminuirla para que en las “cabeceras” donde se da una variación alta en la velocidad, la presión se encuentre dentro de los parámetros previstos por el fabricante de boquillas; por cada duplicación de la velocidad de avance, la presión debería de aumentar cuatro veces más para que se mantenga el volumen de aplicación constante (*Guía del usuario*, 2004).

Cambios drásticos en la presión de pulverización puede que excedan las capacidades de las boquillas a baja velocidad o la capacidad de la bomba en condiciones de alta velocidad de trabajo (Wolf, 2009).

2.2.2.6. Uso de adyuvantes

En cuanto a los adyuvantes este se define como tal a sustancias sin propiedades plaguicidas significativas presentes en una formulación de un producto agroquímico, o para agregar a mezclas en tanques de pulverización, con el fin de modificar las propiedades fisicoquímicas, modificando por ejemplo la capacidad de evaporación de los productos y de esta forma mejorar o facilitar su eficacia biológica (Cunha & Alves, 2009). Según Kogan y Pérez (2003), se denomina adyuvante a cualquier sustancia contenida en la formulación o agregada al tanque de mezcla con el objetivo de mejorar la actividad del

fitosanitario.

De acuerdo con Green y Cahill (2003) el uso de los adyuvantes tiene efectos frente a la modificación de aspectos como la tensión superficial, la viscosidad, pH y tamaño de gotas y así también como la homogeneidad de la solución aplicada.

Cunha y Alves (2009) probaron el efecto de adyuvantes en las características físico químicas de las soluciones acuosas y encontraron que dichas características, dependen de su composición química y la formulación. Concluyeron estos autores, además, que las dosis a aplicar deben ser las recomendadas por el fabricante y no menor a la misma, siendo la tensión superficial y la viscosidad (esta última característica trae aparejado el aumento del tamaño de gota), las propiedades más sensibles al agregado de adyuvantes.

2.2.2.7. Utilización de túneles de viento

Una alternativa para disminuir la ocurrencia de deriva en aplicaciones terrestres es la utilización de los llamados túneles de viento, los cuales consisten en una “cortina” pareja de viento colocada por detrás de cada boquilla, esta produce una barrera protectora sobre las gotas evitando así la deriva, según Bragachini et al. (2001), como se cita en Etiennot y Piazza (2010), se necesita un caudal de aire de 2000 m³/h por metro de botalón, produciendo una velocidad de viento en la salida de 126 km/h, permitiendo trabajar con velocidades de avance alrededor de 15 km/h, esto logra que la gota no quede sujeta al desplazamiento bajo ciertas condiciones de viento al momento de la aplicación logrando llegar al cultivo con buena penetración y mínima deriva, cabe aclarar que la velocidad de salida del viento es regulable según condición de aplicación.

2.2.2.8. Equipos de aplicación

Hoy en día se pueden encontrar varios tipos de pulverizadores hidráulicos, pueden ser de tipo mochilas utilizadas para pequeñas áreas, como los autopropulsados, presentando un ancho de trabajo mayor al anteriormente nombrado y mayor sofisticación. Estos equipos con cada vez mejores tecnologías, y las boquillas de pulverización representan sin duda uno de los principales componentes que garantizan la calidad y la seguridad de la aplicación, mejorando entre otras la calidad de trabajo de los operarios (Tewari et al., 1998).

Por otra parte, se cuenta además con equipos de aplicación aérea, como ser un avión aplicador, estos tienen como ventaja tener una gran capacidad operacional dada la posibilidad de hacer tratamientos en grandes áreas en tiempo reducido y en el momento más oportuno para el control de las plagas, además de esto se evita la compactación del suelo y lesionar los cultivos; se estima que las pérdidas por estos últimos pueden alcanzar hasta un 5%. Como contra parte si no se realiza la aplicación aérea dentro de los parámetros técnicos recomendados puede causar exoderiva, esto sumado a que requieren una buena calidad de aplicación prestando especial atención a las condiciones climáticas, producto de su baja tasa de aplicación menor a 40 Lt/Ha (Cunha & Carvalho, 2010).

2.2.2.9. Aplicación variable

En la actualidad existen dos tipos de tecnologías de aplicación variable, unas están basadas en la aplicación en tiempo real a partir de información obtenida por sensores; y otras se fundamentan en mapas de prescripción. La tecnología de aplicación variable basada en sensores en tiempo real elimina la necesidad del conocimiento previo del cultivo, ya que se aplica en función de lo que los sensores determinen en cada momento (Campos et al., 2019).

Otros autores aseguran que con este tipo de aplicación específica de herbicida con sensores de malezas se logra un ahorro de hasta el 90% de producto, lo que significa no solo un beneficio económico, sino un menor impacto en el medio ambiente, reduciendo considerablemente la deriva total de producto, para una misma área aplicada. Por otra parte, son un gran aporte para disminuir los riesgos en las aplicaciones periurbanas (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria & Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Presidencia de la Nación, s.f.).

Por otro lado, la tecnología de aplicación variable basada en mapas de prescripción presenta la necesidad de realizar previamente a la aplicación el estudio del cultivo, ya sea mediante datos recopilados manualmente en campo o mediante teledetección (Campos et al., 2019). Estos autores además concluyen que, usando tecnologías de aplicación basados en mapas de prescripción, disminuyen un 20% el consumo de agua y de material activo reduciendo así la potencial deriva por un menor contenido de caldo con respecto al convencional, manteniendo las variables como boquilla, presión, velocidad de avance, entre otras, constantes.

2.3. ATENUANTES DE LOS EFECTOS DE LA DERIVA

En Uruguay la normativa mencionada anteriormente está regulada por la Dirección General de Servicios Agrícolas (DGSA, 2004), la cual restringe aplicaciones terrestres y aéreas de fitosanitarios a 300 y 500 m respectivamente de zonas periurbanas y centros poblados, para casos previamente fundamentados se pueden realizar aplicaciones terrestres mecanizadas próximos a centros educativos rurales a distancias menores a las indicadas.

La instalación de zonas amortiguadoras o también llamadas buffer, es una de las soluciones propuestas para combatir la contaminación de aguas superficiales por plaguicidas, estas zonas se encuentran próximo a áreas de protección, para así tratar de eliminar la contaminación de fitosanitarios a zonas sensibles (Madrigal et al., 2007).

Para nuestro país son consideradas estas como corrientes naturales de agua (ríos, arroyos y cañadas) o fuentes superficiales como desagües entre otras, se considera para aplicaciones aéreas una distancia tal de 30 m y para aplicaciones terrestres de 10 m (DGSA, 2008).

La DGSA desde el 2019 al 2020 recibió un aproximado de 50 denuncias debido al mal uso de productos fitosanitarios, una de las principales causas es la deriva, otras fue el no cumplimiento de la distancia a centros educativos y centros poblados ("MGAP recibió 21 denuncias", 2021).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

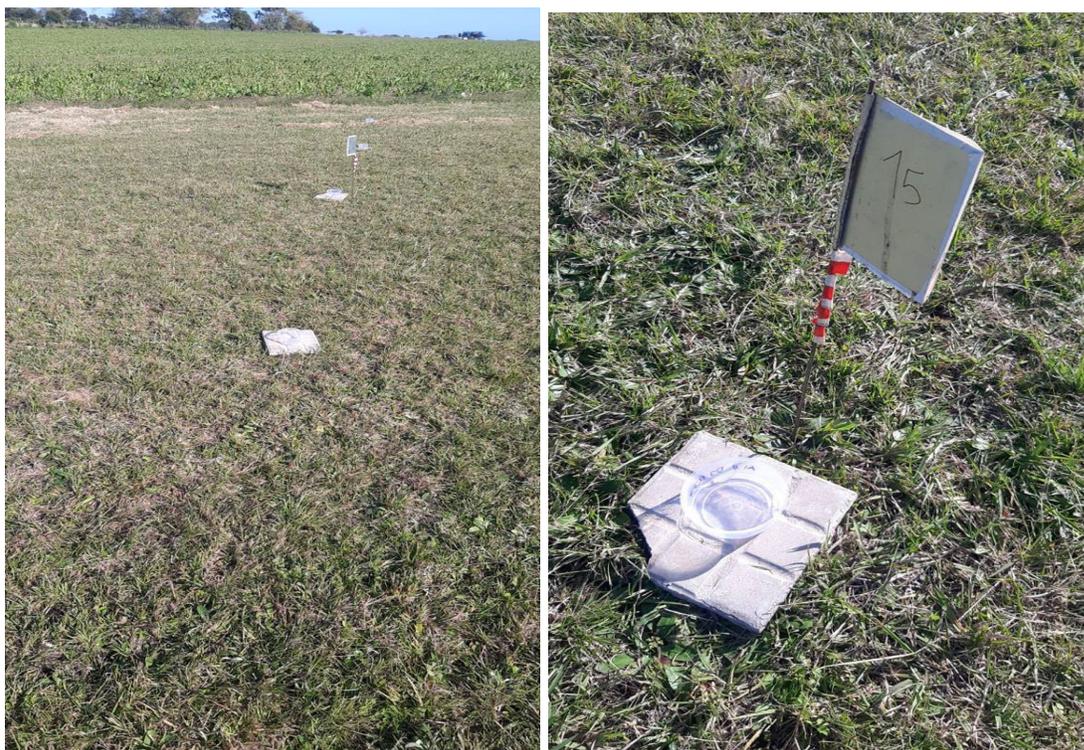
3.1. LOCALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Los experimentos se condujeron en la “Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), Ruta 3 Km 363, departamento de Paysandú. Fueron realizados en el año 2022, en los meses de mayo y agosto.

Para la realización de los 2 experimentos se eligió un área donde no tuviera obstrucciones físicas ni tampoco grandes variaciones en cuanto a pendiente, estas características se detallarán más abajo.

Figura 1.

Área del experimento, sobre campo natural



3.2. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental de ambos experimentos fue un diseño completamente al azar, con muestreo a diferentes distancias del área aplicada.

Los tratamientos fueron los tamaños de gotas Fina, Media y Extremadamente

Gruesa, logradas con las boquillas, TXA80015; TT110015 y AI110015, respectivamente. Se realizaron 3 y 2 repeticiones para los experimentos 1 y 2 respectivamente.

Tabla 2.

Descripción técnica de las boquillas utilizadas

Boquilla	Presión recomendada (Bar)	Presión usada (Bar)	Clasificación de tamaño de gota
TXA80015	5-20	3	Fina
TT110015	1-7	3	Media
AI110015	2-8	3	Extremadamente Gruesa

Nota. Adaptado de TeeJet Technologies (2011).

Figura 2.

Boquillas utilizadas (AI 110015; TT 110015; TXA 80015)



3.3. INSTALACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS A CAMPO

La metodología utilizada en ambos experimentos fue la adaptación de la norma internacional ISO/FDIS 22866, la que establece condiciones para la medición de la deriva de gotas de todo tipo de equipos diseñados para aplicar productos fitosanitarios. Las adaptaciones realizadas fueron para cumplir con las aplicaciones en el menor tiempo

posible, evitando el cambio en las condiciones meteorológicas durante la ejecución.

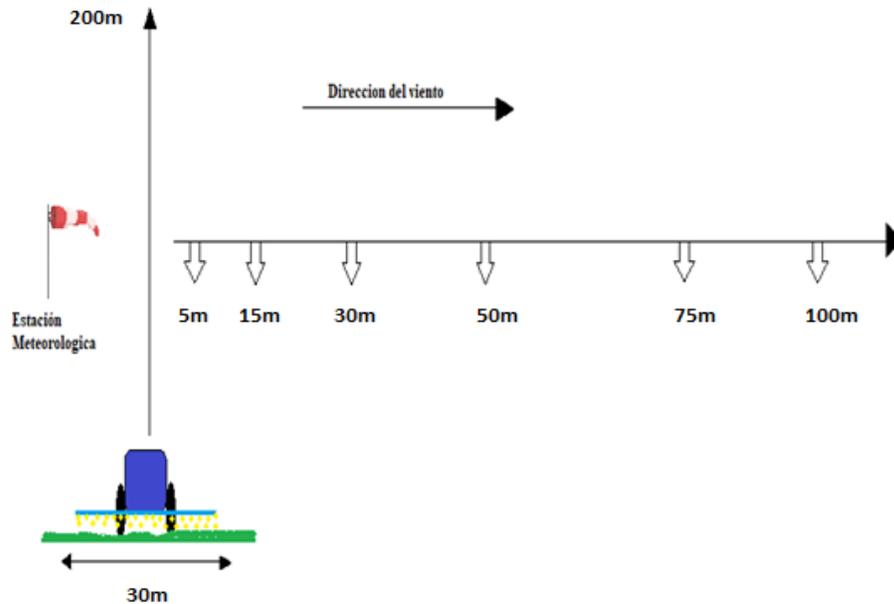
Las especificaciones de la norma se refieren a los pulverizadores agrícolas autopropulsados, remolcados y montados en tractores. La misma especifica la realización de mediciones de campo para determinar las cantidades de deriva de la pulverización durante la aplicación a distancias definidas de un área tratada con fines de evaluación de riesgos. Se definen distancias de medición estándar que se utilizan para permitir la comparación de los resultados de diferentes experimentos.

En base a esto se establecieron los experimentos en un área predefinida, área sin obstrucciones, donde en ella se colocaron estaciones de muestreo, por lo que el suelo debió estar desnudo o con una vegetación corta (7.5 cm de altura máxima). La dirección de avance se realizó en ángulo recto a la dirección media del viento, y en sentido de éste se ubicaron las estaciones de muestreo a diferentes distancias (5, 15, 30, 50, 75 y 100 metros) desde el extremo del varal. En cada distancia se colocaron 5 colectores, que fueron las repeticiones de cada distancia.

Ambos experimentos fueron realizados con un equipo autopropulsado, marca New Holland SP 3500, aplicando 100 L/ha y con una velocidad de avance de 18 km/h.

Para la evaluación de la deriva, las aplicaciones fueron realizadas con el trazador, azul brillante (FD&C Blue No. 1), en la cantidad de 300 mg.L⁻¹ de caldo preparado, más el tensioactivo (Dash 1% v/v). Este trazador no modifica las propiedades del caldo, no altera la tensión y presenta buena estabilidad bajo el sol ya que no presenta degradación de la sustancia bajo la luz solar (Palladini et al., 2005). Además, permite la determinación de absorbancia en espectrofotómetro a longitud de onda de 630 nm.

El experimento 1 correspondió a una altura de varal de 0.8 m desde el suelo, mientras que la altura en el experimento 2 fue de 1.20 m. Previo a la ejecución del experimento se colocó una estación experimental la cual entre otros datos midió temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento. En relación a este último parámetro la norma indica que los colectores deben estar en ángulo $\leq 30^\circ$ respecto a la dirección, exigencia que se cumplió (datos no presentados).

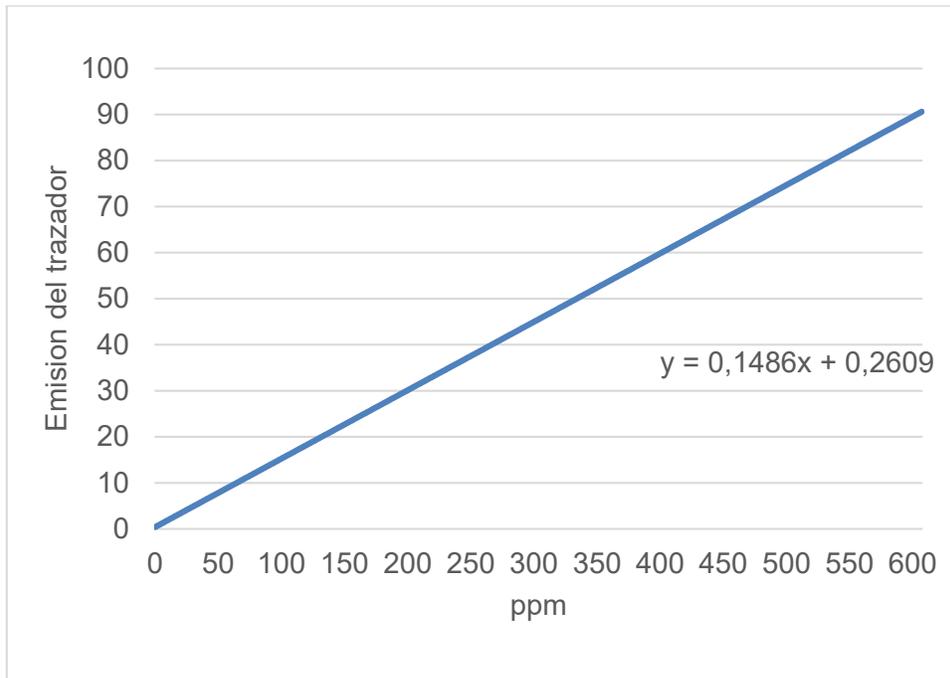
Figura 3.*Croquis de la aplicación*

Luego de las aplicaciones respectivas de cada tratamiento, los colectores previamente identificados fueron almacenados en ausencia de luz, para hacer las determinaciones de absorbancia en el laboratorio. Para la estimación de la cantidad de trazador, previamente se realizó una curva con concentraciones conocidas del mismo para cada experimento (Figura No. 4).

A partir de los datos de la curva de absorbancia para las concentraciones conocidas de trazador, se usaron los parámetros de la regresión para estimar la cantidad de trazador de cada muestra y expresarla en porcentaje de deriva con respecto a lo estimado en el área objetivo.

Figura 4.

Curva de calibración para el trazador azul brillante



Las condiciones promedio de temperatura y humedad fueron de 18°C y 62% HR para ambos experimentos. La velocidad de viento se promedió para cada repetición y se presentan en el Tabla No. 3 y No. 4.

Tabla 3.

Condiciones promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento dadas para el experimento 1

Pasada	Tamaño de gota	T °C	H.R (%)	Velocidad del viento (km/h)
1	Extremadamente gruesa	18	62	5
2	Extremadamente gruesa	18	62	4
3	Extremadamente gruesa	18	62	4
1	Media	18	62	4
2	Media	18	62	4
3	Media	18	62	5
1	Fina	18	62	5
2	Fina	18	62	5
3	Fina	18	62	4

Tabla 4.

Condiciones promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento dadas para el experimento 2

Pasada	Tamaño de gota	T °C	H.R (%)	Velocidad del viento (Km/h)
1	Extremadamente gruesa	18	62	6
2	Extremadamente gruesa	18	62	10
1	Media	18	62	10
2	Media	18	62	8
1	Fina	18	62	11
2	Fina	18	62	10

3.3.1. Mediciones

La deriva fue estimada a partir de mediciones como porcentaje de lo recolectado en la distancia cero (debajo de la pulverizadora). Luego en laboratorio, cada una de las

distancias anteriormente mencionada fue tomada como una unidad de muestreo, cada repetición fue lavada con 10 ml de agua destilada donde se colocaron en un recipiente con su etiquetado correspondiente; esta dilución fue medida en espectrofotómetro para la cuantificación de la cantidad del trazador, dato obtenido a partir de los parámetros de la ecuación de la curva de calibración previamente realizada.

3.3.2. Procesamiento y análisis estadístico

Los porcentajes de deriva estimados promediados para cada distancia se analizaron a través del área bajo la curva, calculada como $Y = \left(\frac{\%deriva\ d1 + \%deriva\ d2}{2} \right) * \Delta d$, para rangos de distancias previamente establecidas. Estos rangos fueron: 0-30; 30-50 y 50-100 metros, respectivamente.

A partir de los datos de área bajo la curva para cada repetición y distancia establecida se realizó el análisis de varianza, realizando la separación de medias a través de Tukey al 10%, bajo el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS versión 9.4.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EXPERIMENTO 1

En la Tabla No. 5 se presenta la cantidad de trazador total acumulado (como área bajo la curva), no se aprecian diferencias significativas entre los tratamientos (tamaño de gota). En este sentido tampoco se puede decir que hubo una tendencia (p-valor 0.26), pero si numéricamente dio 13% mayor la deriva de generada por la gota fina con respecto a la gota media y un 12% más la gota fina con respecto a la gota extremadamente gruesa.

Esto no es consistente con lo indicado por Boffano et al. (2020) quienes encontraron que el tamaño de gota fue uno de los principales factores determinantes de la deriva.

Tabla 5.

Deriva total acumulada a los 100 m según tamaño de gota, Experimento 1

Tamaño de gota	Total, acumulado hasta los 100 m	
Gota fina	344.9	A
Gota media	298.1	A
Gota extremadamente gruesa	304.3	A

Como puede verse en la Tabla No. 6 en las únicas distancias que se aprecian diferencias significativas entre tratamientos es en los últimos 50 metros de deriva, en distancias menores los tratamientos no se diferenciaron estadísticamente entre sí, aunque si continúa esa tendencia de que las gotas finas se presentan como las que se desplazaron mayormente del área objetivo. Estos resultados difieren con los obtenidos en el trabajo de Bueno et al. (2016), donde encontraron que en los primeros 50 metros hubo diferencias significativas en relación al tipo de boquilla. Si bien a los 15 metros la deriva de gota fina fue mayor en relación a gotas de tamaño grueso y extremadamente grueso, sin embargo, en el intervalo de 17.5 a 50 metros de distancia del objetivo, no se diferenciaron estadísticamente la deriva para los diferentes tamaños de gota.

Tabla 6.

Deriva acumulada según tamaño de gota para las diferentes distancias seleccionadas, Experimento 1

Tamaño de gota	30 metros		30-50 metros		50-100 metros	
Gota fina	308.9	A	11.7	A	24.3	A
Gota media	277.2	A	5.8	A	15.1	B
Gota extremadamente gruesa	280.2	A	8.1	A	16	B

4.2. EXPERIMENTO 2

Para este caso efectivamente se encontraron diferencias significativas entre los tamaños de gotas, tal como se aprecia en la Tabla No. 7 la gota fina fue la que produjo efectivamente mayor deriva frente a la gota media y extremadamente gruesa, las cuales entre sí no se diferenciaron. Esto es coincidente con autores como Cunha (2008) quien refiere a que, a menores tamaños de gotas, menor peso de las mismas y por ende mayor deriva.

Tabla 7.

Deriva total acumulada a los 100 m según tamaño de gota, Experimento 2

Tamaño de gota	Total, acumulado	
Gota fina	396.8	A
Gota media	317.3	B
Gota extremadamente gruesa	298.4	B

A diferencia del experimento 1 se constató que la diferencias entre tratamientos para este experimento están explicadas por diferencias en deriva en los primeros 30 metros de colecta del trazador (Tabla 8). Cabe destacar que si bien en el resto de las distancias (30-50 y 50-100 metros) no se encontraron diferencias estadísticas, si se mantiene la tendencia por parte de la gota fina a presentar mayor deriva que el resto.

Estos resultados difieren con los de González et al. (2020) quienes a partir de los 50 metros no encontraron diferencias significativas entre tratamientos, mientras que en este caso las diferencias dejaron de existir a partir de los 30 metros.

Tabla 8.

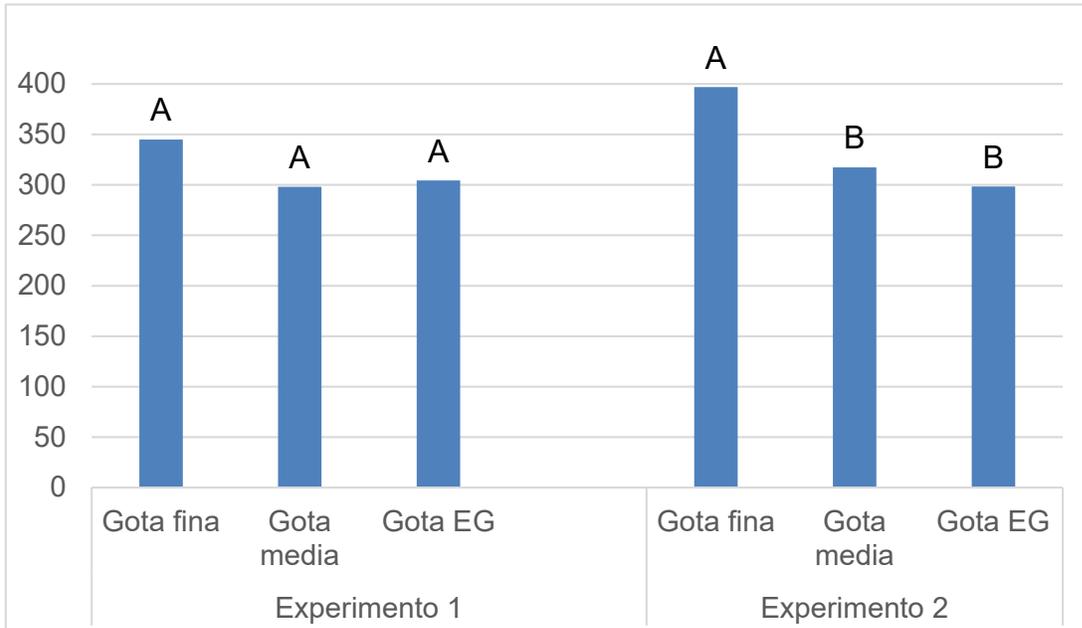
Deriva acumulada según tamaño de gota y distancias seleccionadas, Experimento 2

Tipo de boquilla	30 metros		30-50 metros		50-100 metros	
Gota fina	368.95	A	20.34	A	25.83	A
Gota media	296.88	B	7	A	13.37	A
Gota extremadamente gruesa	278.64	B	5.28	A	14.51	A

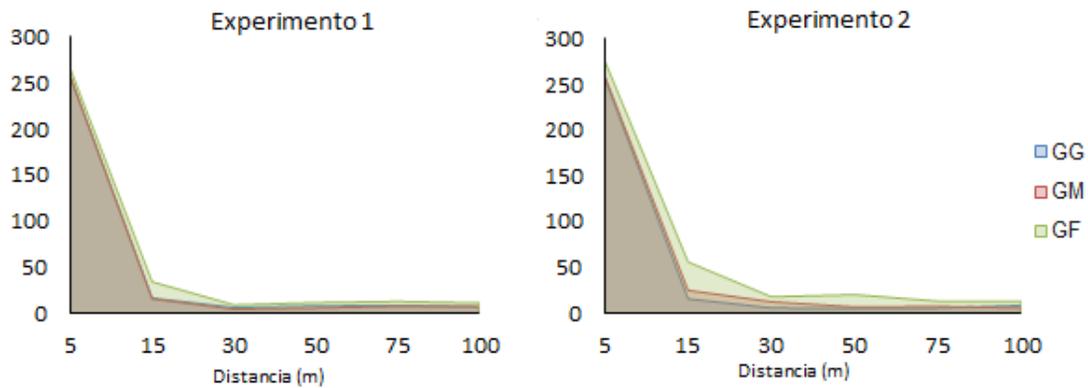
En las Figuras No. 5 y 6 se presentan la deriva total acumulada hasta los 100 m, y la cantidad de trazador para cada distancia evaluada respectivamente en ambos experimentos, cabe destacar que estos no pueden ser comparados entre si ya que cada uno de ellos tiene las combinaciones de dos variables, como ser altura de varal y el efecto de velocidad de viento, efectos que no pueden ser separados individualmente y son trascendentes en la generación de deriva. De los dos experimentos el único que mostró diferencias significativas en la deriva total acumulada para el tamaño de gota fue el experimento No. 2 en el cual las gotas medias y extremadamente gruesas determinaron 20 y 25% menos de deriva respectivamente, que la gota fina y sin diferencias entre ellas. Esto fue coincidente con el trabajo de González et al. (2020), realizado en condiciones y con metodología similares. Para el caso de experimento No. 1 si bien no se encontraron diferencias significativas la disminución de la deriva fue del 14 y 12% para gotas Medias y Extremadamente gruesas, respectivamente. La magnitud de los efectos reductores de deriva seguramente estuvo relacionado a las condiciones de velocidad de viento en cada experimento, ya que en el experimento 2, el promedio fue de 9 km/h, mientras que en el experimento 1 fue de 4.5 km/h. Y también a la altura de barra, porque en el experimento 2 la altura fue de 1.20 m comparado a 0.8 m del experimento 1. A pesar de no poder comparar estadísticamente los resultados, se confirmó que el tamaño de gota disminuyó la deriva generada y que la magnitud del efecto depende de los otros factores que condicionan la ocurrencia de deriva.

Figura 5.

Deriva total acumulada a los 100 metros para cada experimento según tamaño de gota

**Figura 6.**

Cantidad de trazador recolectado para cada distancia evaluada



5. CONCLUSIONES

Las conclusiones derivadas del objetivo planteado se restringen a las condiciones ambientales que se dieron durante los experimentos.

Para el caso del experimento número 1 se evidenciaron menores condiciones predisponentes a la ocurrencia de deriva que para el experimento número 2, puesto que en este último la altura de varal, la velocidad del viento y la variabilidad fue mayor. Bajo estas condiciones, el uso de tecnologías de aplicación como utilizar una boquilla de gota media (TT110015) o extremadamente gruesa (AI110015) tuvo un impacto significativo en comparación a condiciones menos favorables. Donde la reducción de la deriva fue de un 25% por el uso de tamaño de gota media o extremadamente gruesa.

Visto los resultados y aunque no se llegó a evaluar las distancias que exige la normativa nacional, ya que se evaluaron hasta 100 metros se cree pertinente que se continúen realizando evaluaciones al respecto.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Bianchi, C., & Snoeck, M. (2009). *Ciencia, tecnología e innovación en Uruguay: Desafíos estratégicos, objetivos de política e instrumentos: Propuesta para el PENCTI, 2010-2030*. <https://www.anii.org.uy/upcms/files/listado-documentos/documentos/libro-cti-anivelsect.pdf>
- Boffano, E., Chinazzo, J., & Schopfer, G. (2020). *Evaluación de tecnología de aplicación en la efectividad de flumioxazin* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/28979>
- Bueno, M. R., Cunha, J. P. A. R., Naves, M. G., & Tavares, R. M. (2014). Deposição de calda e controle de plantas daninhas empregando pulverizador de barra convencional e com barra auxiliar, em volumes de calda reduzidos. *Planta Daninha*, 32(2), 447-454. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582014000200023>
- Bueno, M. R., Cunha, J. P. A. R., & Santana, D. G. (2016). Drift curves from spray applications on common bean crop. *Ciência e Agrotecnologia*, 40(6), 621-632. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542016406016716>
- Bulacio, L., Sarubbi, C., Panelo, M. S., & Etiennot, A. (2005). Pastillas pulverizadoras: Análisis de deriva. En M. Bogliani & J. Hilbert (Eds.), *Aplicar eficientemente los agroquímicos* (pp. 56-60). INTA.
- Campos, J., Gallart, M., Llop, J., Salcedo, R., Ortega, P., Armengol, E., & Gil, E. (2019). Comprobación de un sistema de aplicación variable basado en mapas de vegetación obtenidos con un vehículo aéreo no tripulado (UAV). En F. J. García-Ramos & P. Martín-Ramos (Eds.), *X Congreso Ibérico de Agroingeniería: Libro de actas* (pp. 382-389). Universidad de Zaragoza. <https://doi.org/10.26754/uz.978-84-16723-79-9>
- Celen, I. H., & Onler, E. (2011). Reducing spray drift. En M. Stoytcheva (Ed.), *Reducing spray drift pesticides in the modern world: Pesticides use and management* (pp. 149-166). IntechOpen.
- Cunha, J. P. A. R. (2008). Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(5), 1616-1621.

- Cunha, J. P. A. R., & Alves, G. S. (2009). Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. *Interciencia*, 34(9), 655-659.
- Cunha, J. P. A. R., & Carvalho, W. P.A. (2010). Tecnología de aplicación de agroquímicos por vía aérea. En J. C. Magdalena, B. Castillo Herrán, A. Di Prinzio, I. Homer Bannister, & J. Villalba (Eds.), *Tecnología de aplicación de agroquímicos* (pp. 157-168). INTA.
- Cunha, J. P. A. R., Teixeira, M. M., Coury, J. R., & Ferreira, L. R. (2003). Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. *Planta Daninha*, 21(2), 325-332.
- Dal Magro, T., Agostinetti, D., Pinto, J. J. O., Galon, L., & Rezende, A. L. (2006). Efeito de deriva simulada de herbicida inibidor de ALS nos componentes da produtividade do arroz irrigado. *Planta Daninha*, 24(4), 805-812.
- Dexter, A. G. (1993). *Herbicide spray drift*. North Dakota Sate University Extension Service.
<https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/3067/126dex93.pdf?sequence=1>
- Dirección General de Servicios Agrícolas. (2004, 14 de mayo). *Resolución S/N/004 del 14 de mayo de 2004 de la MGAP/DGSA: Distancias para aplicaciones en cercanías a centros poblados*. MGAP. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/institucional/normativa/resolucion-sn004-del-14-mayo-2004-mgapdgsa-distancias-para-aplicaciones>
- Dirección General de Servicios Agrícolas. (2008, 27 de febrero). *Resolución N° 129/008 DGSA -27/02/2008- Distancias de aplicaciones en cercanías a corrientes de agua*. MGAP. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/institucional/normativa/resolucion-n-129008-dgsa-27022008-distancias-aplicaciones-cercanias#:~:text=Corrientes%20de%20Agua-.Resoluci%C3%B3n%20N%C2%B0%20129%2F008%20DGSA%20%2D27%2F02%2F_cercan%C3%ADas%20a%20corrientes%20de%20agua&text=Se%20estab%20lecen%20distancias%20m%C3%ADnimas%20para,y%2010%20para%20las%20t%20errestres

- El uso de agroquímicos cayó 29% en los últimos años.* (2019, 11 de setiembre). MGAP.
<https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/noticias/uso-agroquimicos-cayo-29-ultimos-anos>
- Etiennot, A., & Piazza, A. (2010). Buenas prácticas de aplicación en cultivos extensivos: Distancias a zonas urbanas: Criterios y soluciones. *Acta Toxicológica Argentina*, 18(2), 40-53.
- Farooq, M., Balachandar, R., Wulfsohn, D., & Wolf, T. (2001). PA- Precision Agriculture: Agricultural Sprays in cross-flow and drift. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 78(4), 347-358.
- González, C., Muniz, M., & Terra, M. (2020). *Evaluación de la deriva generada por diferentes boquillas de aplicación* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibri.
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/37646>
- Green, J., & Cahill, W. (2003). Enhancing the biological activity of nicosulfuron with silicone adjuvants and ph adjusters. En G. C. Volgas, R. A. Downer, & H. B. Lopez (Eds.), *Pesticide formulations and application systems: 23rd volume* (pp. 115-124). ASTM.
- Guía del usuario de boquillas de pulverización.* (2004). TeeJet.
<http://www.aerocampo.com/pdf/guia-del-pulverizador.pdf>
- Hernández, L. G. (2019). *Influencia de la velocidad de avance y la lubricación en el acabado superficial en un proceso de cilindrado.* 3Ciencias.
<http://dx.doi.org/10.17993/IngyTec.2019.56>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria & Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (s.f.). *Mayor rendimiento y un ahorro de hasta el 90% de herbicida con el uso de sensores de malezas.*
- Johnson, M., & Swetnam, L. (1996). *Sprayer nozzles: Selection and calibration.* University of Kentucky.
- Kogan, M., & Pérez, J. (2003). *Herbicidas: Fundamentos fisiológicos y bioquímicos de acción.* Universidad Católica de Chile.

- Leiva, P. (1995). *Manejo de la deriva en la aplicación de agroquímicos*. INTA.
https://aws.agroconsultasonline.com/ticket.html/Microsoft%20Word%20-%20Deriva%20en%20Aplicacion%20de%20Agroquimicos.pdf?op=d&ticket_id=267&evento_id=542
- Leiva, P. (2007, 18 de noviembre). *Calidad de aplicación de plaguicidas* [Contribución]. I Jornada de Control Químico de Enfermedades de Trigo, Pergamino.
https://aws.agroconsultasonline.com.ar/ticket.html/calidad%20de%20aplicacion%20-%20CIMMyT.pdf?op=d&ticket_id=4371&evento_id=8931
- Ley nº 13.640: *Ley de presupuesto nacional de sueldos, gastos e inversiones*. (1968). IMPO. <https://www.impo.com.uy/bases/leyes-originales/13640-1967/137#:~:text=Art%C3%ADculo%20137,de%20venta%2C%20composici%C3%B3n%20y%20destino>
- Madrigal, M., Benoit, P., Barriuso, E., Réal, B., Dutertre, A., & Moquet, M. (2007). Retención de plaguicidas en zonas amortiguadoras: Caso del isoproturon. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 8(1), 35-43.
- Masiá, G., & Cid, R. (2010). Las boquillas de pulverización. En J. C. Magdalena, B. Castillo Herran, A. Di Prinzio, I. Homer Bannister, & J. Villalba (Eds.), *Tecnología de aplicación de agroquímicos* (pp. 77-88). INTA.
- MGAP recibió 21 denuncias por uso incorrecto de agroquímicos en lo que va del año. (2021, 29 de agosto). *La Diaria*.
<https://ladiaria.com.uy/ambiente/articulo/2021/8/mgap-recibio-21-denuncias-por-uso-incorrecto-de-agroquimicos-en-lo-que-va-del-ano/>
- Nordby, A., & Skuterud, R. (1975). The effects of boom height, working pressure and wind speed on spray drift. *Weed Research*, 14(6), 385-395.
- Ocampo, N. M., & Godoy, J. (2019). *Caracterización del espectro de gotas en pulverizaciones terrestres* [Trabajo final de grado, Universidad Nacional de Córdoba]. RDU.
<https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/18921/Ocampo,%20Nicol%C3%A1s%20M.%20-%20Caracterizaci%C3%B3n%20del%20espectro%20de%20gotas%20en%20pulverizaciones%20terrestre.pdf?sequence=1>
- Ozkan, H. E. (2000). *Reducing spray drift*. Ohio State University Extension.

Palladini, L., Raetano, C., & Velini, E. (2005). Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. *Scientia Agricola*, 62(5), 440-445.

Pesticide Environmental Stewardship. (s.f.). *Understanding droplet size*.

<https://pesticidestewardship.org/pesticide-drift/understanding-droplet-size/>

Somoza, A., Vázquez, P., & Zulaica, L. (2018). Implementación de buenas prácticas agrícolas para la gestión ambiental rural. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 44(3), 398-423.

Spadotto, C. A. (2006). Influência das condições meteorológicas no transporte de agrotóxicos no ambiente. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Meteorologia*, 30(1), 15-20.

Sumner, P. (1997). *Reducing spray drift*. University of Georgia.

<https://esploro.libs.uga.edu/esploro/outputs/9949316074702959?institution=01GALLIUGA&skipUsageReporting=true&recordUsage=false#file-0>

TeeJet technologies. (2011). *Catálogo 51A-ES*. Spraying Systems Company.

<https://www.teejet.com/es-es/-/media/dam/agricultural/europe/sales-material/catalog/cat51a-es.pdf>

Tewari, V., Muralikrishna, R., & Pandya, A. (1998). *Performance evaluation and computer aided design of valve type hollow cone nozzles*. ASAE.

Tomasoni, M. (2013, 19 de noviembre). *Generación de derivas de plaguicidas*. Red

Universitaria de Ambiente y Salud. <https://reduas.com.ar/generacion-de-derivadas-de-plaguicidas/>

Villalba, J., & Hetz, E. (2010). Deriva de productos agroquímicos: Efecto de las condiciones ambientales. En J. C. Magdalena, B. Castillo Herrán, A. Di Prinzio, I. Homer Bannister, & J. Villalba (Eds.), *Tecnología de aplicación de agroquímicos* (pp. 45-54). INTA.

Wolf, T. (2009). Best management practices for herbicide application technology. *Prairie*

Soils and Crops Journal, 2, 24-30. <https://prairiecca.ca/articles/volume-2-4-screen.pdf>