

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE LA DERIVA GENERADA POR DIFERENTES
BOQUILLAS DE APLICACIÓN

por

Christian GONZÁLEZ
Mario MUNIZ
Mario TERRA

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO
URUGUAY
2020

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Juana Villalba

Dr. Juan José Olivet

Dr. Alejandro García

Fecha: 29 de octubre de 2020

Autores: -----

Christian González

Mario Muniz

Mario Terra

AGRADECIMIENTOS

A nuestra directora de tesis Ing. Agr. Juana Villalba por su apoyo y dedicación durante la realización de esta tesis y su paciente disposición frente a los inconvenientes que se nos plantearon en el transcurso.

Al personal de INIA La Estanzuela por su colaboración con el trabajo de campo y recolección de datos.

A nuestras familias por el apoyo a lo largo de toda la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. DERIVA.....	3
2.2. PARÁMETROS QUE AFECTAN LA DERIVA.....	5
2.2.1. <u>Boquillas</u>	5
2.2.2. <u>Presión de trabajo</u>	6
2.2.3. <u>Velocidad de avance</u>	7
2.2.4. <u>Tamaño de gota</u>	7
2.2.5. <u>Altura de la barra de pulverización</u>	9
2.2.6. <u>Condiciones ambientales</u>	9
2.3. ZONA BUFFER O DE AMORTIGUAMIENTO.....	10
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	12
3.1. LOCALIZACIÓN.....	12
3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.....	13
3.3. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....	14
3.3.1. <u>Condiciones meteorológicas experimento 1</u>	16

3.3.2. <u>Condiciones meteorológicas experimento 2</u>	16
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	17
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	18
4.1. EXPERIMENTO 1.....	18
4.2. EXPERIMENTO 2.....	21
4.2.1. <u>Deriva generada por tipo de boquilla y distancia</u>	21
4.3. DERIVA GENERADA EN MÁSTILES A DIFERENTES ALTURAS...	27
5. <u>CONCLUSIONES</u>	28
6. <u>RESUMEN</u>	30
7. <u>SUMMARY</u>	31
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	32

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción técnica de las boquillas utilizadas.....	13
2. Resumen de las condiciones meteorológicas en cada tratamiento.....	16
3. Detalle de los tratamientos respecto a las condiciones meteorológicas promedio en el horario de aplicación.....	17
4. Varianza de los resultados de colecta de azul brillante en cada distancia.....	22
5. Análisis de varianza de los factores principales.....	22
6. Azul brillante ($\mu\text{g}/\text{muestra}$) colectado en las distintas distancias y porcentaje de reducción para las 3 boquillas evaluadas.....	24
7. Análisis de varianza de la deriva en diferentes alturas.....	27
 Figura No.	
1. Área experimento 1 (rastreo de avena).....	12
2. Área experimento 2 (rastreo de soja).....	12
3. Boquillas utilizadas (XR 110015, TT 110015, AI 110015).....	13
4. Croquis de aplicación.....	15
5. Curva de azul brillante de experimento 1 a distintas concentraciones...	16
6. Azul brillante colectado en las distintas distancias y para los 3 tratamientos evaluados.....	19

7. Coeficientes de variación de cada tratamiento según distancia de evaluación.....	20
8. Cantidad de trazador ($\mu\text{g}/\text{muestra}$) colectado en cada tratamiento en promedio.....	21
9. Promedio de deriva calculada como porcentaje de lo aplicado.....	23
10. Cantidad de trazador ($\mu\text{g}/\text{muestra}$) colectado desde la distancia de 1 m a 15m.....	25
11. Cantidad de trazador ($\mu\text{g}/\text{muestra}$) colectado desde la distancia de 50 m a 300m.....	26
12. Cantidad de trazador ($\mu\text{g}/\text{muestra}$) colectado en cada tratamiento en promedio para las 2 alturas.....	27
13. Cantidad de trazador ($\mu\text{g}/\text{muestra}$) colectado por boquilla en cada altura.....	28

1 INTRODUCCIÓN

El cuidado del medio ambiente en los últimos tiempos está siendo de mayor preocupación por la sociedad, se está poniendo más énfasis en el impacto que tiene el uso de productos fitosanitarios en los ecosistemas y también la incidencia que pueda tener en centros urbanos por la llegada de productos por la ocurrencia de deriva de las aplicaciones. La normativa respecto a los límites urbanos, que considera exclusivamente como factor de protección, las actuales distancias de aplicación a los centros urbanos, profundiza las discusiones en torno a posibles casos de contaminación causada por el uso de fitosanitarios, la población percibe las prácticas actuales de manejo de agroquímicos como un riesgo potencial para la salud (MAGyP, 2013).

Para producir alimentos de forma estable la utilización de fitosanitarios es fundamental. Los sistemas agrícolas necesitan perfeccionar y sobre todo implementar prácticas agronómicas eficientes y seguras siguiendo estrictas normas de calidad. Pulverizaciones incorrectas pueden afectar de diferentes maneras el entorno del cultivo, ocasionando daños por deriva a zonas aledañas.

La deriva puede ocurrir con cualquier aplicación, pero evidentemente es más visible cuando se trata de herbicidas. Pero el daño a plantas no objetivo varía considerablemente según el herbicida y según las plantas no objetivo. Según Dexter (1993), en general el riesgo de daño por deriva está directamente relacionado al nivel de susceptibilidad de las plantas no objetivo al herbicida aplicado.

Para levantar esta limitante en la producción agrícola, siendo que es un punto débil e ineficiente, es necesario incentivar la capacitación permanente de los aplicadores a fin de maximizar beneficios y minimizar riesgos derivados de dicha actividad.

Además de las buenas prácticas agrícolas, la instalación de zonas buffer o de amortiguamiento es una de las soluciones propuestas para minimizar la posibilidad de contaminación de zonas sensibles. Pero éstas deberían considerar además otros factores que afectan el proceso de deriva, entre ellas, las tecnologías de aplicación.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la deriva producida por la aplicación de tres tipos de boquillas (XR110015, TT110015, AI110015) que generan tamaños de gota diferentes. De forma de ajustar la distancia de amortiguamiento necesaria (zona buffer), para contribuir a la discusión de factores a considerar para minimizar el daño a áreas linderas a la aplicación y de la normativa actual en relación a las distancias de aplicación a zonas sensibles.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 DERIVA

La deriva es uno de los principales factores que afectan la cantidad de producto que llega al área/plantas objetivo, llevando al aumento del número de aplicaciones o de la dosis del producto. A continuación, se presentan algunas definiciones sobre el concepto de deriva.

La deriva se define como la cantidad de ingrediente activo que proviene de las boquillas encontrada fuera de la zona de aplicación (Combella, 1982). Esta pérdida de producto puede ser en forma de gotas, partículas secas o vapor durante o después de la aplicación, que son llevadas por el viento hacia un objetivo diferente del prefijado (la plaga o enfermedad). El volumen de esta deriva dependerá del tamaño de las gotas producidas, de la velocidad del viento, de la temperatura, la humedad relativa y la velocidad de avance de la pulverizadora. La dirección del viento invariablemente fijará la dirección de la misma (Cid, 2014)

Según American Society of Agricultural Engineers, se denomina deriva al desplazamiento de la aspersión (de un agroquímico) fuera del blanco, determinado por transporte de masas de aire o por falta de adherencia. Por su parte, la National Coalition on Drift Minimization de Estados Unidos, la define 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 (Tomasoni, 2013).

Algunas de las consecuencias asociadas con la deriva pueden ser daños a cultivos sensibles, riesgos para la salud de personas y animales, contaminación por altos niveles de residuos en cosechas, sub dosis de aplicación (ineficaz tratamiento, repetición de aplicaciones, reducción de rendimientos y aumento de costos), etc.

En muchos casos, la falta de conocimiento técnico sobre la tecnología de aplicación y del producto se ha traducido en un problema, causando inconvenientes con respecto a la fitotoxicidad y la contaminación del medio ambiente, principalmente debido a la deriva (Cunha et al., 2016).

Con una sociedad cada vez más preocupada, lo que no quiere decir correctamente informada, por los temas ambientales, son múltiples los autores

que, con información científica, han detectado y comprobado los problemas potenciales ocasionados por este tema. Las gotas pulverizadas pueden contaminar áreas no deseadas y causar consecuencias serias, incluyendo daño a los cultivos adyacentes sensibles a los productos, la contaminación del medio ambiente, riesgos para la salud de personas y animales (Nuyttens et al., 2010).

Los tratamientos fitosanitarios, además de ser una parte considerable de los costos de producción, son también una de las etapas principales del proceso de producción de cualquier cultivo. Uno de los problemas más comunes durante su aplicación está relacionada con la dispersión de los pesticidas (Bueno et al., 2017).

Se estima que casi el 10% de lo que se aplica en cultivos anuales se pierde en las áreas circundantes, contaminando las aguas subterráneas y superficiales, el suelo y el aire. Pudiendo alcanzar hasta un 80% de pérdida (Maski y Durairaj, 2010).

Según Massaro (2013), es necesario considerar que la deriva puede ser interna en el lote o cultivo pulverizado (endoderiva) o externa al mismo (exoderiva). Este último tipo de deriva preocupa cuando se causa algún daño directo (fitotoxicidad a otros cultivos) o se afecta la salud de animales o personas a los que llega un plaguicida. Muchas veces en las pulverizaciones se produce exoderiva, pero el producto utilizado no permite visualizar fácilmente su efecto (insecticidas, fungicidas), en cambio los herbicidas son los más fácilmente asociados con la exoderiva.

Dexter (1993), indica que la deriva puede ocurrir con cualquier herbicida. Sin embargo, el riesgo de daño de plantas no objetivo varía considerablemente según el herbicida y según las plantas no objetivo. En general el riesgo de daño por deriva está directamente relacionado al nivel de susceptibilidad de las plantas no objetivo y al herbicida aplicado.

Actualmente, tres procedimientos internacionales son reconocidos para mediciones de deriva y estos se describen en protocolos específicos que se resumen a continuación.

ISO 22856: protocolo estándar para la evaluación de deriva en túnel de viento bajo condiciones controladas en laboratorio (ISO, 2008).

ISO 22866: para las mediciones de deriva bajo condiciones de campo (ISO, 2005).

ISO 22401: para la medición del potencial de dispersión de los pulverizadores de presión (ISO, 2015).

Sólo la norma ISO 22866 es totalmente dedicada a ensayos de campo. Es el único estándar capaz de evaluar gotas de todo tipo de equipos diseñados para la aplicación de plaguicidas en condiciones reales. En esta norma, se definen distancias de medición estándar que se utilizan para permitir comparar los resultados de diferentes experimentos. La aplicación de esta norma presenta grandes dificultades e insume un uso considerable de tiempo y mano de obra (Ravier et al. 2005, De Schamphelre et al. 2008, Rimmer et al. 2009), además de una gran dificultad para la obtención de una buena respetabilidad de los resultados (Ozkan y Zhu 1998, Van de Zande et al. 2000, Balsari et al. 2006). El estándar actual para la medición de la deriva (ISO, 2005) incluye requisitos muy restrictivos, especialmente en términos de velocidad y dirección del viento. La norma indica que la temperatura durante la aplicación debe estar entre 5 y 35 °C, la velocidad mínima del viento debe ser 1,0 m.s⁻¹, y la dirección del viento debe estar dentro de un 90 °C ± 30 °C grados respecto a la línea de pulverización.

2.2 PARÁMETROS QUE AFECTAN LA DERIVA

La deriva depende de varios factores, principalmente de la técnica de aplicación, tipo dosel y altura de aplicación (Holterman y Van de Zande, 2003a), las condiciones meteorológicas (Threadgill y Smith 1975, Miller 1993), las propiedades fisicoquímicas del líquido de pulverización (Miller y Butler Ellis, 2000).

Como ya se señaló, la deriva está afectada por diferentes factores incluyendo: el tamaño de las gotas, la humedad relativa ambiente, la temperatura y los vientos. De estos factores, el único controlable es el primero. Existen varias alternativas para regular el tamaño de gotas, utilizar determinados tipos de boquillas, bajar o aumentar la presión de trabajo y variar los caudales de aplicación.

2.2.1 Boquillas

La elección correcta de las boquillas es uno de los puntos más importantes para manejar la deriva dado que influyen en el tamaño de gota.

Las boquillas cuentan con una nomenclatura particular (norma ISO 10625), esta nomenclatura es la combinación de letras y números. Las letras

señalan si el chorro que produce es de cono o abanico, si tiene deflector o aire inducido. Los números (entre 5 y 6) indican ángulo y caudal. En una boquilla XR11002 por ejemplo la interpretación sería la siguiente, las letras corresponden a boquillas de abanico plano, el 110 indica el ángulo (110°) y el 02 es el caudal nominal en galones por minuto, de este modo esta boquilla tiene un caudal de 0.8 litros/minutos a 3 bar de presión. También el color de la boquilla es importante y señala su caudal, las 01 son anaranjadas, las 02 son amarillas, las 03 son azules, las 04 son rojas.

Nuyttens et al. (2017), evaluaron los efectos de la deriva debido a diferentes tipos de boquillas, presiones de trabajo, y alturas de la barra; este autor encontró que el mayor efecto para reducir la deriva se relacionó al tipo de boquilla utilizado. Además, este autor, encontró que la presión de pulverización y altura de la barra afectan la deriva de la pulverización.

La preocupación por la deriva, ha llevado a que, en el último tiempo, los fabricantes de boquillas hayan lanzado al mercado nuevas boquillas, con gran potencial anti-deriva. Se tratan de boquillas dotadas de un pre-orificio, localizado antes de la abertura para la formación del chorro, que permite la formación de gotas de mayor diámetro (Cunha et al., 2003). Utilizando estas boquillas, la presión de salida disminuye y así reduce la proporción de volumen formado por las gotas menores a $100\ \mu\text{m}$. Las boquillas que tienen un mayor potencial anti-deriva, aspiran aire gracias a un tubo Venturi incorporado a su cuerpo, introduciendo burbujas en las gotas producidas. El diámetro de las gotas originadas en este proceso es mayor que el de las formadas convencionalmente (Onorato y Tesouro, 2004).

De Schamphelire et al. (2008), mencionan que las boquillas deben utilizarse a una presión de pulverización óptima según las indicaciones de los fabricantes. Es generalmente conocido que no sólo la boquilla en sí, sino también la combinación de boquilla y la presión de pulverización determinan la deriva (Porskamp et al., 1999). Independientemente del tipo de boquilla, mayor presión significa mayor deriva.

El uso de boquillas de aire inducido proporciona una buena alternativa para la reducción de la deriva, aunque las gotas gruesas producen una menor cobertura en el objetivo, son menos propensas al desplazamiento por el viento (Holterman, 2003b).

2.2.2 Presión de trabajo

Aumentar la presión de trabajo conlleva a un mayor flujo de aplicación y además reduce el diámetro mediano de las gotas pulverizadas, dejándolas más

susceptibles a los efectos de deriva y pérdida por evaporación. Aumentar la presión es una práctica común y recomendada para ampliar la cobertura de gotas sobre las hojas, esto es una eficaz manera de aumentar el número de las gotas producidas, aunque muchas veces los agricultores utilizan el mismo tipo de boquilla para varias actividades. Un aumento de la presión reduce el diámetro mediano de ellas, pero las hace más propensas a la deriva y a las pérdidas por evaporación (Viana et al., 2010). Reducir la presión de pulverización de 0,3 a 0,2 MPa disminuye la deriva, mientras que el aumento de presión de pulverización de 0,3 a 0,4 MPa tiene el efecto contrario y la deriva aumenta (Threadgill y Smith, 1975).

Ensayos realizados por Gandolfo et al. (2014) en túnel de viento con dos tipos de boquillas, AXI 110015 y AXI 11002, encontraron que independientemente de la boquilla, un aumento en la presión de trabajo aumentó el porcentaje deriva de la pulverización en todas las distancias (5, 10 y 15 m)

2.2.3 Velocidad de avance

De Schamphelire et al. (2008), aseguran que la disminución de la velocidad de avance del tractor de 8 a 4 km/h reduce la deriva y dicha disminución puede llegar hasta un 50%. Por otro lado, estos mismos autores indican que el aumento de la velocidad de avance del pulverizador de 8 a 10 km/h provoca aumento de la deriva de la pulverización y que aumentar la velocidad de avance causa más deriva en largas distancias. Una posible explicación es que la velocidad de avance más alta crea turbulencia debajo de la barra de aplicación lo que causa una fracción de gotas finas que quedan suspendidas en el aire y fluye a mayores distancias.

El aumento de las velocidades de trabajo puede hacer que el producto pulverizado se desvíe hacia las corrientes de viento ascendentes y los vórtices detrás del pulverizador, lo cual atrapa las gotas finas y puede contribuir a la deriva. A medida que la velocidad del viento aumenta, se recomienda reducir la velocidad de trabajo.

2.2.4 Tamaño de gota

Una de las formas de controlar deriva es trabajar con el tamaño de gota. Un aumento de 26% en el tamaño de gota, genera que el peso de la misma se duplique, esto se consigue cambiando el tipo de boquilla o disminuyendo la velocidad de avance, para mantener el volumen (L/hectárea)

se debe disminuir la presión de trabajo, obteniendo gotas más grandes (Frola, 2013).

La eficiencia de una aplicación está vinculada con el tamaño de la gota del agroquímico aplicado, gotas de menor tamaño optimizan la cobertura lograda, mientras que gotas de mayor tamaño, disminuyen la influencia del viento que provoca deriva y evaporación. Existen diferentes métodos para producir gotas grandes: utilizar determinados tipos de boquillas, bajar la presión de trabajo y utilizar altos caudales de aplicación. Sin embargo, siempre habrá una fracción susceptible a la deriva.

El tamaño de gotas tiene un gran impacto en la deriva y se ha encontrado que puede ser más importante que la velocidad del viento (Combella 1982, Bird et al. 1996). Del mismo modo, las pérdidas pueden reducirse mediante la selección de los sistemas de aplicación, que producen grandes tamaños de gota por diseño de la boquilla y la presión del líquido es reducido (Frank et al., 1994).

La mayoría de las boquillas agrícolas pueden clasificarse, según las normas ASAE S-572, como productoras de gotas extremadamente finas (< 60), muy finas (61 a 144 micras), finas (145 a 235 micras), medianas (236 a 340 micras), gruesas (341-403 micras), muy gruesas (404 a 502 micras) o extremadamente gruesas (503 a 665 micras) y ultra gruesas (> 665). Generalmente, se elige una boquilla de gotas gruesas o muy gruesas para reducir al mínimo la deriva de la pulverización, mientras se requiere una boquilla de gotas finas para obtener máxima cobertura de la superficie de la planta objetivo.

Según Cunha et al. (2003), varios investigadores consideran que las gotas inferiores a 100 micras pueden contribuir a la deriva, ya que son fácilmente transportadas por el viento, las partículas inferiores a 50 micrones quedan suspendidas en el aire hasta que se evaporan. Cuanto más pequeño el tamaño de la boquilla y mayor la presión de pulverización, más pequeñas son las gotas y por ende mayor la proporción de las gotas con tendencia a la deriva. Si se reduce el porcentaje de gotas menores a 150 micrones, el efecto de las condiciones climáticas sobre la deriva se reduce considerablemente.

Etiennot y Piazza (2010) mencionan que, para disminuir el riesgo de deriva todos los actores de la cadena deben actuar y respetar las normas, tanto el formulador de un agroquímico que debe especificar para cada tipo de aplicación el tamaño de gotas y el aplicador que deberá respetar dicho compromiso.

2.2.5 Altura de la barra de pulverización

Trabajando sobre la deriva según la altura de pulverización, De Schampheleire et al. (2008), obtuvieron reducciones de deriva al reducir la altura de la barra de pulverización de 0,5 a 0,3 m en el orden de 86% mientras tanto el aumento de la altura del varal de 0,5 a 0,75 m produjo grandes consecuencias en el aumento deriva, llegando a valores de 127.7 %.

Como una tendencia general, el aumento de la altura de la barra de pulverización, aumenta la susceptibilidad a producirse deriva (Miller y Butler Ellis, 2000).

2.2.6 Condiciones ambientales

Varios son los factores que afectan la deriva durante la aplicación de fitosanitarios, y entre ellos, las condiciones ambientales y meteorológicas son muy importantes (Baetens et al. 2007, Gil et al. 2014).

Frola (2013), indica que una vez sale la gota del aspersor, se enfrenta al ambiente (temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento).

Generalmente, la deriva se puede reducir significativamente mediante pulverización a baja velocidad del viento, a baja temperatura, con baja turbulencia, en los momentos de baja radiación del sol y a alta humedad relativa. Nuyttens et al. (2007), constataron a partir de 27 aplicaciones simuladas de fitosanitarios realizadas a campo que la deriva se redujo a medida que el viento y la temperatura disminuían y aumentaba la humedad relativa.

Según Costa et al. (2007), existe una relación lineal entre deriva y velocidad del viento, un aumento de este último de 7,2 km/h a 14,4 y 21,6 km/h incrementó la deriva para 14 boquillas de tipo abanico plano convencional, pre orificio y aire inducido. El aumento de la velocidad del viento incrementa la deriva. A medida que las velocidades del viento son mayores, se deberá reducir la presión de pulverización y modificar la boquilla para obtener gotas más grandes que son menos propensas a la deriva.

Con una temperatura ambiente mayor a 25°C, y humedad relativa baja, las gotas pequeñas son especialmente propensas a la deriva debido a los efectos de la evaporación.

Threadgill y Smith (1975), señalan que si la pulverización se realiza en condiciones de alta velocidad del viento (5.24 m.s^{-1} y 6.21 m.s^{-1}), alta temperatura (temperatura media 26° C) y baja humedad relativa (RH media

58,5%), se produce entonces más deriva que cuando se lleva a cabo la pulverización en condiciones atmosféricas favorables de baja velocidad del viento (1.09 m.s^{-1} y 1.11 m.s^{-1}), baja temperatura (temperatura media 14° C) y alta humedad relativa (RH media 87,6%).

Debido a lo expresado anteriormente, existen diferentes combinaciones de temperaturas y humedades relativas que son óptimas para realizar pulverizaciones. Si estas no son adecuadas no conviene aplicar (Etiennot y Piazza, 2010).

2.3 ZONA BUFFER O DE AMORTIGUAMIENTO

Una de las soluciones encontradas por algunos países para evitar problemas resultantes de contaminación ambiental causada por la deriva es la creación de zonas de seguridad conocidas como "zonas de amortiguamiento" o "zonas buffer".

Según Cunha (2008), este término se refiere a una franja de vegetación libre de la aplicación de plaguicidas, que sirve para proteger las zonas sensibles, tales como los cuerpos de agua. No hay ningún valor estándar indicativo de riesgo de deriva o aplicación segura, la extensión de esta banda es variable y depende de las condiciones de aplicación (Cunha et al., 2003).

La extensión de la zona buffer, depende de las características del medio (presencia de cursos de agua, urbanizaciones), el producto aplicado entre otros (Etiennot y Piazza, 2010).

En el Reino Unido, se introdujo en 1999 un esquema llamado "Evaluación de Riesgo Ambiental Local para plaguicidas" (LERAP, 2001), que prevé zonas de amortiguación de pulverización de 5 m a cursos de agua y son obligatorios para todos los productos.

Para las referencias de pulverización citadas en párrafos anteriores en condiciones atmosféricas favorables, Threadgill y Smith (1975), encontraron una zona de amortiguamiento de 2 m suficiente para la protección de organismos acuáticos. Cuando la pulverización de referencia se llevó a cabo bajo malas condiciones climáticas, se necesita una zona de 11 m.

En Uruguay existen zonas buffer para centros poblados zonas urbanas y suburbanas. La zona de exclusión para aplicaciones aéreas para todo tipo de cultivos es 500 m. Las aplicaciones terrestres para oleaginosas, forrajeras, cereales es de 300 m (MGAP, 2011). La zona buffer a corrientes naturales de agua (ríos, arroyos y cañadas) o fuentes superficiales para aplicaciones aéreas es de 30 m. y para aplicaciones terrestres es de 10 m. (MGAP, 2011) Para las

escuelas rurales las aplicaciones aéreas deben realizarse a 500 m. de distancia y las aplicaciones terrestres a 300 m. (MGAP, 2011). Estas indicaciones además deberían considerar los factores determinantes de la deriva que fueron mencionados anteriormente, como tamaño de gota, altura de la barra, presión de trabajo y condiciones meteorológicas. E incluso podría considerar el tipo de producto, como mencionan Etiennot y Piazza (2010).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

Ambos ensayos se llevaron a cabo en predio de la Estación Experimental de INIA La Estanzuela, que se encuentra ubicada en el departamento de Colonia, Uruguay. El área se encuentra a una latitud -34.3463023 y longitud -57.7218615. En el caso del primer experimento era un rastrojo de avena que había sido cortado. En el caso del segundo experimento era un rastrojo de soja, cosechada en días previos a la realización del ensayo. En ambos casos se buscó que no hubiera barreras físicas para el desplazamiento de la aplicación hacia el área de captura.



Figura 1. Área experimento 1 (rastrojo de avena)



Figura 2. Área experimento 2 (rastrojo de soja)

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

Los tratamientos en ambos experimentos fueron los mismos, la utilización de tres tipos de boquillas diferentes, boquilla XR110015, boquilla TT110015 y boquilla AI110015.

Cuadro 1. Descripción técnica de las boquillas utilizadas

Boquilla	Presión recomendada (bar)	Bar	Clasificación de tamaño de gota
XR110015	2-4	3	fina
TT110015	1-6	3	media
AI110015	2-8	3	gruesa

Fuente: Spraying Systems (2011).



Figura 3. Boquillas utilizadas (XR 110015, TT 110015, AI 110015)

La deriva de cada boquilla fue colectada en 9 distancias medidas desde el extremo del barral de aplicación, 1, 4, 7.5, 15, 50, 100, 150, 200 y 300 m.

El experimento 1 no tuvo repeticiones, ya que fueron pasadas independientes, una para cada boquilla y dentro de cada pasada se realizó la colecta de deriva en las 9 distancias evaluadas.

El experimento 2 fue planteado con diseño completo al azar con 3 repeticiones. Cada repetición fue una pasada de aplicación con cada tipo de boquilla. La forma en que se midió la deriva, incorpora al modelo la evaluación a distintas distancias, por tanto, en el análisis de las evaluaciones corresponde a un modelo en parcelas divididas. En el mismo, la parcela mayor fue la pasada de cada boquilla y la parcela menor correspondió a la distancia.

3.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La metodología utilizada fue adaptada de protocolos de ensayos de deriva a campo (ISO 2005, JKI 2013). Los datos meteorológicos fueron controlados a través de una estación meteorológica, que se ubicó a 300 m del punto de aplicación y proporcionó los datos de temperatura, humedad, velocidad del viento y la dirección del viento en el momento de la aplicación.

La aplicación se hizo en 12 m de ancho (una pasada de pulverizador) por 100 m. de longitud, realizadas perpendicularmente a la dirección predominante del viento.

El muestreo de la deriva fue perpendicular al área aplicada y las distancias de colecta de cada tratamiento fueron nueve considerando el punto 0 a 25 cm de la última boquilla. En cada distancia se colocaron diez colectores a nivel del suelo, alineados lado a lado, separados por 1 m (Figura 3). Paralelamente, se colectó la deriva a 2 alturas, 1m y 2m del suelo, en colectores adicionales que fueron colocados a los 5m de la pasada de la aplicación, en este caso fueron tres repeticiones por tratamiento.

La aplicación se llevó a cabo utilizando un pulverizador marca LASTA P800 montado en los tres puntos, con una capacidad del tanque de 800 L, 12 m de ancho de barral a 1m de altura y 24 boquillas espaciadas a 0,5 m. El volumen de aplicación fue de 100 L/ha, a una presión de 3 bar y una velocidad de avance de 8 km/h.

Para cuantificar la deriva depositada, se utilizaron colectores de plástico de 9 cm de diámetro depositados a nivel del suelo a favor del viento de la zona de aplicación.

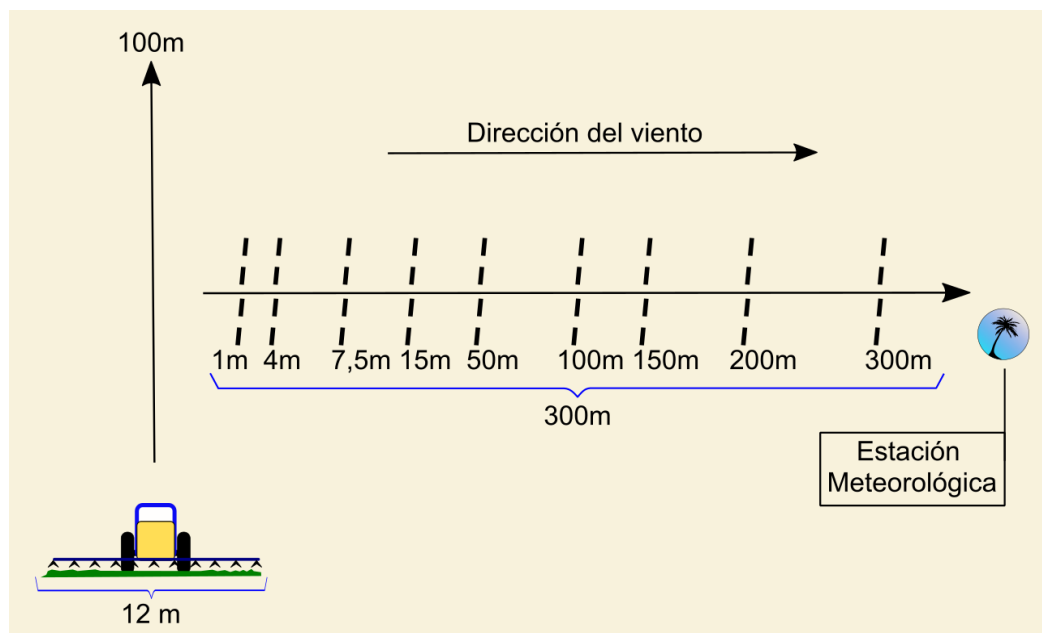


Figura 4. Croquis de aplicación

Para medir la deriva el caldo utilizado fue agua y un trazador, azul brillante (FD&C Blue No. 1) a razón de 600g cada 100 l de agua, este trazador no modifica las propiedades del caldo, no altera la tensión y presenta buena estabilidad bajo el sol (Palladini et al., 2005). Además, permite la determinación de absorbancia en espectrofotómetro a longitud de onda de 630nm.

Luego de las aplicaciones respectivas de cada tratamiento, los colectores fueron identificados y almacenados en ausencia de luz, para hacer las determinaciones de absorbancia en el laboratorio. Como procedimiento de extracción del trazador de cada muestra, los colectores se lavaron con 40 mL de agua destilada y a este residuo se le determinó la absorbancia en espectrofotómetro. Para la estimación de la cantidad de trazador, previamente se realizó una curva con concentraciones conocidas del mismo para cada experimento (Figura 5). A partir de los datos de la curva de ajuste de absorbancia para las concentraciones de trazador, se usaron los parámetros de la regresión para estimar la cantidad de trazador en cada muestra y expresarla en porcentaje de deriva con respecto a lo aplicado por área.

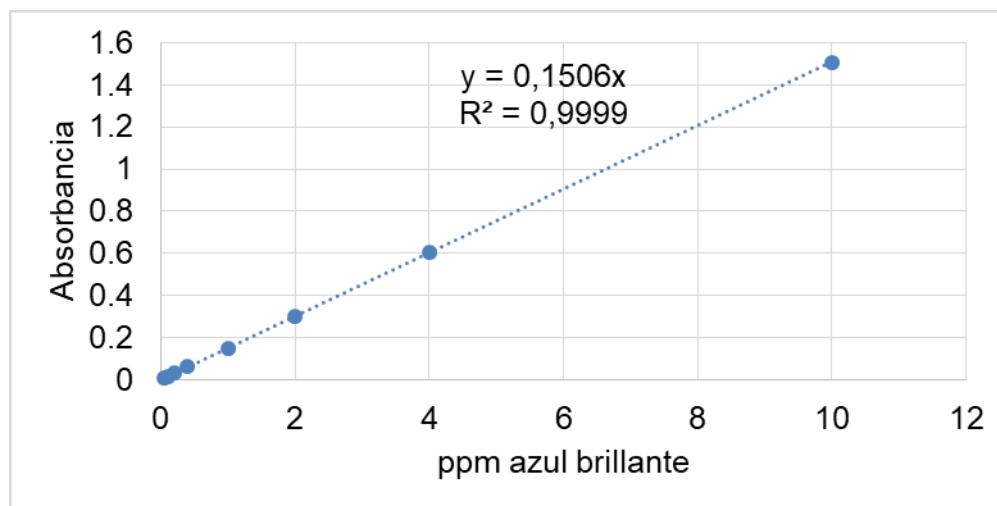


Figura 5. Curva de calibración azul brillante para el experimento

3.3.1. Condiciones meteorológicas experimento 1

A continuación, se presentan la información meteorológica al momento de realizar las aplicaciones.

Cuadro 2. Resumen de las condiciones meteorológicas en cada tratamiento

Parámetros medidos	Boquilla XR 110015	Boquilla TT110015	Boquilla AI 110015
Hora aplicación	8:10- 8:13	7:40- 7:43	8:34- 8:37
Temperatura promedio (°C)	13.0	11.1	14.0
Humedad relativa promedio (%)	69.4	77.2	65.3
Velocidad viento promedio y mínimo y máximo (m/s)	3.3 (1.5 - 5.3)	2.4 (1.1 – 4.3)	3.9 (2.2 – 6.4)

Entre paréntesis: mínimo y máximo del periodo de la aplicación

3.3.2. Condiciones meteorológicas experimento 2

El detalle de horario y de condiciones meteorológicas promedio de las aplicaciones se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 3. Detalle de los tratamientos respecto a las condiciones meteorológicas promedio en el horario de aplicación

Parámetros medidos	Boquilla XR 110015	Boquilla TT110015	Boquilla AI 110015
Hora aplicación	9:18 – 9:51	10:01-10:38	10:46-11:04
Temperatura promedio (°C)	13	14	16
Humedad relativa promedio (%)	75	70	64
Velocidad viento promedio m.s ¹	3,02	2,79	1,98
Ángulo del viento	97°	89°	85°

*respecto a la línea de pasada

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el experimento 1, se realizó estadística descriptiva en búsqueda asociaciones entre la deriva promedio y las distancias. Con el fin de explicar inconsistencias en la asociación de estas dos variables se realizó un estudio de varianzas para cada distancia.

En el experimento 2 se analizaron la interacción tipo de boquilla y distancia, para el ajuste del modelo estadístico, se modelaron las diferentes varianzas que correspondían a las diferentes distancias.

Con el objetivo de estudiar la forma en que descendía el nivel de deposición dependiendo de la distancia, para cada boquilla y repetición se ajustó un modelo exponencial negativo de la deposición en función de la distancia de la forma $Y_i = A \times \exp(B \times d_i) + \varepsilon_i$, donde el parámetro A correspondió a la deriva en el punto más cercano al área aplicada, B la velocidad de caída de la deriva al alejarse del área aplicada, y d_i a la i-ésima distancia. Por último, el área debajo de la curva a las distancias 15, 20 y 50 m se analizó por anova, como forma de comparar la deriva total hasta esas distancias. Para ello se usó el procedimiento Glimmix del paquete estadístico SAS.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EXPERIMENTO 1

En la Figura 6, se presentan los valores de colecta de trazador según distancia y tipo de boquilla. En base a los resultados se observa una mayor deriva en las boquillas tipo XR y TT en comparación a la AI hasta la distancia de 4 metros. Lo cual concuerda con todos los autores estudiados que afirman que las boquillas de aire inducido (gotas grandes), reducen la deriva en comparación a boquillas de gotas más pequeñas. A los 7.5 m se observa un aumento de la deriva producida por la boquilla de tipo AI, lo cual no es lógico y posiblemente está asociado a un aumento de la velocidad del viento, que presentó ráfagas de hasta 6.4 m/s al momento de la aplicación de dicha boquilla (Cuadro 2), Carlsen et al. (2006) encontraron en experimentos de campo 5 a 7 veces más deriva con aumentos de velocidad del viento de 2 m.s^{-1} a 4 m.s^{-1} . Nordby y Skuterud, citados por Carlsen et al. (2006), encontraron que aumentos de la velocidad del viento de 1.5 m.s^{-1} a 4 m.s^{-1} multiplican la deriva por 2. Estos tipos de diferencias en deposiciones a casusa de variaciones en la velocidad del viento, también fueron vistas en sus trabajos por investigadores como Nuyttens et al. (2017), Gil et al. (2018). A partir de los 15 metros la deriva permanece constante para los tres tipos de boquillas analizados variando entre 1 y 4 ug de azul.

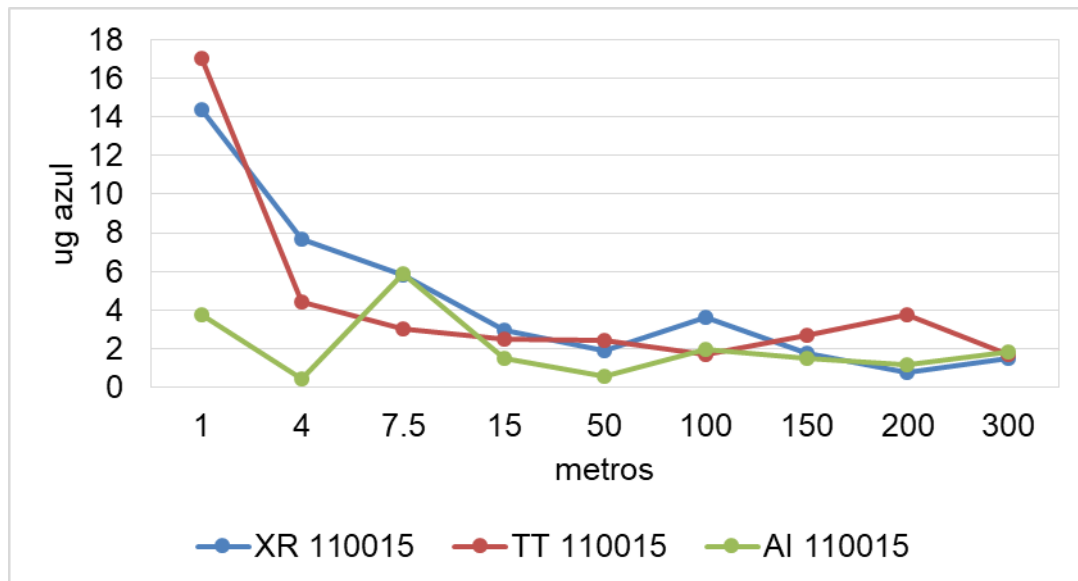


Figura 6. Azul brillante colectado en las distintas distancias y para los tratamientos evaluados

Estos resultados, entre la deriva y la distancia parecen contradictorios con lo reportado por otros autores (Lucero 1998, De Schamphelre et al. 2008), que señalan una disminución de la deriva a medida que aumenta la distancia. Esta falta de relación puede estar explicada en función de la información presentada en la Figura 7. Los altos porcentajes de coeficientes de variación (dentro de las submuestras), que en varios puntos superan el 50%, deberían estar asociados a las condiciones meteorológicas, en particular el viento, ocurridas durante la aplicación (Cuadro 2), pequeños cambios en la altura de la barra, ángulo de aplicación, etc.

Nuytens et al. (2017), indican que los coeficientes de variación altos (mayores a 25%) reflejan la variación dentro y entre las repeticiones realizadas con la misma técnica, producidas por movimientos de barra de pulverización, variaciones de presión, cambios en la velocidad de avance y aumento o disminución del viento.

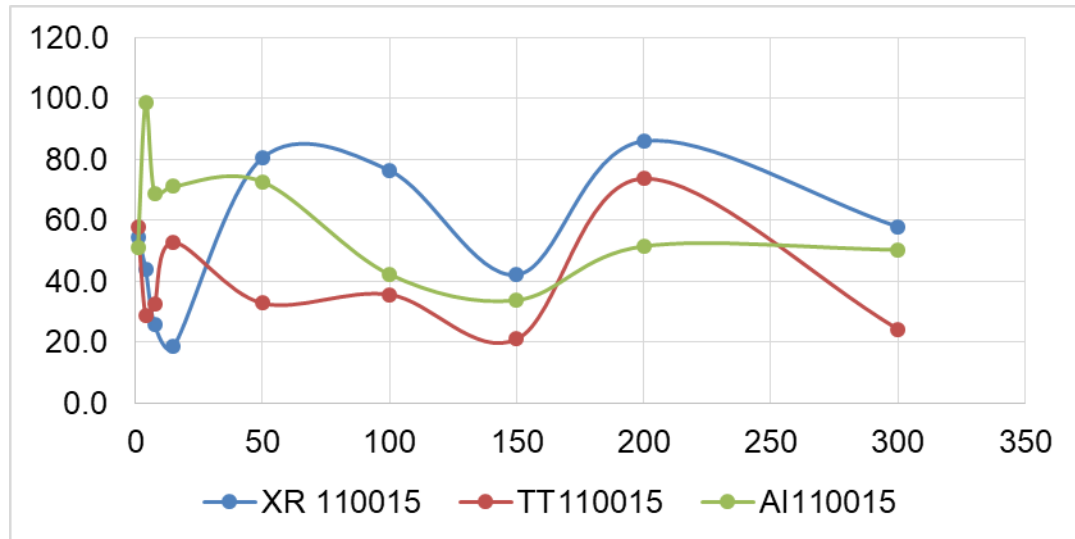


Figura 7. Coeficientes de variación de cada tratamiento según distancia de evaluación

Cuando se representa la deriva como porcentaje de lo aplicado (Figura 8) se visualiza que el impacto del uso de boquillas reductoras de deriva se aprecia en las distancias próximas a la aplicación. Si bien la cantidad calculada a los 200 y 300 m es en promedio el 0.4% de lo aplicado, es factible que esto se deba a contaminación de las muestras o a problemas metodológicos, considerando que el límite de cuantificación del azul no es tan sensible y esto deja claro la necesidad de usar trazadores de mayor sensibilidad para la detección en ínfimas cantidades, o bien, aumentar la concentración del trazador.

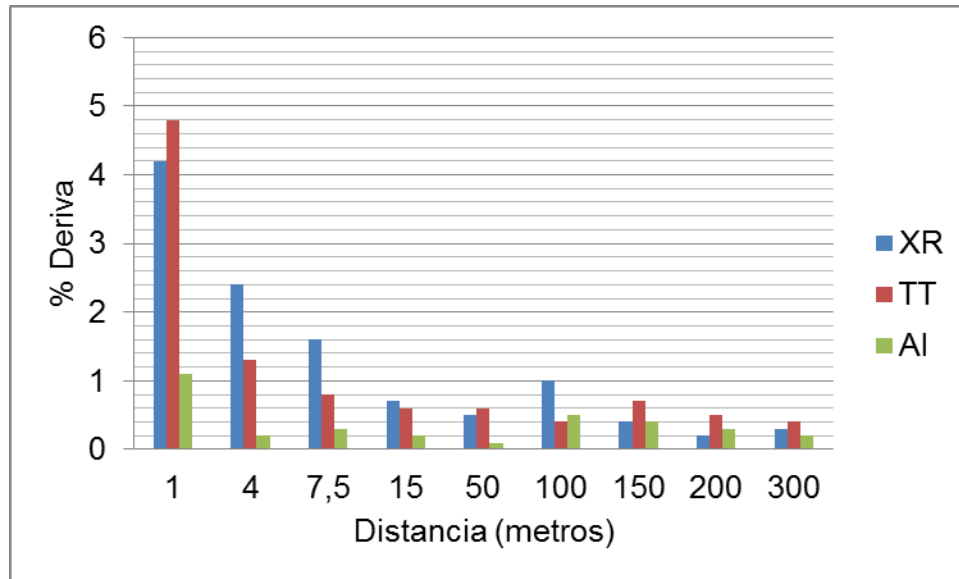


Figura 8. Promedio de deriva calculada como porcentaje de lo aplicado

4.2 EXPERIMENTO 2

4.2.1 Deriva generada por tipo de boquilla y distancia

Para la evaluación de la deriva en las diferentes distancias, primero se analizó la variabilidad determinada por las repeticiones de cada tratamiento, siendo que fueron realizadas en tiempos diferentes y por tanto las condiciones micro-ambientales diferentes. Esto indicó que el coeficiente de variación para las repeticiones dentro de cada boquilla, era de un 38% y para todo el conjunto de observaciones del 120%. Si bien es alto, para aplicaciones es normal, siendo que las condiciones que generan esas variaciones tienen diferencias importantes en segundos. Varios autores, sugieren que la causa de los coeficientes de variación superior al 20% se debe tanto a la ocurrencia de ráfagas de viento que generan una mayor desviación estándar en las repeticiones (De Schampheleire et al., 2008). Además, se debe considerar que la desigualdad del terreno genera movimientos de “rebote” en dirección vertical y horizontal a medida que avanza el tractor que contribuye a aumentar la desviación estándar (de Jong et al., 2000).

Para el análisis del efecto de los factores principales, tipo de boquilla y distancia y su interacción, el análisis incluyó la varianza en cada caso, porque

en el caso de las distancias también la variabilidad fue bien diferente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Varianza de los resultados de colecta de azul brillante en cada distancia

Distancia	Varianza
1m	267.82
4m	3.6304
7.5m	2.4669
15m	1.2449
50m	1.2529
100m	0.2085
150m	1.3564
200m	0.0168
300m	0.3918

El ANOVA indicó que hubo interacción entre los factores de estudio y efecto de los factores principales (Cuadro 5). El tipo de boquilla (es decir, el tamaño de gota), afecta directamente la deriva a diferentes distancias.

Cuadro 5. Análisis de varianza de los factores principales

Factor	p- valor
Tipo de boquilla	0.0201
Distancia	0.0001
Tipo de boquilla x distancia	0.0025

Por ser tan contundente el efecto de la boquilla, a pesar de la interacción, se presentan primeramente, los resultados referentes a la deriva por boquilla (Figura 8). Se observa que la boquilla XR fue la boquilla con mayor deriva seguida por la TT y por último a AI. La boquilla de tipo TT redujo un 23% la deriva en comparación con la boquilla XR, aunque las diferencias no fueron significativas. Por otro lado, la reducción estadísticamente significativa del 82 % fue con la boquilla tipo AI. La reducción de la deriva observada en este experimento, está asociada al tipo de gota que genera las boquillas, gotas más gruesas, más peso de las mismas, lo que explica el menor desplazamiento.

Varios autores (Velini et al. 2006, De Schamphelre et al. 2008, Gil et al. 2014, Bueno et al. 2017), demostraron que las boquillas AI y TT con aire inducido presentaron una menor deriva potencial que las boquillas sin aire de

inducción (XR y TT). Estos resultados son coincidentes con los obtenidos en este ensayo.

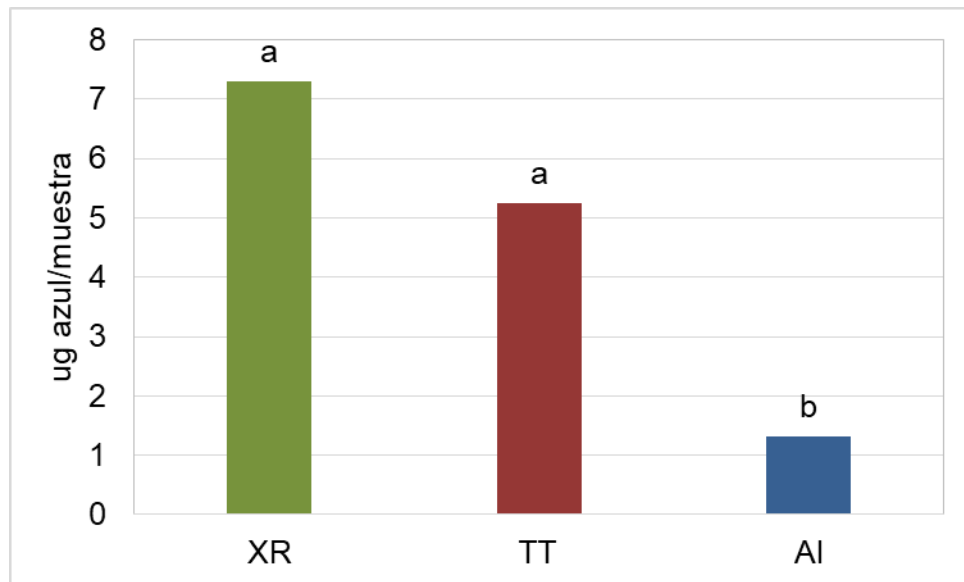


Figura 9. Cantidad de trazador ($\mu\text{g}/\text{muestra}$) colectado en cada tratamiento en promedio

En el Cuadro 6, se presenta los datos de colecta de trazador por cada boquilla en función a la distancia y el porcentaje de reducción con respecto a la boquilla XR. Para el cálculo de % de reducción de deriva se tomó como valor de referencia la deriva producida por la boquilla XR a 1 m de distancia.

La boquilla AI produjo estadísticamente la misma deriva tanto a 1 m como a 300 m, aunque la colecta de trazador al metro fue 8 veces superior que a los 300 m. Dicha boquilla (AI), presentó mas de 90 % de reducción de deriva para todas las distancias respecto a 1 m de XR. Similares resultados fueron encontrados por De Schampheleire et al. (2008), quienes mencionan reducciones de deriva en el orden de 75% a 90 % en sus experimentos al usar boquillas de aire inducido.

Por su parte, la boquilla TT en la distancia de 1 m produjo su mayor cantidad de colecta y esta fue estadísticamente diferente al resto de las distancias. Desde la distancia de 4 m hasta los 300 m no se encontraron diferencias estadísticas en la colecta, con excepción de los 200 m donde se colectó la menor concentración de azul, pudiendo ser este resultado un error de muestreo ya que no es lógico con los demás datos obtenidos o explicado por

ráfagas de viento durante la pasada de la pulverizadora, como fuera explicado como unos de los principales factores en la variabilidad de estas variables de estudio (De Schamphelre et al., 2008). La boquilla TT a la distancia de 1 m logró disminuir la deriva 30 % respecto a 1 m de XR, y desde los 4 m en adelante la reducción de deriva siempre fue mayor a 90 %.

La boquilla XR fue la que presentó mayores variaciones dentro de las distancias, evidenciado la mayor influencia que tienen las condiciones ambientales en su distribución del caldo. A 1 m se midió la mayor colecta, siendo diferente estadísticamente del resto de las distancias, a la distancia de 4 metros también se encontraron diferencias estadísticas con el resto de las distancias. Desde la distancia 7,5 m, las mediciones de caldo colectado presentan mayor variación, posiblemente afectadas por las influencia de las condiciones ambientales momentáneas.

Cuadro 6. Azul brillante ($\mu\text{g}/\text{muestra}$) colectado en las distintas distancias y porcentaje de reducción para las 3 boquillas evaluadas

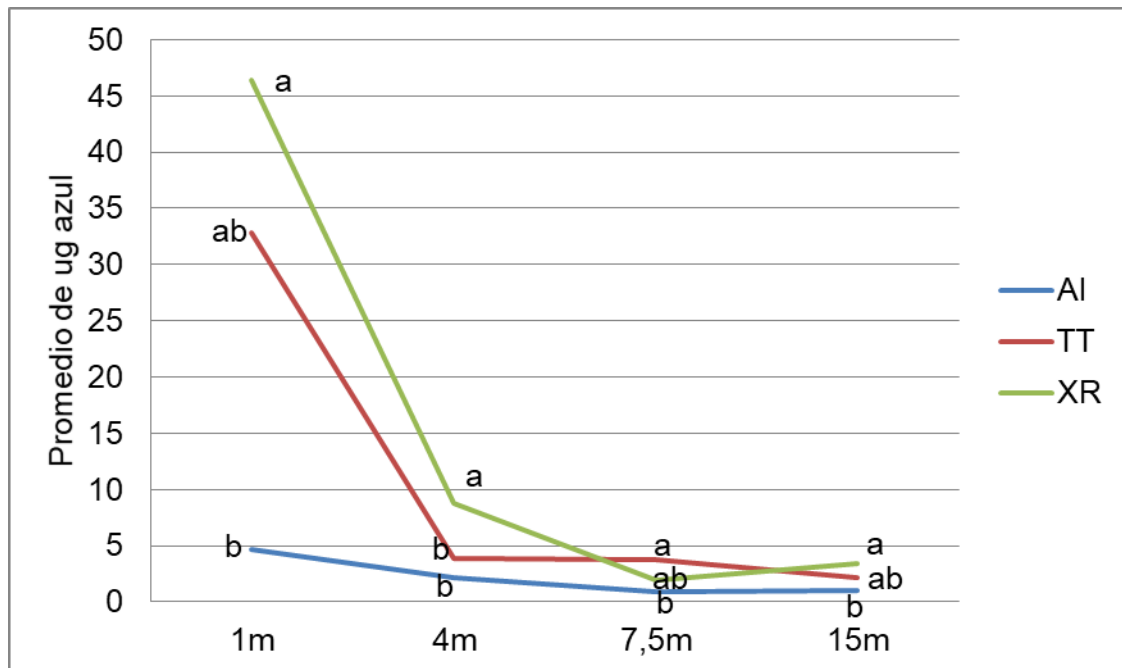
Distancia (m)	AI		TT		XR	
	$\mu\text{g}/\text{muestra}$	% de reducción	$\mu\text{g}/\text{muestra}$	% de reducción	$\mu\text{g}/\text{muestra}$	% de reducción
1	4.72 A	90	32.78 A	30	46.37 A	0
4	2.21 A	95	3.95 B	92	8.73 B	81
7.5	0.90 A	98	3.70 B	92	1.90 CDE	96
15	1.04 A	97	2.15 B	95	3.45 C	93
50	0.73 A	98	1.05 BC	97	2.30 CD	95
100	0.81 A	98	0.92 BC	98	0.71 DE	98
150	0.67 A	99	1.25 BC	96	1.22 CDE	97
200	0.23 A	99	0.17 C	99	0.24 E	99
300	0.58 A	99	1.15 BC	97	0.74 DE	98

Letras distintas significan diferencias estadísticas según Tukey 0.05. Comparación dentro de cada boquilla.

Para las boquillas AI, si bien estadísticamente las colectas son iguales, el efecto biológico de una reducción de la deriva a medida que aumentó la distancia generará efectos diferenciales. Además de un impacto sobre el cumplimiento de las normas vigentes de distancias seguras para límites urbanos y peri-urbanos.

Las derivas colectadas de las distintas boquillas para cada distancia, se presentan en dos gráficas, Figura 10 (de 1 m a 15 m) y Figura 10 (de 50 m a 300 m).

Hasta los 15 m, la deriva entre las boquillas AI y TT fueron iguales (con excepción de la distancia 7,5 m donde fueron distintas siendo mayor en TT). Hay que destacar que, aunque no se encontraron diferencias estadísticas de colecta en estas distancias, la boquilla TT al metro de distancia produjo 7 veces más deposición de azul que la boquilla de AI, y a los 15 m el doble de deposición.



Letras comparan la deriva de las boquillas en cada distancia

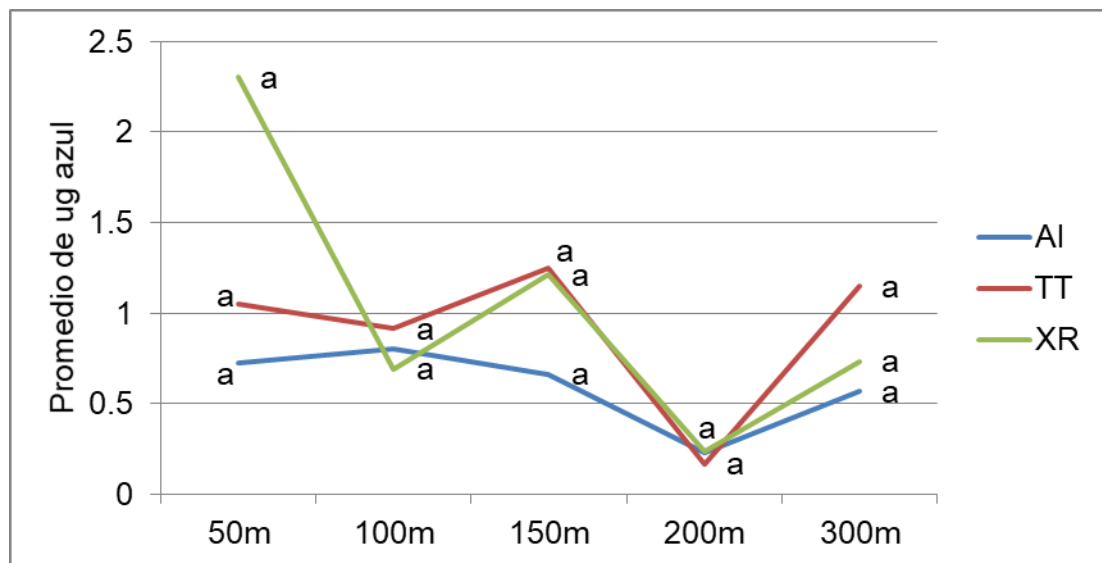
Figura 10. Cantidad de trazador ($\mu\text{g}/\text{muestra}$) colectado desde la distancia de 1 m a 15m

Cuando se utilizó la boquilla de AI la concentración de azul hasta los 15 m siempre fue menor y estadísticamente diferente que al utilizar la boquilla XR. Estos resultados son similares a los encontrados por Bueno et al. (2017), que comparando boquillas AI y XR y presentaron reducción similar de la deriva entre las boquillas para las mismas distancias. Otros autores reportan que las boquillas tipo AI son muy efectivas para reducir la deriva en distancias cortas (0.5 a 2 m) e incluso hasta los 20 m (De Schamphelre et al., 2008), resultado que fue comprobado en este ensayo.

La deriva registrada hasta los 15 m, indica que no hay diferencias estadísticas entre la boquilla TT y XR, solo a la distancia de 4 m se registró diferencias entre ellas.

A los 15 m el efecto reductor de deriva de la boquilla AI fue diferente estadísticamente de la deriva generada por la boquilla XR de gotas finas, pero no de la TT que eroga gotas medias.

Los resultados de este ensayo coincidieron con las ecuaciones realizadas por Cunha (2008), quien indicó que las mayores concentraciones de deriva para diferentes condiciones (altura de barra, velocidades de viento y tamaño de gota) se concentran principalmente hasta los 5 m, pero no coinciden en cuanto a la distancia alcanzada, ya que dicho autor indica que la mayor distancia alcanzada para gotas finas fue de 38 m y en los dos experimentos se encontró deriva hasta los 300 m.



Letras comparan la deriva de las boquillas en cada distancia

Figura 11. Cantidad de trazador ($\mu\text{g}/\text{muestra}$) colectado desde la distancia de 50 m a 300m

A los 50 m de la pasada del tractor, la deriva de las distintas boquillas no evidenciaba diferencias estadísticas, aunque la boquilla XR generó una deriva 2 veces superior a la de la TT y 3 veces a la de la AI. Estos valores de deposición a esas distancias eran muy bajos y por problemas operativos con la colecta del caldo, no fue posible estimarlo como porcentaje de deriva con respecto a lo que debía llegar. Es importante destacar que 1 μg corresponde a 0.26% de lo que se aplicó teóricamente. Desde los 50 m en adelante no se encontraron diferencias estadísticas al utilizar cualquiera de las tres boquillas. Estos resultados coinciden con otros reportados por la bibliografía, que luego de

50 m la deriva de todas las boquillas fue similar, con valores por debajo del 2 – 1 % (Bueno et al., 2017).

4.3 DERIVA GENERADA EN MÁSTILES A DIFERENTES ALTURAS

La deriva colectada en los mástiles de aplicación en las 2 alturas evaluadas no presentó interacción con el tipo de boquilla (Cuadro 6). Tampoco hubo efecto de la altura en la deriva cuantificada, solo hubo efecto del tipo de boquilla.

Cuadro 7. Análisis de varianza de la deriva en diferentes alturas

Factor	p-valor
Tipo de boquilla	0.0004
Altura	0.5050
Tipo de boquilla x altura	0.2449

La deriva que generó la boquilla XR fue 2.6 veces superior a la de la boquilla TT y 8 veces a la de la boquilla AI, siendo estas diferencias estadísticamente significativas (Figura 12). Esto evidencia el potencial de la boquilla AI en la reducción de deriva, que se constató no solo en la colecta en el suelo sino también a diferentes alturas desde el suelo.

A pesar que no hubo diferencias estadísticas en la deriva que ocasionaron la boquilla TT y la AI, es importante destacar que la boquilla de aire inducido generó 3 veces menos deriva que la de gota media (TT).

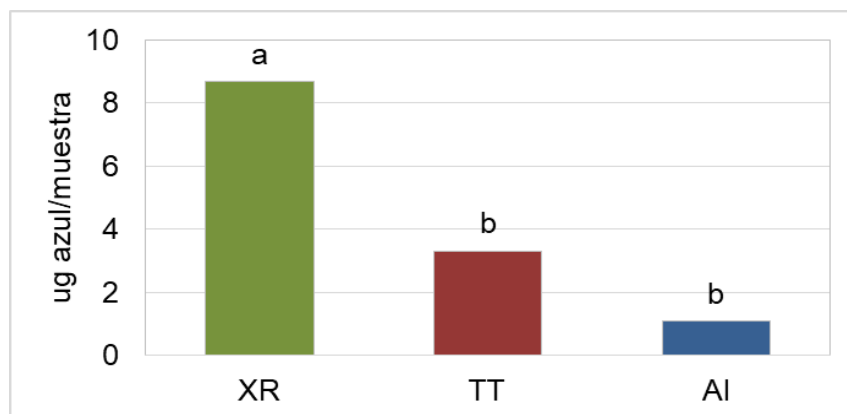


Figura 12. Cantidad de trazador (µg/muestra) colectado en cada tratamiento en promedio para las 2 alturas

A pesar de no existir interacciones de la deriva con el tipo de boquilla para las alturas evaluadas, se presenta en la Figura 13 los resultados, donde se visualiza que la diferencia entre boquillas es más importante a los 2m, donde la deriva que se colectó de la boquilla XR fue mayor.

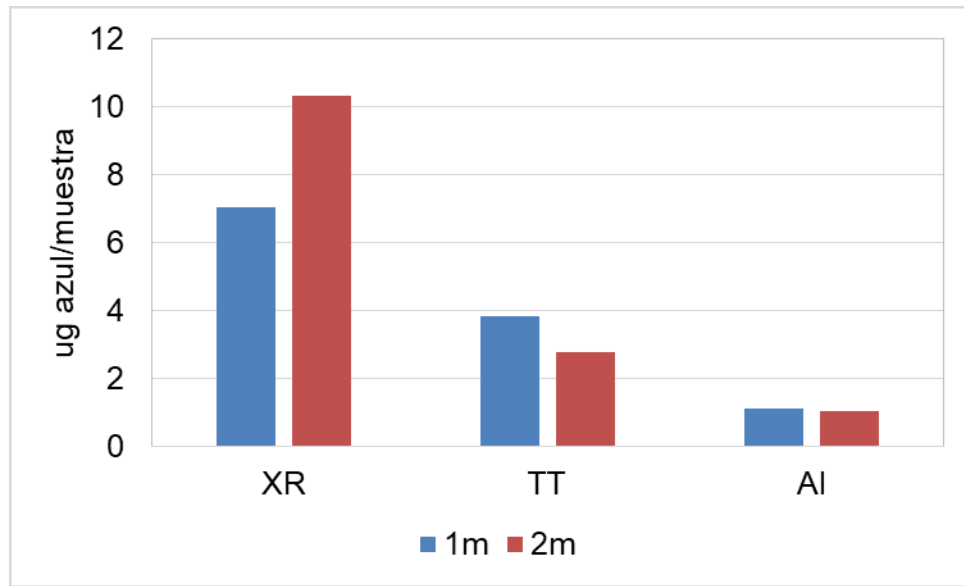


Figura 13. Cantidad de trazador ($\mu\text{g}/\text{muestra}$) colectado por boquilla en cada altura

Los resultados obtenidos, en cuanto a la deriva de las boquillas a distintas alturas coinciden con lo reportado por Gil et al. (2018). Estos autores trabajando en montes de olivo, encontraron que la deriva colectada en los mástiles disminuye con la altura de los mismos.

5 CONCLUSIONES

La boquilla AI, reductora de deriva cumplió para las condiciones del presente experimento con dicha función, ya que la deriva al metro de la aplicación fue casi 10 veces menor que la de la boquilla XR de gota fina y casi 7 veces menor a la de la boquilla TT (gota media). Mientras que a los 50 m la deriva de esta boquilla fue de la mitad y de un tercio menos, respectivamente. A distancias mayores las diferencias se diluyeron, no fueron tan claras, pero en las distancias mayores los valores de deriva fueron menores al 0.3 % del teórico aplicado.

Desde los 50 m en adelante no se encontraron diferencias estadísticas al utilizar cualquiera de las tres boquillas.

La deriva colectada en los mástiles a la altura de 1 y 2 m, indicó que no hubo efecto de la altura ni interacción con el tipo de boquilla. La menor deriva la generó la boquilla AI y sin diferencias para las dos alturas.

6 RESUMEN

Para la sociedad actual el medio ambiente es cada vez más importante, el impacto que producen los agroquímicos en los ecosistemas y centros urbanos ha cobrado vital importancia y visibilidad. Los centros poblados se han expandido y son frecuentes las discusiones de contaminación causada por deriva de fitosanitarios. En la producción agropecuaria las aplicaciones son un punto débil y poco eficiente de la cadena, por eso además de incentivar buenas prácticas agronómicas, la instalación de zonas buffer son soluciones para minimizar la contaminación por deriva a zonas no deseadas. El objetivo de este trabajo fue ajustar la distancia de amortiguamiento (zona buffer) de deriva producida por tres tipos de boquillas diferentes, gota fina, media y gruesa (XR110015, TT110015, AI110015), y contribuir a minimizar el daño a áreas linderas no objetivo a la aplicación. Dicho ensayo se realizó sobre rastrojo de soja, utilizando un caldo de aplicación con un trazador azul brillante a una concentración conocida, las muestras fueron colectadas a 9 distancias diferentes (1, 4, 7.5, 15, 50, 100, 150, 200 y 300 m) y luego fueron lavadas con agua destilada para determinar la concentración, además se colectó la deriva a 2 alturas, 1m y 2m del suelo. Se realizaron tres aplicaciones por boquilla. La boquilla reductora de deriva AI cumplió con su función, presentando al metro de la aplicación 10 y 8 veces menos concentración que las boquillas de gota fina y media respectivamente, mientras que hasta los 50 m la deriva fue de la mitad y un tercio. Desde los 50 m en adelante no se encontraron diferencias estadísticas al utilizar cualquiera de las tres boquillas.

Palabras clave: Deriva; Zona buffer; Tamaño de gota; Boquillas; ISO.

7 SUMMARY

For today's society the environment is increasingly important, the impact that agrochemicals produce on urban ecosystems and centers has gained vital importance and visibility. Populated centers have expanded and discussions of pollution caused by phytosanitary products are frequent. In agricultural production, applications are a weak and inefficient point in the chain, so in addition to encouraging good agronomic practices, the installation of buffer zones are solutions to minimize drift contamination to unwanted areas. The objective of this work was to adjust the damping distance (buffer zone) of drift produced by three different types of nozzles, fine, medium and thick drop (XR110015, TT110015, AI110015), and contribute to minimize damage to non-target boundary areas to the application. This test was carried out on soybean stubble, using an application broth with a Bright Blue tracer at a known concentration, the samples were collected at 9 different distances (1, 4, 7.5, 15, 50, 100, 150, 200 and 300 m) and then they were washed with distilled water to determine the concentration, in addition the drift was collected at 2 heights, 1m and 2m from the ground. Three applications were made per nozzle. The AI drift reducing nozzle fulfilled its function, presenting the application meter 10 and 8 times less concentration than the fine and medium drop nozzles respectively, while up to 50 m. the drift was half and a third. From 50 m onwards no statistical differences were found when using any of the three nozzles.

Keywords: Spray drift; Buffer zone; Droplet size; Spray nozzle; ISO.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers, US). 2009. Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. ASABE S572.1. s.l. 1 p.
2. Baetens, K.; Nuyttens, D.; Verboven, P.; De Schampheleire, M.; Nicolai, B.; Ramon, H. 2007. Predicting drift from field spraying by means of a 3D computational fluid dynamics model. *Comput. Electron. Agr.* 56(2):161-173.
3. Balsari, P.; Marucco, P.; Tamagnone, M. 2006. A test bench for the classification of boom sprayers according to drift. *International Adv. Pest. App.* 77:313-319.
4. Bird, S.; Esterly, D.; Perry, S. 1996. Off-target deposition of pesticides from agricultural aerial spray application. *J. Environ. Qual.* 25(5):1095-1104.
5. Bueno, M.; da Cunha, J.; de Santana, D. 2017. Assessment of spray drift from pesticide applications in soybean crops. *Biosyst. Eng.* 154:35-45.
6. Carlsen, S. C. K.; Spliid, N. H.; Svensmark, B. 2006. Drift of 10 herbicides after tractor spray application. 2. Primary drift (droplet drift). *Chemosphere.* 64:778-786.
7. Cid, R. 2014. La deriva de agroquímicos en zonas periurbanas: un enfoque integral del problema. (en línea). *In:* Curso Internacional de Agricultura de Precisión (13°, 2014, Manfredi, Córdoba, AR). Memorias de curso. Córdoba, INTA. pp. 7-16. Consultado 11 ene. 2020. Disponible en <https://docplayer.es/71518300-La-deriva-de-agroquimicos-en-zonas-periurbanas-un-enfoque-integral-del-problema.html>
8. Combellack, J. 1982. Loss of herbicides from ground sprayers. *Weed Res.* 22(4):193-204.
9. Costa, A.; Velini, E.; Negrisoni, E.; Carbonari, C.; Rossi, C.; Corrêa, M.; Silva, F. 2007. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de

pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. *Plant. Dan.* 25(1):203-210.

10. Cunha, J.; Teixeira, M.; Coury, J.; Ferreira, L. 2003. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. *Plant. Dan.* 21(2):325-332.
11. _____. 2008. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. *Ciênc. Agrotec.* 32(5):1616-1621.
12. _____.; Marques, R.; Alves, G. 2016. Deposição da calda na cultura da soja em função de diferentes pressões de trabalho e pontas de pulverização. *Rev. Ceres.* 63(6):761-768.
13. De Schamphelleire, M.; Baetens, K.; Nuyttens, D.; Spanoghe, P. 2008. Spray drift measurements to evaluate the Belgian drift mitigation measures in field crops. *J. Crop Prot.* 27(3-5):577-589.
14. Dexter, A. 1993. Herbicide spray drift. s.l., North Dakota State University Extension Services. 13 p.
15. Etiennot, A.; Piazza, A. 2010. Buenas prácticas de aplicación en cultivos planos extensivos: distancias a zonas urbanas. Criterios y soluciones. *Acta Toxicol. Argent.* 18(2):40-53.
16. Frank, R.; Ripley, B.; Lampman, W.; Morrow, D.; Collins, H.; Gammond, G.; McCubbin, P. 1994. Comparative spray drift studies of aerial and ground applications 1983-1985. *Environ. Monit. Assess.* 29(2):167-181.
17. Frola, E. 2013. Manejar tamaño, número y distribución de impactos para lograr aplicaciones de calidad. (en línea). Córdoba, Todo Agro. s.p. Consultado 11 ene. 2020.
<http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=25566>.
18. Gandolfo, M.; Carvalho, F.; Chechetto, R.; Gandolfo, U.; Moraes, E. 2014. Effect of working pressure at different spray nozzles on drift quantification in wind tunnel. *Eng. Agrícola.* 34(1):66-73.
19. Gil, E.; Balsari, P.; Gallart, M.; Llorens, J.; Marucco, P.; Andersen, P.; Fàbregas, X.; Llop, J. 2014. Determination of drift potential of different flat fan nozzles on a boom sprayer using a test bench. *Crop Prot.* 56:58-68.

20. _____.; Llorens, J.; Gallart, M.; Gil-ribes, J.; Miranda-fuentes, A. 2018. First attempts to obtain a reference drift curve for traditional olive grove's plantations following ISO 22866. Sci. Environ. 627:349-360.
21. Holterman, H.; van de Zande, J. 2003a. IMAG Drift Calculator v1.1: user manual. (en línea). s.n.t. 39 p. Consultado 11 ene. 2020. Disponible en <https://www.pesticidemodels.eu/sites/www.pesticidemodels.eu/files/>
22. _____. 2003b. Kinetics and Evaporation of Water Drops in Air. (en línea). Wageningen, Institute of Agricultural and Environmental Engineering. 5 p. Consultado ene. 2020. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.598.8654&rep=rep1&type=pdf>
23. ISO (International Organization for Standardization, CH). 2005. Equipment for crop protection - Methods for field measurement of spray drift (ISO/FDIS 22866). Geneva. 22 p.
24. _____. 2008. International Standard. . Equipment for Crop Protection - Methods for the Laboratory Measurement of Spray Drift - Wind Tunnels (ISO 22856). Geneva. s.p.
25. _____. 2015. Equipment for Crop Protection - Method for Measurement of Potential Spray Drift From Horizontal Boom Sprayers by the Use of a Test Bench (ISO 22401). Geneva. s.p.
26. _____. 2018. Equipment for Crop Protection - Sprayer nozzles - Colour coding for identification (ISO 10625). Geneva. s.p.
27. JKI (Julius Kühn Institute, DE). 2013. Measuring direct drift when applying plant protection products outdoors: guideline for the testing of plant protection equipment. (en línea). s.l. s.p. Consultado 11 ene. 2020. Disponible en https://www.juliuskuehn.de/media/institute/at/pdf_richtlinienlistenpruefberichte/rili_psgeraete/rili_psgeraete_en/71.5_measuring_direct_drift_when_applying_plant_protection_products_outdoors.pdf
28. de Jong, A.; Michielsen, J.; Stallinga, H.; van de Zande, J. 2000. Effect of sprayer boom height on spray drift. Mededelingen. 65(2):919-930.

29. LERAP (Local Environment Risk Assessment for Pesticides, UK). 2001. (en línea). s.l. s.p. Consultado 17 feb. 2019. Disponible en <https://www.hse.gov.uk/pesticides/using-pesticides/spray-drift/local-environment-risk-assessment-for-pesticides-le.htm>
30. Lucero, E. M. 1998. Análisis de comparativo de la deriva producida por las pastillas pulverizadoras hidráulicas e hidroneumáticas tipo abanico plano. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. 9 p.
31. Maski, D.; Durairaj, D. 2010. Effects of electrode voltage, liquid flow rate, and liquid properties on spray chargeability of an air-assisted electrostatic-induction spray-charging system. J. Electrostat. 68(2):152-158.
32. Massaro, R. 2013. Aplicación terrestre de plaguicidas: ¡hay que cambiar la forma de trabajar! Los barbechos químicos ofrecen una gran oportunidad. INTA Oliveros. Para Mej. Prod. no. 50:67-70.
33. MGAP (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, UY). 2011. Resoluciones ministeriales. (en línea). Montevideo. 15 p. Consultado 11 ene. 2020. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/direccion-general-de-servicios-agricolas/normativa/marco-normativo-por-temas/productos/resoluciones>
34. MGAP (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, AR). 2013. Pautas sobre aplicaciones de productos fitosanitarios en áreas periurbanas. (en línea). Buenos Aires. 34 p. Consultado 11 ene. 2020. Disponible en <http://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/2013/11/Pautas-sobre-Aplicaciones-deProductos-Fitosanitarios-en-Zonas-Periurbanas.pdf>.
35. Miller, P. 1993. Spray drift and its measurement. In: Matthews, G. A.; Hislop, E. C. eds. Application technology for crop protection. Wallingford, CABI. pp. 101-122.
36. _____; Butler Ellis, M. 2000. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. Crop Prot. 19:609-615.

37. Nuyttens, D.; De Schampheleire, M.; Baetens, K.; Sonck, B. 2007. The influence of operator-controlled variables on spray drift from field crop sprayers. *Trans. ASABE*. 50:1129-1140.
38. _____.; _____.; Verboven, P.; Sonck, B. 2010. Comparison between indirect and direct spray drift assessment methods. *Biosyst. Eng.* 105(1):2-12.
39. _____.; Zwervaeagher, I.; Dekeyser, D. 2017. Spray drift assessment of different application techniques using a drift test bench and comparison with other assessment methods. *Biosyst. Eng.* 154:14-24.
40. Onorato, A.; Tesouro, M. 2004. Desempeño antideriva de una boquilla de pulverización agrícola de cono hueco inducida por aire. *Rev. Inv. Agrop.* 33(3):3-13.
41. Ozkan, H.; Zhu, H. 1998. Effects of major variables on drift distances of spray droplets. *Food Agric. Biol. Eng.* 5(1):525-598.
42. Palladini, L.; Raetano, C.; Velini, E. 2005. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. *Sci. Agric.* 62(5):440-445.
43. Porskamp, H.; van de Zande, J.; Holterman, H.; Huijsmans, J. 1999. Classification of spray nozzles based on driftability. *AGRIS.* 99(02):1-22.
44. Ravier, I.; Haouisee, E.; Clément, M.; Seux, R.; Briand, O. 2005. Field experiments for the evaluation of pesticide spray-drift on arable crops. *Pest Manag. Sci.* 61:728-736.
45. Rimmer, D.; Johnson, P.; Kelsey, A.; Warren, N. 2009. Field experiments to assess approaches for spray drift incident investigation. *Pest. Manag. Sci.* 65(6):665-671.
46. SAS Institute. 1998. User's Guide: versión 8.0. Cary, NC, USA. 576 p.
47. Spraying Systems, US. 2011. TeeJet, Catalogo 51-ES. Weaton, Illinois. 148 p.
48. Threadgill, E.; Smith, D. 1975. Effects of physical an meteorological parameters on the drift of controlled size droplets. *Tran. ASAE* 18(1):51-56.

49. Tomasoni, M. 2013. Generación de derivas por plaguicidas. (en línea). Córdoba, Argentina, Universidad Nacional de Córdoba. Red Universitaria de Ambiente y Salud (REDUAS). 18 p. Consultado 11 ene. 2020. Disponible en <http://reduas.com.ar/wp-content/uploads/downloads/2013/11/DERIVA-practica-incontrolable-2013.pdf>
50. van de Zande, J.; Porskamp, H.; Michielsen, J.; Holterman, H. ; Huijsmans, J. 2000. Classification of spray applications for driftability, to protect surface water. *Asp. Appl. Biol.* 66:57-65.
51. Velini, E.; Fortes, J.; Adegas, F.; Costa, A.; Fiorini, M.; Silva, J. 2006. Desenvolvimento de um amostrador dinâmico e de técnicas para a avaliação da deriva em aplicações comerciais de herbicidas. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas (25º., 2006, Brasília). Convivendo com as plantas daninhas. Brasília, EMBRAPA. p.irr.
52. Viana, R.; Ferreira, L.; Ferreira, M.; Teixeira, M.; Polo, J.; Santos, L.; Machado, A. 2010. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. *Plant. Dan.* 28(2):439-446.