



**Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales**

**Empleo de un Escudo Protector para la mitigación de la deriva en
pulverizaciones agrícolas.**

Tesista: Ing. Agr. Julio Gastón FIORINI CORREA
fiorini.julio@inta.gob.ar

Director: M.Sc. Ing. Agr. Gerardo MASIÁ
masia.gerardo@inta.gob.ar

Co-Director: Dr. M.Sc. Ing. Agr. Oscar R. POZZOLO
pozzolo.oscarruben@inta.gob.ar

Trabajo de Tesis presentado como requisito para optar por el grado académico de
Magister Scientiae en Mecanización Agrícola

OCTUBRE 2021

Índice:

Resumen	3
Summary	4
1 – Introducción y Antecedentes	5
2 – Hipótesis y Objetivos	
2.1. Hipótesis básica	23
2.2. Hipótesis nula	23
2.3. Hipótesis alternativa	23
2.4. Objetivo	23
3 – Materiales y Métodos	24
4 – Resultados	
4.1. Caudal de referencia obtenido sin viento	31
4.2. Porcentaje de volumen derivado con y sin escudo	32
4.3. Porcentajes de volúmenes derivados sin EP y todas las boquillas empleadas para cada velocidad de viento	
4.3.1. Porcentajes de volúmenes derivados obtenidos con el viento I	32
4.3.2. Porcentajes de volúmenes derivados obtenidos con el viento II	33
4.4. Porcentajes de volúmenes derivados con el EP y todas las boquillas empleadas para cada velocidad de viento	
4.4.1. Porcentajes de volúmenes derivados obtenidos con el viento I	34
4.4.2. Porcentajes de volúmenes derivados obtenidos con el viento II	34
4.5. Volumen derivado para cada boquilla con y sin el EP en las velocidades de viento I y II	
4.5.1. Volumen derivado para la boquilla TXR80-02 con y sin el EP en la velocidad de viento I	35
4.5.2. Volumen derivado para la boquilla TXR80-02 con y sin el EP en la velocidad de viento II	35
4.5.3. Volumen derivado para la boquilla XR110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento I	36
4.5.4. Volumen derivado para la boquilla XR110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento II	36
4.5.5. Volumen derivado para la boquilla TT110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento I	37
4.5.6. Volumen derivado para la boquilla TT110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento II	37
4.5.7. Volumen derivado para la boquilla TTI110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento I	38
4.5.8. Volumen derivado para la boquilla TTI110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento II	38
4.5.9. Volumen derivado para la boquilla AI110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento I	39
4.5.10. Volumen derivado para la boquilla AI110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento II	39
4.6. Reducción de la deriva	
4.6.1. Reducción de la deriva para la velocidad de viento I y II del conjunto de boquillas	40
4.6.2. Reducción de la deriva entre boquillas para ambas velocidades de viento y con EP	40

5 – Discusiones	
5.1. Volúmenes medios obtenidos sin viento	44
5.2. Porcentajes de volúmenes derivados con y sin EP para ambas velocidades de viento	45
5.3. Porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I y II sin el EP	46
5.4. Porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I y II al emplear el EP	46
5.5. Porcentajes de volúmenes derivados al emplear el EP para cada boquilla y velocidad de viento	48
5.6. Porcentajes de reducción de la deriva	49
6 – Conclusiones	52
7 – Bibliografía	53
8 – Agradecimientos	61

Resumen:

La pulverización hidráulica fue adoptada como el sistema más empleado en la distribución de los plaguicidas, las gotas generadas durante la atomización permiten colocar en íntimo contacto a la plaga con el fitoterápico. Dicha atomización es una etapa crítica y constituye un fenómeno físico complejo, en donde la población de gotas generada posee diferentes tamaños haciendo a las de menores diámetros susceptibles a la deriva. Ésta se puede definir como el corrimiento o desvío del agroquímico a un sitio diferente del elegido como objetivo de control en el transcurso de la aplicación o posterior a la misma. Existen numerosos antecedentes respecto de técnicas empleadas para su mitigación. Los llamados escudos protectores (EP) antideriva son una de ellas. El empleo de los EP colocados sobre la barra de pulverización es una técnica que reduce la deriva ya que funciona como barrera mecánica contra el viento, generando una significativa reducción de la velocidad del aire en la zona protegida y modificando la dirección del flujo de aire, pasando del sentido horizontal a uno vertical incrementando la velocidad de las gotas y disminuyendo el tiempo que tardan éstas en recorrer la distancia hasta el objetivo, minimizando los riesgos de deriva. El objetivo del trabajo es cuantificar el efecto sobre la deriva de un modelo de EP con cinco boquillas, cuatro de ellas de abanico plano de 110° y $0,790 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ con diferentes tamaños de gotas entre sí y una boquilla de cono hueco de 80° y $0,790 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Para ello se colocó el EP dentro del túnel de viento y se acondicionó una sección de botalón en él para ubicar las diferentes boquillas. La altura de pulverización fue de $0,50 \text{ m}$ y la presión de trabajo de 300 kPa . El EP y las boquillas se colocaron en posición perpendicular respecto de la dirección del viento. El volumen de líquido derivado se calculó por diferencia entre el caudal entregado por la boquilla y el recogido en el banco de ensayos para cada condición de trabajo. Se emplearon dos velocidades de viento, $3,56 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (V I) y $4,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (V II). El diseño experimental empleado fue en bloques aleatorizados (DBA) y el método estadístico empleado fue un ANOVA con un nivel de significación del 5%. Los resultados se expresan en porcentaje de reducción de deriva, el cual surge de la diferencia de los valores de deriva obtenidos sin el EP y con éste. Para la V I fueron, 37,99% para la TT110-02 con la mayor reducción, seguida por la AI110-02 (37,90%), la TXR80-02 (23,05%), la TT110-02 (21,04%), siendo la XR110-02 la de menor reducción con un 13,61%. Para la V II la boquilla con mayor reducción fue la AI110-02 (45,75%) luego la TT110-02 (36,13%), la TXR80-02 (27,96%), la XR110-02 (26,95%) y la TT110-02 que obtuvo un 26,32%. Se observó que, al emplear el EP para las dos velocidades de viento estudiadas, los porcentajes de volúmenes derivados se redujeron en todos los casos. Cuando no fue utilizado, se incrementaron.

Palabras Claves: Escudo protector, Reducción de Deriva, Volumen derivado.

Summary:

Hydraulic spraying has been the most used system for pesticide distribution. Droplets generated during spraying allow a closer contact between plague and phytosanitary. Such spraying is a critical stage, and constitutes a complex physic phenomenon, where the generated droplet spectrum has different sizes, and those drops of smaller diameter are more susceptible to drift. Drift can be defined as the agrochemical displacement or deviation to a place different from that chosen as control target during the application process or afterwards. There have been implemented different techniques for mitigation in the past. For example, the anti-drift protective shields. The use of these protective shields placed over the sprayer boom is a method for reducing drift, since it acts as a mechanical barrier against wind, generating a significant air speed reduction in the protected area and modifying the air flow direction, which changes from horizontal to vertical, increasing droplets speed and reducing the time they take in reaching the distance to the target, and thus mitigating drift risks. The objective of this work is to quantify the effect on drift of a protective shield model with five nozzles: four of them with a 110° flat fan spray pattern and 0,790 l.min⁻¹ with different droplet size, and one nozzle with an 80° hollow cone spray pattern and 0,790 l.min⁻¹. For this purpose, the protective shield was put inside a wind tunnel, and the different nozzles were fitted in a specially conditioned boom section. Spraying height was of 0.50 m at a service pressure of 300 kPa. Protective shield and nozzles were placed perpendicular to wind direction. Off-target drift volume was calculated as the difference between flow rate delivered through nozzle and that collected at the testing workbench for each working condition. Two wind speeds were used: 3.56 m.s⁻¹ (V I) and 4.8 m.s⁻¹ (V II). The trial design in use was in randomized blocks and the statistical method was an ANOVA with a significance level of 5%. Results are expressed as percentages of drift reduction, which derive from the difference in drift values obtained with and without shield. The results for V I were 37.99% for the TTI110-02 pattern, with the highest reduction, followed by AI110-02 (37.90%), TXR80-02 (23.05%), TT110-02 (21.04%), where the XR110-02 pattern was the one with lower reduction, in terms of 13.61%. For V II, the nozzle with higher reduction was the AI110-02 pattern (45.75%) followed by TTI110-02 (36.13%), TXR80-02 (27.96%), XR110-02 (26.95%), and TT110-02 with a 26.32%. It was observed that when using the protective shield for the two wind speeds under study, percentages of off-target drift volume decreased in every scenery. When the protective shield was not used, the percentages of off-target drift volume increased.

Key words: Protective Shield, Drift Reduction, Off-target Drift Volume

1 – Introducción y Antecedentes:

En el origen de la raza humana, 190.000 años atrás (Klings et al., 1997), el hombre consiguió el alimento que lo ayudó a mantenerse y subsistir. Esto fue a través de la caza, pesca y recolección, sistema por el cual se veía obligado a dirigirse de un lugar a otro buscando donde conseguir más alimento (Montignac, 2013).

Con el paso del tiempo descubrió que no era necesario trasladarse grandes distancias para obtener el sustento que le permitiera cubrir sus necesidades alimentarias, sino que por medio de los frutos y semillas que ellos mismos trasladaban podían obtener nuevas plantas. De esta manera obtenían alimento sin la necesidad de tener que buscarlo en otro sitio (Hernández Rodríguez y Sastre Gallego, 1999).

Esto favoreció la formación de asentamientos en diferentes lugares que, posteriormente, fueron incrementando la cantidad de individuos creando pequeños grupos de pobladores que en lo sucesivo pasarían a ser aldeas, luego pueblos y en algunos casos llegar a ser ciudades. Pasar de cazador - recolector a ser agricultor fue el resultado de una extensa transición durante las sucesivas generaciones que fueron forjando cambios a través de sus aportes, por lo que surgen hace más de 10.000 años en el sudeste asiático, China y posteriormente en Centroamérica, iniciativas sostenidas de agricultura y ganadería. Gracias a este avance que alcanzó el hombre, fue conquistando a su paso los diferentes territorios y ecosistemas reinantes sobre el Planeta Tierra adaptándose a las condiciones y recursos que encontraba en cada lugar (Cipolla, 1978; Hernández Rodríguez y Sastre Gallego, 1999).

El método antiguo con el que los pueblos consiguieron sus alimentos, se conoce hoy como sistema "agro-silvo-pastoril" y los proveyó de una dieta muy variada en la que el aporte de proteína animal fue importante, confirmando la coexistencia en etapas primitivas de la agricultura, el manejo de rebaños salvajes y la recolección de frutos, tubérculos y semillas (Montignac, 2013).

Es por esto que durante su proceso evolutivo consiguió dejar atrás cuestiones como la caza, pesca y recolección junto con la forma de vida nómada para convertirse en un individuo sedentario y productor de su propio alimento, permitiéndole seguir con la producción agrícola y ganadera, mudando sus hábitos hacia un nuevo modo de vida netamente productivo (Hernández Rodríguez y Sastre Gallego, 1999).

Probablemente la agricultura tenga como motivo real de aparición, la combinación entre, la presión poblacional ejercida por la especie humana y la expansión demográfica que dio paso al agotamiento de los recursos con los que contaba el hombre para su alimentación en cada región que habitó (Cipolla, 1978; Montignac, 2013; Hernández Rodríguez y Sastre Gallego, 1999).

Por lo tanto, para el viejo continente, haber descubierto América le proporcionó un beneficio productivo, permitiéndole además ampliar su oferta nutricional, ya que se produjo un interesante intercambio de cultivos entre Europa y el nuevo mundo

cobrando gran importancia en la transformación alimentaria (Recalde Manrique, 2011).

En pleno proceso de cambios los productores tuvieron que idear ciertas estrategias para efectuar control sobre las enfermedades, plagas y malas hierbas, dejando en claro que la agricultura no fue un mero incidente en la historia, sino que notoriamente marcó una completa modificación del ecosistema del planeta (Hecht, 1999).

Nuestros antepasados efectuaban el control de malezas e insectos en sus diferentes estados en forma manual y en algunos casos, en forma mecánica utilizando implementos rudimentarios fabricados por ellos mismos.

Los escritos que datan de 3000 a 2500 años a. C., hablan de los primeros controles químicos que se ejercieron sobre las plagas haciendo referencia al uso de compuestos azufrados para insectos y ácaros, otros eran a base de insecticidas botánicos o contenían mercurio y arsénico. Se enuncian también plantas con propiedades insecticidas además de compuestos inorgánicos que, en la actualidad, algunos de ellos se siguen utilizando (Rindos, 1987).

Según Merchant (1980), citado por Hecht (1999), el siglo XVIII fue asociado con el iluminismo en donde la investigación fue más tenida en cuenta debido al surgimiento del método positivista de las ciencias y al movimiento del pensamiento.

En el año 1802, en Francia, se consiguió observar bajo el microscopio la germinación de una espora notándose que, si se añadía una gota de sulfato de cobre, dicha germinación se inhibía. De esta manera comenzaba a surgir la era del control químico de plagas (Boulaine, 1989).

Finalizando el siglo XIX se observó a nivel agrícola una marcada evolución favorecida por la aparición de la máquina a vapor y la boquilla de turbulencia. Este fue un implemento de gran importancia para las aplicaciones de fitosanitarios desarrollado por C.V. Riley en el año 1888 (Magdalena et al., 2010).

Los equipos pulverizadores comenzaron a tener un papel preponderante al momento de llevar a cabo los controles de insectos y enfermedades combinados en algunos casos con métodos físicos al estilo antiguo (Ruiz Altisent y Gil Sierra, 2000; Bragachini, 2009; Magdalena et al., 2010).

La era moderna para la fabricación de plaguicidas orgánicos obtenidos sintéticamente comenzó a partir de la década de 1930. Los tiocianatos de alquilo, oxido de etileno, bromuro de metilo, naftaleno y diclorobenceno se encuentran entre las principales moléculas desarrolladas. En el año 1939 aproximadamente se puede situar a la segunda generación, donde se descubre el DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano) y sus propiedades insecticidas, a su vez comienza la síntesis de hidrocarburos clorados: HCH (Ciclohexano, 1, 2, 3, 4, 5, 6 hexacloro), y Ciclodienos (Monsanto, 2007).

En los tiempos posteriores a la segunda Guerra Mundial y después de grandes penurias alimenticias se produjo un aumento de la protección de los cultivos favorecida por la aparición de novedosos productos químicos como, por ejemplo: insecticidas organofosforados, herbicidas fenoxiacéticos (2,4-D; 2,4,5-T), carbamatos, el insecticida Malatión (organofosforado) y varios funguicidas. Estos, acompañados por la llegada de una nueva generación de equipos pulverizadores facilitaron el control de las plagas y enfermedades (Monsanto, 2007).

Estos productos parecían ser la solución final a los problemas que se presentaban en los cultivos, pero unos años antes ya se hablaba del cuidado que se debía tener sobre la salud humana con respecto a la toxicidad de estos principios activos. Tal preocupación llevó a las empresas a redireccionar la fabricación de sus productos hacia sustancias de menor agresividad, apareciendo entonces los plaguicidas de tercera generación, en donde los primeros insecticidas no neurotóxicos tuvieron un rol preponderante de la mano de los reguladores de crecimiento conocidos como IGR's (Insect Growth Regulator) (Masiá, 2010).

A su vez, surgieron recientemente principios activos que, basados en feromonas y antialimentarios, alteran la conducta de los insectos y que conjuntamente con las endotoxinas proteicas de origen microbiano, la copia de productos naturales (ivermectina, imidacloprid, etc.) y la utilización de ciertos aceites esenciales (limoneno, eugenol, etc), entre otros, integran la cuarta generación de productos para el control de plagas donde las principales ventajas comparativas son su alta selectividad y rápida degradación ambiental (Masiá, 2010).

Paralelamente a la evolución de los compuestos químicos, los equipos pulverizadores también fueron progresando. En sus comienzos eran movidos por caballos, posteriormente por tractores hasta que con el avance de la mecanización a finales de los años 50 fueron evolucionando de manera sostenida (Ruiz Altisent y Gil Sierra, 2000).

Estos avances se vieron reflejados con la llegada de equipos terrestres con barras de pulverización utilizados en cultivos extensivos y el empleo del aire como medio de transporte de los preparados químicos en montes frutales (Bragachini, 2009).

Otras mejoras incorporadas en los equipos fueron, aumentar la longitud de las barras, la incorporación de tanques plásticos, de vitro resinas y acero inoxidable. Además, surgieron diferentes materiales para las boquillas de pulverización como por ejemplo plásticos y cerámicos, otorgándole mayor vida útil. Por último, la aparición de máquinas autopropulsadas mejoró sustancialmente la capacidad operativa (Bragachini, 2009; Masiá y Cid, 2010; Di Prinzio et. al., 2010; Spraying Systems Co. 2014;).

En el año 1967, la FAO crea el programa de recursos para la producción de alimentos, estableciendo que se deben aplicar los métodos de control necesarios para mantener a los organismos perjudiciales por debajo de niveles de daño que afecten la producción, haciendo énfasis en el uso de los factores naturales de control (FAO, 1967).

Según Hall (1995), los cultivos utilizados para la alimentación humana se ven afectados por unas 10.000 especies aproximadamente de insectos perjudiciales, 30.000 malezas, 100 especies de nematodos y unas 100.000 enfermedades, combinadas entre ellas, bacterias, virus y hongos.

Por lo tanto, los cultivos extensivos deben recibir controles de manera que éstos puedan asegurar una cantidad y calidad económicamente aceptable de producto cosechable. De otro modo se verían duramente afectados ocasionando una elevada disminución en la producción de alimentos (CASAFE, 2005).

Desde hace unos años a esta parte, el crecimiento de la frontera agrícola se hizo cada vez más notorio dejando al descubierto la necesidad de efectuar mayores controles sobre las enfermedades y plagas de los cultivos, siendo el control químico el método mayormente empleado para dejar los daños ocasionados por los agentes biológicos debajo del umbral de daño económico (Molinari, 2005; CASAFE, 2011).

Es importante mencionar que el crecimiento poblacional genera preocupación a nivel mundial ya que éste tiene un incremento de 9000 seres humanos por hora aproximadamente. Vinculado a esto, el consumo mundial de granos es de unos 2000 millones de toneladas por lo que, para cumplir con las futuras demandas, la producción se debería duplicar para el año 2020. La necesidad de producir crece, el aumento poblacional existe y también se acrecienta la demanda de alimento, pero hay algo que no se debe perder de vista y es que la superficie cultivable no aumenta considerando que hay una sola superficie terrestre para todas las variables. Se necesita entonces contar con una alta productividad en donde se obtenga más volumen de granos por hectárea logrando mantener la sustentabilidad en el tiempo, respetando y preservando el ambiente a largo plazo apuntando a la viabilidad económica de la agricultura (CASAFE, 2005).

Según Hilz y Vermer (2012), la utilización de plaguicidas es una parte integral de la agricultura actual y contribuye a la productividad y la calidad de los cultivos. Se ha estimado entonces que el uso de agroquímicos previene una pérdida de hasta el 45% de la oferta mundial de alimentos.

La pulverización hidráulica fue adoptada como el sistema más empleado de distribución de los plaguicidas. Las gotas producidas durante la atomización permiten colocar en íntimo contacto a la plaga con el fitoterápico, utilizando la energía del flujo de la vena líquida que transporta las distintas sustancias y permitiendo la constitución de gotas de diferentes tamaños (Hilz y Vermer, 2012).

Contemplando los factores antes mencionados, la producción de granos en la República Argentina desde 1989 hasta estos últimos años aumentó en un 60%, creciendo solamente un 24% la superficie agrícola. En este mismo período el rendimiento promedio pasó de ser 1,65 t.ha⁻¹ a 2,98 t.ha⁻¹ (CASAFE, 2011).

El crecimiento productivo viene de la mano con la implementación altamente tecnificada en donde un fuerte componente de esta metodología sería el empleo de los productos fitosanitarios. Para efectuar la aplicación de estos agroquímicos es necesario contar con la maquinaria adecuada que nos permita realizar dicha tarea.

Las dimensiones de la superficie a tratar será el determinante del equipo a utilizar al momento de hacer la labor. Cuando el objetivo es controlar plagas y enfermedades en cultivos extensivos donde el área de trabajo es grande, se requiere un equipo pulverizador de tiro o autopropulsado.

Estos equipos brindan versatilidad en terrenos y parcelas con diferentes características, comodidad y seguridad al operario contando además con una gran capacidad operativa que, en conjunto con un operario responsable, una adecuada toma de decisiones que involucren aspectos como qué plaga o enfermedad controlar, con qué producto y cómo se realizará la aplicación, harán que el tratamiento sea exitoso (Masiá, 2010).

Al momento de definir cómo se llevará a cabo el control y para que éste sea eficiente se deberá tener en cuenta el tipo de objetivo, la forma de acción del producto, la técnica de aplicación, la vegetación presente y parámetros climáticos como humedad, temperatura y velocidad del viento, parámetros físicos como presión y caudal de trabajo aparte de la velocidad a la que se va a transitar el lote (Villalba y Hetz, 2010; Olivet et al., 2013).

El caudal además de estar relacionado con la presión de trabajo también lo está con el tipo de boquilla a utilizar, ya que ésta es un elemento del equipo de gran importancia en la correcta aplicación de los fitoterápicos con la específica función de dosificar el producto sobre el cultivo, distribuyéndolo de manera tal que el caldo se deposite eficientemente sobre la zona donde se encuentra la plaga o enfermedad en cuestión con un tamaño de gotas adecuado (Pozzolo et al., 2010).

Para Giles (1988), la atomización es una etapa crítica y constituye un fenómeno físico complejo que aún no ha sido completamente dilucidado, en donde una boquilla convencional forma una lámina líquida. Las características que influyen en la eficiencia de este proceso y el posterior desarrollo de la lámina, su atomización y el tamaño de las gotas son, el diseño de la boquilla, la dimensión del orificio, las propiedades físicas del líquido a pulverizar y las condiciones ambientales (Hilz y Vermer, 2012). Son también influyentes la velocidad y patrón de distribución, la estructura laminar de la pulverización y la estructura de cada gota (Miller y Butler Ellis, 2000; Nuyttens, et al., 2009; Lebeau et al., 2011).

En estudios realizados sobre pulverizaciones agrícolas, varios autores (Hermansky y Krause, 1995; Sidahmed, 1996; Hewitt, 2008; Hilz y Vermer, 2012;) concuerdan que hay tres propiedades físicas importantes de los líquidos utilizados en dichas aplicaciones que tienen influencia en el mecanismo de formación de gotas tales como la viscosidad, la tensión superficial y la densidad.

La Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas (ASAE, 2009) establece una clasificación del tamaño de gotas generadas por diferentes boquillas a través de un gráfico de referencia que, considerando únicamente el diámetro volumétrico medio (diámetro correspondiente al volumen medio de la población, Teixeira, M.M., 2010) representado en dicho esquema, se establece un rango de categorización, quedando establecido de la siguiente forma, extremadamente finas (<61 μm), muy finas (61 – 105 μm), finas (106 - 235 μm), medias (236 - 340 μm), gruesas (341 - 403

μm), muy gruesas (404 - 502 μm), extremadamente gruesas (503 - 665 μm) o ultra gruesas (>665 μm). Un diseño similar de clasificación fue publicado por el British Crop Protection Council (BCPC), (Fehringer y Cavaletto, 1990; BCPC, 1998;).

Las pulverizaciones producen lo que se conoce comúnmente como espectro de distribución. En las aplicaciones agrícolas hay estudios que concuerdan en determinar un rango óptimo de tamaño de gota que abarque diámetros comprendidos entre los 100 y 300 μm (Masiá, 2010). Según menciona Leiva (2007) un adecuado balance se obtiene utilizando un diámetro de gotas entre 200 y 250 μm .

Al momento de realizar un control sobre un determinado agente biológico, conocer el espectro de distribución resulta beneficioso porque permite tomar una correcta decisión ya que si se conoce también el objetivo se puede emplear la mínima cantidad de producto. De esta manera se preserva la seguridad de las personas y el ambiente haciendo más efectivo el tratamiento sabiendo que las gotas de diámetros mayores no logran igual uniformidad de distribución sobre el objetivo de aplicación que las de menor diámetro. Esto es debido a un rebote o a la rotura de las mismas en gotas de diámetros menores después del contacto con la superficie de la hoja. Además, no se debe perder de vista que las gotas de tamaños inferiores a los 100 μm son susceptibles a ser corridas del objetivo por diversos factores y no poder alcanzarlo (Smith et al., 2000).

Algunos de los factores que afectan la eficiencia de la técnica de pulverización se deben a que el lote puede presentar irregularidades que dificulten la correcta circulación de la máquina, teniendo presente además la velocidad de trabajo que varía entre 4 y más de 20 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ en la actualidad. Esto puede acrecentar la cantidad de movimientos verticales ocasionando diferencia de altura entre los picos y el suelo además de afectar la superposición entre boquillas. Los movimientos horizontales también se pueden incrementar causando velocidades desiguales de los picos respecto al suelo variando en la dirección de avance. Todo esto favorece a originar zonas sobredosificadas o subdosificadas (Anca et al., 2001; Van de Zande et al., 2008).

Otros problemas que pueden ocasionar el desvío de la gota o que la misma no llegue al blanco afectando la pulverización son, las boquillas desgastadas o tapadas, errónea configuración de la máquina (presión, caudal, boquillas, velocidad), la evaporación y la deriva por viento, uno de los factores más frecuentes que se presenta en los tratamientos químicos (Olivet et al., 2013) y considerada como el problema más difícil para los aplicadores y los fabricantes de plaguicidas (Hofman y Solseng, 2001; Moltó et al., 2013).

Entonces, se define a la deriva como el corrimiento o desvío del agroquímico en el transcurso de la aplicación o posteriormente a ésta sin implicar necesariamente cambios de estado depositándose en un blanco diferente y contaminando el ambiente (Ozkan y Derksen, 1998; Villalba y Hetz, 2010).

Tomasoni (2013) hace referencia a la Norma ASAE S-572, que denomina a la deriva como el desplazamiento de la aspersión (de un plaguicida) fuera del blanco, determinado por el transporte de la masa de aire o por falta de adherencia. Por otra parte, cita también a la Coalición Nacional de Minimización de la deriva de Estados Unidos que la definen como el movimiento de las partículas pulverizadas y vapores fuera del objetivo, provocando una menor efectividad en el control y posible daño a la vegetación susceptible, vida silvestre y a las personas.

Es preciso diferenciar entre deriva y evaporación, principalmente, por ser la primera un proceso meramente físico que en el campo es difícil de distinguir, ya que ambos ocurren en forma simultánea en la cual se pierden gotas finas y muy finas (Villalba y Hetz, 2010).

Varios autores, según citan Hilz y Vermer (2012), tienen diversas opiniones respecto al tamaño de las gotas y la posibilidad de originar deriva, ya que algunos hacen referencia a un rango de entre 50 a 150 μm o tal vez menores y otros expresan que sería a partir de tamaños menores a 100 μm donde las gotas son significativamente más propensas a la deriva y en algunos casos cuando éstas son aún más pequeñas pueden evaporarse antes de lograr llegar al objetivo.

Según Nuyttens et al., (2009), para los sistemas de pulverización, el tamaño de la gota es uno de los factores más influyentes relacionados a la deriva en donde las gotas más grandes conservan su impulso durante más tiempo y son menos propensas a ser desplazadas por el viento, interactuando significativamente con la tecnología de aplicación y con las características del producto (Villalba y Hetz, 2010).

En una aplicación agrícola la porción factible de deriva puede alcanzar valores de hasta el 90% del producto asperjado sobre el cultivo (Tomasoni, 2013). Entonces, las condiciones desfavorables que pueden presentarse en la parcela a tratar y favorecer a la ocurrencia de deriva según Leiva (2007) son, temperatura ambiente mayor a los 25°C, humedad relativa menor al 60%, velocidad del viento mayor a 12 km.h^{-1} , condiciones atmosféricas en estado de inversión térmica y alta radiación solar.

El producto que cae fuera del lote tratado se denomina exoderiva, a diferencia de lo que cae dentro del mismo, pero no sobre el agente biológico al cual se conoce como endoderiva (Leiva, 1995).

La ocurrencia de endoderiva se da según menciona Villalba y Hetz (2010), cuando inmediatamente luego de la aplicación se produce una lluvia ocasionando el lavado del producto, cuando la tensión superficial del caldo es alta o muy baja y además favorecen a esta situación las superficies foliares cerosas provocando el escurrimiento del producto al suelo. Otro factor que genera endoderiva es el uso de gran cantidad de agua. Generalmente esto sucede cuando el objetivo es cubrir totalmente el área y con la mayor celeridad posible con aplicaciones de alto volumen sin prestar atención al espectro de distribución.

De esta manera, al asperjar toda la superficie cultivada, una numerosa cantidad de gotas pueden caer entre la canopia y específicamente en el espacio que queda entre los surcos. Las que impactan sobre las hojas pueden fusionarse, a tal punto que no quedan retenidas y escurren hacia las hojas inferiores y desde allí al suelo. El escurrimiento puede iniciarse con una aplicación de apenas 100 l.ha⁻¹ en un cultivo de baja densidad y poco follaje (Masiá, 2010).

Por lo tanto, el grado de contaminación ocasionado depende de cuan severa pudo haber sido la deriva durante la realización del tratamiento. El fitosanitario en la endoderiva puede perderse hacia el suelo en una proporción de hasta un tercio de la sustancia aplicada, especialmente en los cultivos donde la canopia es tupida y se necesita que el producto llegue a las hojas inferiores de la planta por medio del incremento del volumen de aplicación. Ciertas estimaciones indican que, finalmente, es probable que hasta un 80% del total del fitoterápico empleado alcance el suelo (Masiá y Moltoni, 2012). Asimismo, según Villalba y Hetz (2010) y Tomasoni (2013), las pérdidas que llegan al suelo pueden determinar que el producto sea adsorbido y absorbido a las partículas del mismo, sufrir degradación, percolación o lixiviación, lo que provocaría la contaminación de capas de aguas subterráneas y acuíferos.

A diferencia de la situación anteriormente mencionada, la exoderiva se origina a partir de las gotas que tienen alta probabilidad de ser arrastradas por el viento o evaporadas antes de llegar al objetivo y poseen además un tamaño menor a 100 µm, esto también depende de la altura de descarga (distancia entre la barra pulverizadora y el cultivo) y de las condiciones climáticas imperantes como velocidad del viento, humedad relativa y temperatura (Masiá y Moltoni, 2012).

La exoderiva por su parte puede ocasionar contaminación atmosférica. Para Tomasoni (2013), la evaporación de la gota trae aparejada la disminución del tamaño de la misma permitiendo un mayor arrastre pudiendo ocasionar contaminación humano ambiental y daño a cultivos susceptibles. Según la mezcla utilizada, en la evaporación, además de gasificarse el agua que se agrega como solvente, pueden gasificarse los coadyuvantes, surfactantes y hasta los mismos principios activos tornándose éste momento uno de los principales factores de contaminación atmosférica con plaguicidas. La combinación o la sinergia entre estos fenómenos acontecidos en la exoderiva generan que los plaguicidas o sus residuos deriven en distancias tan lejanas de sus puntos de aplicación como el movimiento de las capas altas de la atmósfera lo permita.

Por consiguiente, el proceso de distribución causa graves consecuencias ya que afecta a la salud humana, el medio ambiente y puede causar daños directos a los trabajadores agrícolas, a las personas que habitan en las periferias de las ciudades y cercanías del campo. Puede también afectar la vida silvestre y su hábitat, contaminar huertas familiares y plantas debido a la exposición a la deriva de pesticidas (Matthews, 1985; Wolf et al., 1993; Gil Moya, 1993; Hiltz y Vermer, 2012).

Es preciso destacar también que puede generar pérdidas en el rendimiento del cultivo, necesidad de repetir los tratamientos, inducción a la resistencia de los organismos a controlar, daño a los cultivos sensibles ubicados en las cercanías del lote tratado, perjuicios en forma indirecta por consumo de alimentos contaminados,

rechazo de los productos en los mercados por presencia de residuos tóxicos, demarcación de zonas de exclusión basadas en la alta presión urbana, litigios judiciales, entre otros (Matthews, 1985; Wolf et al., 1993; Gil Moya, 1993).

Considerando esto, la investigación viene en busca de soluciones a este problema ya que desde hace bastante tiempo genera una gran preocupación. Es por esto que se aborda la temática con el fin de lograr un control adecuado de la deriva para poder atenuar todos los inconvenientes que se puedan ocasionar.

Para Hilz y Vermer (2012), hay tres tipos de medidas de mitigación recomendadas para comenzar con el control de la deriva: a) el uso de zonas buffer sin pulverización, b) la aplicación de técnicas para reducir la deriva, y por último c) el uso de protección contra el viento utilizando pulverizaciones asistidas por aire y boquillas protegidas.

Existen, según Onorato y Tesouro (2004), diferentes recursos técnicos que ayudan a disminuir este proceso. Mencionan entre ellos la pulverización electrostática que consiste en la obtención de gotas cargadas electrostáticamente mejorando la trayectoria de las mismas. Éstas serían atraídas por el cultivo que posee carga negativa disminuyendo los riesgos de exoderiva y favoreciendo la adhesión del líquido a las hojas del cultivo disminuyendo a su vez la endoderiva. Pese a lo mencionado por los autores, no se han encontrado mayores antecedentes que justifiquen plenamente esta técnica, considerando como principal limitante física al denominado cerrojo o jaula de Faraday (propiedades de un conductor en equilibrio electrostático).

Otra técnica señalada es la pulverización con cortina de aire o túnel de viento, en la cual, por medio de una manga asistida por una turbina se forma una cortina con el aire generando una barrera que disminuye el efecto del viento y remueve el cultivo favoreciendo el transporte y la penetración de las gotas (Villalba y Hetz, 2010). Para que esta técnica sea más eficiente, la velocidad de avance del equipo debería ser, según las recomendaciones de los fabricantes, de 8 km.h^{-1} como máximo.

Es evidente que el tamaño de la gota juega un papel preponderante en la deriva. Según Fraser (1958) citado por Matthews (1979), existen diferentes formas de desintegración de la lámina, pero con un solo mecanismo. Éste, divide en varias etapas la formación de gotas propiamente dichas, siendo la primera etapa el disturbio inicial simétrico, le sigue el disturbio asimétrico en una etapa posterior de crecimiento, socavación de la onda por la expansión de conductos, acumulación de líquido en el extremo de la protuberancia y por último la liberación de la gota (Figura 1).

Puesto esto, Nuyttens et al., (2009) expresa que proporcionarle un incremento a la presión del líquido a pulverizar y con la mayoría de los diseños de boquillas hace que la atomización se torne fina aumentando la velocidad de las gotas que salen de la zona de formación. En general, el aumento de la velocidad inicial de las gotas disminuye el tiempo que tardan en recorrer una distancia determinada haciendo que se reduzca el riesgo de deriva (Ozkan, 1998).

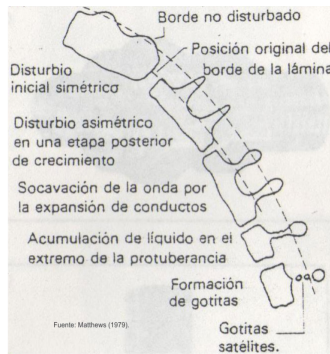


Figura 1: Diagrama de desintegración de borde, Matthews (1979).

Durante mucho tiempo, los fabricantes de equipos orientaron a minimizar la deriva con boquillas que se pudieran operar a presiones más bajas produciendo gotas más grandes (Wolf, 1997). Éstas serían las de abanico plano de rango extendido que, por medio de una cámara de sección ovoidal, logran conseguir un tamaño mayor de gotas que las boquillas estándar a bajas presiones de trabajo, manteniendo el ángulo de aspersión (Masiá, 2010) y proporcionando patrones de pulverización uniformes hasta presiones de 103 kPa generando una reducción del número de gotas pequeñas con tendencia a derivarse en comparación con el funcionamiento de la misma boquilla a 207 ó 276 kPa (Wolf, 1997; Hofman y Solseng, 2001).

Con el propósito de atenuar la deriva, la firma Delavan-Delta, Inc. desarrolló una boquilla de baja deriva llamada Raindrop, que fue diseñada para disminuir la presión interna de la misma resultando una pulverización con gotas más grandes y menos propensas al corrimiento. Hoy esos modelos incorporan un preorificio de entrada a la boquilla restringiendo el flujo y disminuyendo consigo la presión de salida y la cantidad de gotas pequeñas del espectro. Actualmente se las conoce como boquillas de abanico plano de baja deriva (Wolf, 1997; Hofman y Solseng, 2001).

Otro recurso al que hace referencia Matthews (1979) es el empleo de boquillas inducidas por aire. Estas boquillas cuentan con un tubo Venturi incorporado a su cuerpo que les permite introducir aire generando gotas que transportan burbujas con aire. El diámetro de las mismas es mayor que el de las formadas convencionalmente beneficiando la reducción de los efectos de la deriva.

Tales boquillas se emplean especialmente para la aplicación de herbicidas sistémicos (Hofman y Solseng, 2001). Según expresa Hiltz y Vermer (2012) y Matthews (1979), las boquillas de inducción de aire producen gotas que alcanzan un tamaño de hasta 800 μm , clasificadas como extremadamente gruesas según el BCPC que concuerda con la norma S572-1 de ASAE, se mueven a velocidades menores en comparación con las gotas de igual tamaño producidas con boquillas de abanico plano convencionales presentando gran diferencia, ya que al chocar con el objetivo de pulverización estallan generando gotas denominadas “satélites”.

Para Villalba y Hetz (2010), la tecnología sigue cooperando en disminuir las pérdidas con la creación de boquillas antideriva aunque no se recomiendan para todos los tipos de aplicaciones, principalmente cuando se necesita una buena cobertura. De ser necesario usar gotas finas, se podría pulverizar con boquillas convencionales evitando condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa.

Otro concepto relativamente nuevo en el diseño de boquillas es el que combina el pre-orificio con una cámara de turbulencia interna. Esta última absorbe la energía reduciendo la presión de salida creando gotas más grandes y mejorando la uniformidad del patrón de distribución. Tales boquillas responden a un abanico plano tipo espejo, las cuales muestran una consistente mejora en la reducción del porcentaje de gotas con tendencia a derivarse sobre las boquillas de abanico plano de rango extendido bajo un amplio rango de presiones (Hofman y Solseng, 2001).

También se puede lograr disminuir las pérdidas por evaporación y volatilización modificando las características de las gotas pulverizadas, con la incorporación de adyuvantes a las preparaciones variando las propiedades físico químicas y actividad de los productos fitosanitarios. Del mismo modo, con el uso de humectantes se favorece la permanencia de las gotas de mayor tamaño sobre la superficie de las hojas disminuyendo la posibilidad de endoderiva, favoreciendo el contacto con la cutícula e incrementando la absorción del producto. Este fenómeno se produce porque las gotas de agua emulsionadas con aceite presentan una evaporación más lenta permitiendo que alcancen el objetivo al permanecer más tiempo sobre la superficie de la hoja (Villalba y Hetz, 2010; Masiá et al., 2008). Otros ensayos indican que, en algunos casos, el control de la deriva con aditivos puede reducir los depósitos fuera del objetivo entre un 50 a 80% (Hofman y Solseng, 2001).

El gobierno holandés a través del Plan Plurianual de Protección de Cultivos (Multi Year Crop Protection Plan MYCPP, 1991) estableció pautas con el objetivo de llegar a una reducción del 90% de la deriva. Para esto, Van de Zande et al., (2008) propusieron una forma de mitigar la deriva de las aplicaciones usando un conjunto de técnicas, como picos de baja deriva, colocar la barra pulverizadora a 0,5 m de altura respecto del cultivo, un pico en el extremo del botalón y una zona libre de cultivos de 1,5 m como zona de amortiguamiento. Dicha zona se puede reducir a 1,0 m con el uso adicional de la asistencia de aire en la pulverizadora (un equipo con túnel de viento) o la siembra de un cultivo intermedio en el límite del campo.

Otra alternativa empleada son los llamados escudos protectores (EP) antideriva diseñados para disminuir la deriva de la pulverización. Esto fue sugerido por primera vez, según menciona Wolf et al., (1993), en un trabajo realizado por Edwards y Ripper en el año 1953. El empleo de este sistema de EP colocados sobre la barra de pulverización es otra técnica que para Hiltz y Vermer (2012), reduce la deriva y se suma a las descritas anteriormente ya que funciona como barrera mecánica contra el viento generando una significativa reducción de la velocidad del aire en la zona protegida.

A su vez, otro tipo de escudos, además de la protección mecánica, posibilitan modificar la dirección del flujo de aire, pasando del sentido horizontal a uno vertical generando un incremento en la velocidad de las gotas y consecuentemente disminuyendo el tiempo que tardan en recorrer la distancia hasta el objetivo, minimizando los riesgos de deriva (Ozkan et al., 1997; Zhao et al., 2013). De todos modos, este método de protección no permite desentenderse de las declaraciones del marbete del producto sobre la deriva. Si éste indica un límite de velocidad del viento, eso debe ser respetado (Hofman y Solseng, 2001).

Por otro lado, Furness (1991), menciona que son: simples, de bajo costo de fabricación y tienen baja demanda de energía en relación a otros sistemas.

Asimismo, Wolf et al., (1993) mencionan que estos dispositivos mecánicos son utilizados para reducir la cantidad de líquido atomizado que puede ser desplazado durante las aplicaciones en condiciones de viento, permitiéndole contar con dos potenciales ventajas. Una de ellas sería el aumento de la capacidad de trabajo disponible para la pulverización, y otra, el uso de boquillas de menor volumen, permitiendo un uso más eficiente de los productos cuya eficacia depende de las pulverizaciones de bajo volumen.

Del mismo modo hacen referencia al ensayo realizado por Edwards y Ripper (1953), donde dejan asentado que la barra con el EP origina una reducción de la deriva desde un 42% hasta cerca de un 100% dependiendo del tamaño de la boquilla, la presión de trabajo y la velocidad del viento comparado con un botalón estándar.

También advierten que dicho dispositivo no logró eliminar la totalidad de la deriva y que la aplicación no debe realizarse con vientos superiores a los 15 km.h^{-1} (Etiennot y Piazza, 2010; Tocalini et al., 2017; Mur et al., 2018).

Reafirmando lo ya mencionado, Hofman y Solseng (2001) sostienen que las pulverizaciones con EP se han vuelto muy populares en las praderas donde se ha demostrado que la deriva por lo general se reduce en un 50 por ciento o más cuando se utilizan escudos completos comparados con una barra de pulverización sin EP bajo las mismas condiciones de trabajo. Por otra parte, cuando se colocan EP individuales en cada boquilla la disminución en la deriva se asemeja a la producida por un EP completo.

Smith et al., (1982) cuantificaron los efectos de un EP mecánico (Figura 2) sobre los depósitos de deriva en laboratorio y a campo. Los resultados del laboratorio, obtenidos a partir de los depósitos de las gotas registrados a cuatro distancias desde la boquilla fueron menores cuando se empleó el EP respecto de una aplicación convencional. La reducción de la deriva media a nivel de laboratorio alcanzó un valor máximo del 70% mientras que a campo fue del 65%.

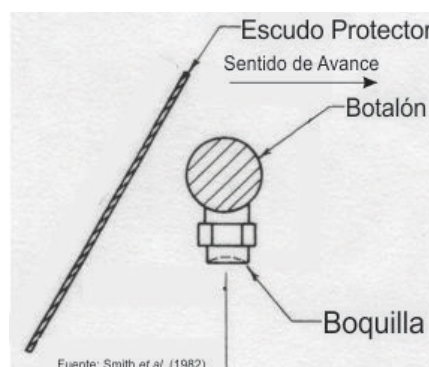


Figura 2: Escudo protector mecánico empleado por Smith *et al.*, (1982).

Ford (1984) realizó ensayos para investigar a través de una comparación, la eficiencia de tres tipos de EP diferentes colocados sobre un equipo pulverizador. Uno de ellos se formaba por medio de un flujo de aire a presión por delante de la boquilla, un EP cribado (malla de alambre entretejido) inmediatamente después de la boquilla y por detrás un EP sólido (Figura 3), el segundo consistía en dos EP sólidos de polietileno (Figura 4) y el tercero estaba conformado por dos EP cribados de plástico ubicadas por delante y por detrás de la boquilla (Figura 5). El total de los ensayos fue realizado con la misma boquilla en donde los resultados dieron que el primer EP obtuvo una reducción del 95% de la deriva, mientras que el tercero logró una reducción del 85%, siendo que el segundo no consiguió tener un buen desempeño.

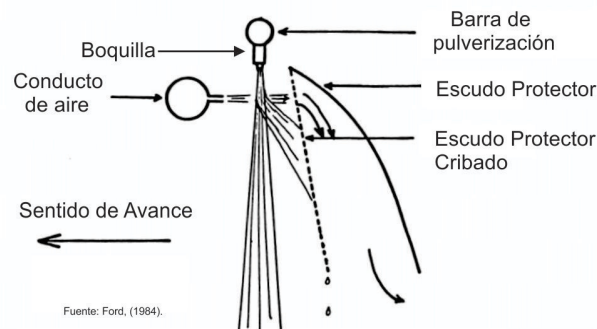


Figura 3: Configuración 1 (EP cribado y EP sólido) empleado por Ford (1984).

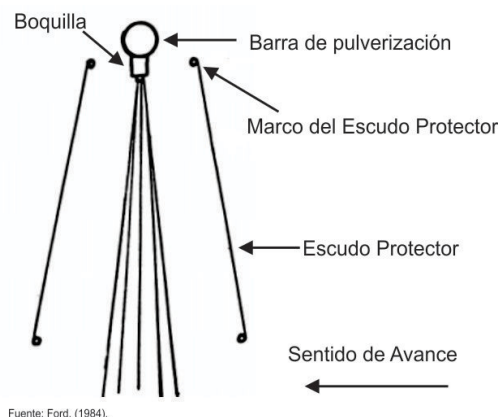


Figura 4: Configuración 2 (EP sólidos de polietileno) empleado por Ford (1984).

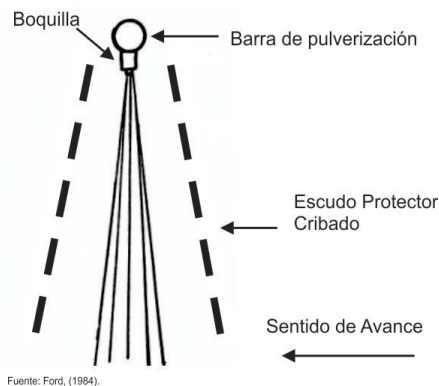


Figura 5: Configuración 3 (EP cribado de plástico) empleado por Ford (1984).

Ford (1986) continuando con el ensayo anterior (Ford, 1984), puso a prueba un EP cribado construido en plástico al cual le realizó modificaciones. En un intento de mejorar la eficiencia, este EP pasó de recto a convexo quedando la curvatura orientada hacia la boquilla pudiéndolo ubicar lo más cerca posible de esta última (Figura 6). Los resultados indican que el EP cribado fue capaz de reducir la deriva de las gotas de pulverizaciones agrícolas en condiciones de viento moderado. Al promediarse los valores obtenidos para la reducción de la deriva, se consiguió un 85,5% de reducción siempre y cuando el EP se encuentre inmediatamente detrás de las boquillas.

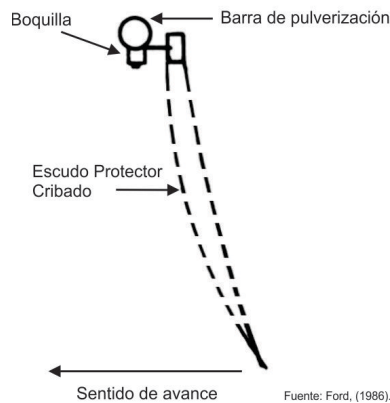


Figura 6: Escudo protector cribado curvo empleado por Ford (1986).

Fehringer y Cavaletto (1990) probaron un EP metálico que en su parte frontal y posterior presentaba una cortina de plástico que a su vez se le podía acoplar en la parte superior una lámina de aluminio por donde circulaba aire (Figura 7). Fue empleada una boquilla de abanico plano 80-02 a 276 kPa de presión y como testigo se utilizó la misma boquilla sin la presencia del EP. Los resultados permitieron llegar a la conclusión que al utilizar el EP se consiguió una reducción de la deriva entre 1,8 a 2,75 veces en comparación con el testigo.

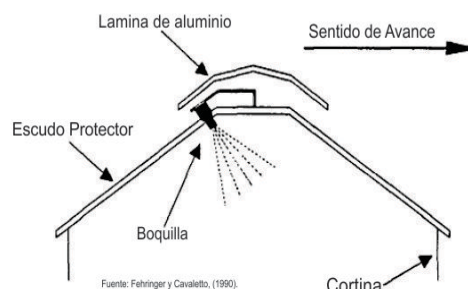


Figura 7: Escudo protector metálico con cortinas y lámina de aire empleado por Fehringer y Cavaletto (1990).

Maybank et al., (1991), ensayaron EP con forma de cono (Figura 8) colocados individualmente sobre cada boquilla de abanico plano 80-02 y 110-02 con las que se trabajó a una presión de 280 kPa. Las primeras estaban orientadas 30° hacia adelante de la vertical y a una altura de 38 cm, las de 110° fueron ubicadas perpendiculares al piso a 45 cm de altura. Los resultados indican que los EP (conos individuales) reducen efectivamente la deriva en un 50% para ambas boquillas.

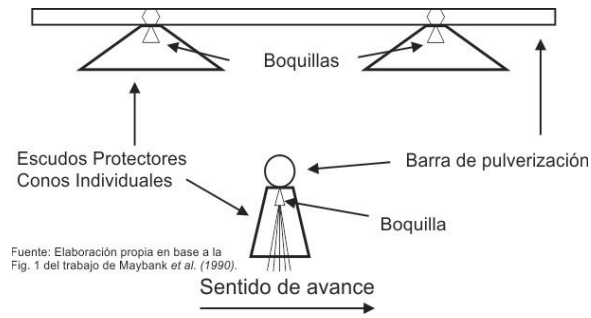


Figura 8: Escudos protectores (conos individuales) empleados por Maybank *et al.*, (1991).

Wolf *et al.*, (1993), mencionan que las características que presentan los EP pueden ser variadas ya que son fabricados en diferentes materiales, formas, tamaños y hasta algunos son perforados. En su trabajo ensayaron cuatro tipos de EP, de plástico sólido (EP sólido I), otro construido en chapa (EP sólido II) (Figura 9), de plástico perforado (EP doble perforado) colocado en la parte frontal y posterior del botalón (Figura 10) y pequeños EP individuales en forma de conos (EP conos individuales) (Figura 11). En función del viento y la boquilla elegida, los resultados obtenidos expresan que la reducción de deriva máxima para el EP sólido I fue de 62%, en cambio para el EP sólido II fue de 84%, obteniendo el EP perforado un 63% de reducción y un 33% los EP individuales con forma de cono.

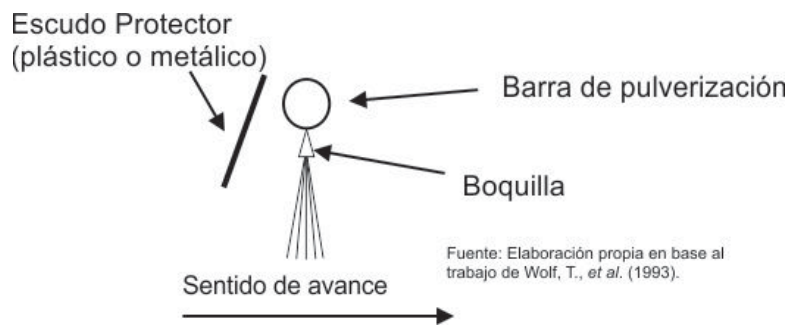


Figura 9: Configuraciones 1 y 2 (EP sólido de plástico ó sólido metálico) empleados por Wolf *et al.*, (1993).

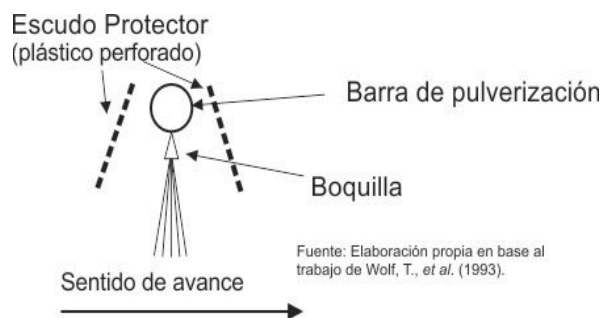


Figura 10: Configuración 3 (EP doble perforado) empleado por Wolf *et al.*, (1993).

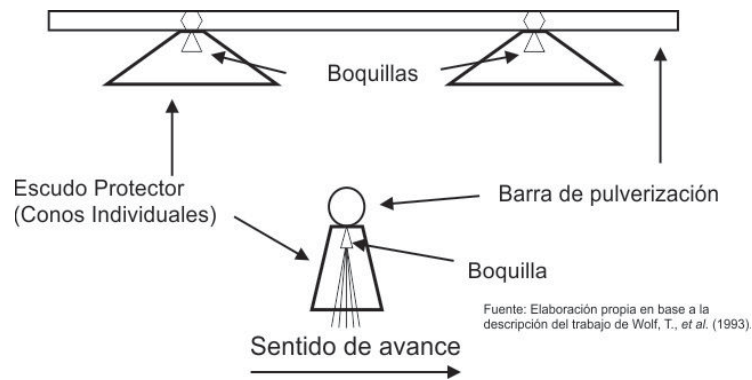


Figura 11: Escudos protectores (conos individuales) empleados por Wolf *et al.*, (1993).

Ozkan *et al.*, (1997) ensayaron en un túnel de viento nueve EP diferentes diseñados y fabricados en el CEMAGREF (Mont-Pellier, Francia) similares a los disponibles en el mercado. Se aplicaron dos velocidades de viento, $2,75 \text{ m.s}^{-1}$ y $4,80 \text{ m.s}^{-1}$ y dos presiones de trabajo para ambas velocidades, 150 kPa y 300 kPa. Los resultados obtenidos con las boquillas de abanico plano estándar indicaron que la mayor reducción la otorgó el EP 2 con un 65% (Figura 12).

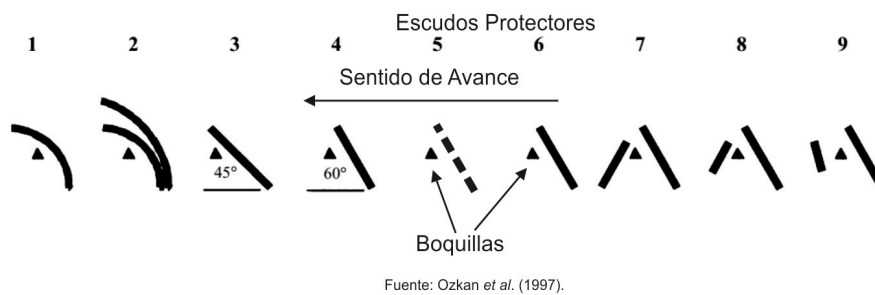


Figura 12: Esquema de 9 tipos de EP diferentes empleados por Ozkan *et al.*, (1997).

Tsay *et al.*, (2002), trabajaron con un software de dinámica de fluidos llamado FLUENT. Utilizaron un EP con dos láminas de aluminio circulares (Figura 13) y una boquilla XR 80-02 para investigar el efecto de éste en la reducción de la deriva bajo diferentes velocidades de desplazamiento y direcciones de avance (en contra y a favor del viento), utilizando como testigo una pulverizadora convencional. Los resultados mostraron que la reducción de deriva alcanzó valores de 60,6% con el empleo del EP.

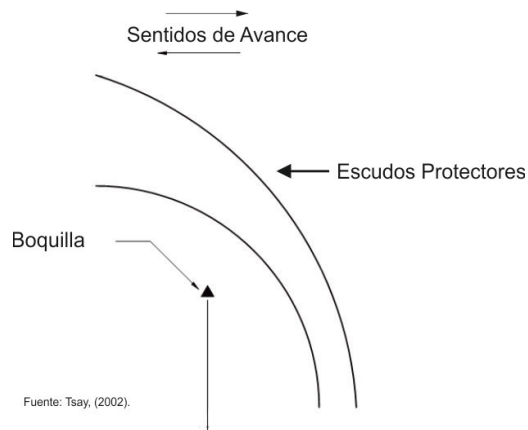


Figura 13: Escudo protector metálico con dos laminas circulares sólidas empleado por Tsay *et al.*, (2002).

Sidahmed *et al.*, (2004), utilizaron tres tipos de EP; el primero (EP 1) estaba conformado por dos láminas metálicas circulares (Figura 14). El EP 2 estaba compuesto por dos láminas metálicas circulares en ambos lados (enfrentados por la parte convexa) conformando un EP doble simétrico con una válvula de aleta, ésta no permitía que el aire que ingresaba por un lado saliera por el otro (Figura 15) y el EP 3 fue desarrollado bajo las características estructurales del 2 con el agregado de una lámina metálica circular a cada lado quedando finalmente una estructura simétrica triple (Figura 16). Los resultados permitieron concluir que el rango de valores obtenidos para la reducción de la deriva fue: para el EP 1 de 48 – 50%, para el 2 de 53 – 60% y para el 3 de 52 – 70%, quedando expuesto que éste último tuvo mayor eficiencia respecto al resto.

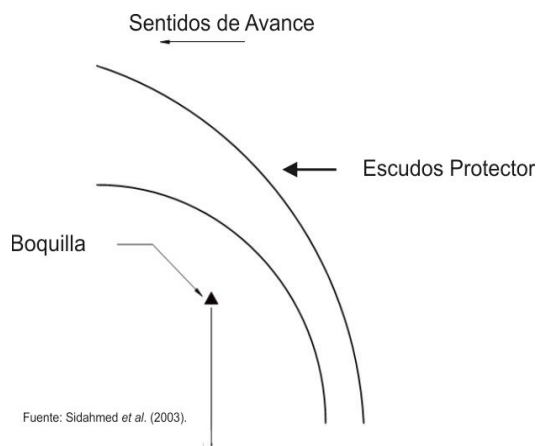


Figura 14: Escudo protector sólido de láminas metálicas circulares dobles empleado por Sidahmed *et al.*, (2004).

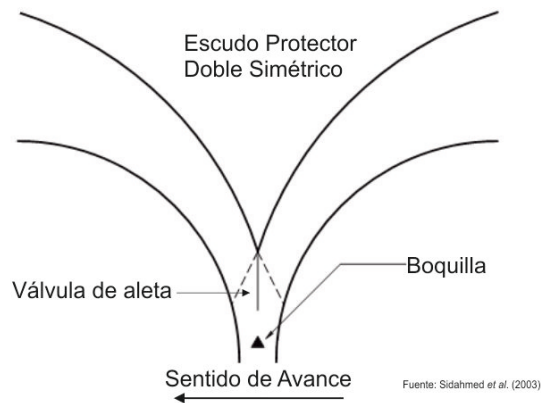


Figura 15: Escudo protector metálico doble simétrico empleado por Sidahmed et al., (2004).

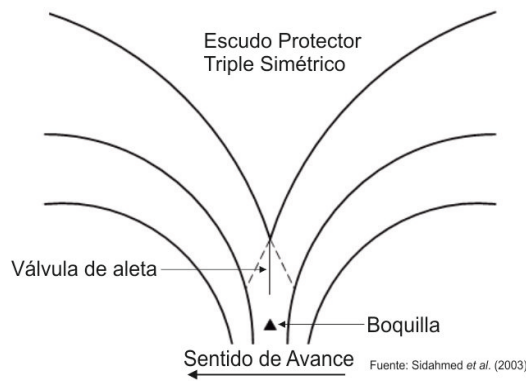


Figura 16: Escudo protector metálico triple simétrico empleado por Sidahmed *et al.*, (2003).

Por otra parte, Zhao et al., (2014) realizaron un ensayo de campo investigando los efectos de un EP deflector de pulverización guiada (EPDPG) con el cual se podría cambiar el flujo de aire alrededor de la boquilla y reducir la velocidad horizontal generando una corriente de aire vertical descendente direccionando las gotas hacia el objetivo (Figura 17). Éste fue comparado con una aplicación estándar (AE) sin EP. Los resultados recogidos indicaron que las AE presentaron aproximadamente 4 veces más deriva que con el empleo del EPDPG. Estos datos concuerdan con los de Zhang et al. (2008), quienes indican que el potencial de deriva de las gotas en la pulverización se redujo al emplear el EPDPG debido a que éste puede reducir la velocidad horizontal por medio de un flujo de aire vertical descendente.

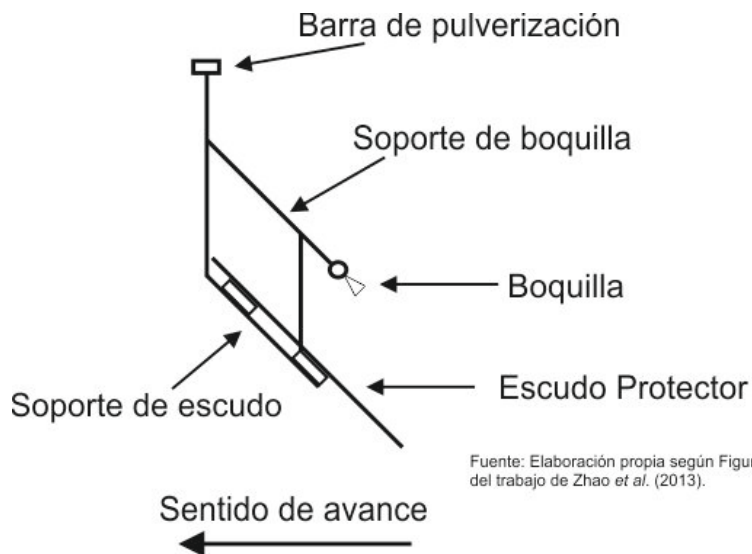


Figura 17: Escudo protector deflector de pulverización guiada empleado por Zhao *et al.*, (2014).

En función de los antecedentes existentes y de los resultados obtenidos por Ozkan *et al.*, (1997); Tsay *et al.*, (2002) y Sidahmed *et al.*, (2004), el presente trabajo propone analizar los efectos de los EP sólidos que poseen configuraciones circulares dobles sobre la deriva de diferentes boquillas de pulverización. Los proveedores de insumos cuentan con una amplia variedad de éstas con diferentes tamaños de gotas y caudales para las pulverizaciones agrícolas. Pese a esto, el caudal más empleado es el de las boquillas con $0,790 \text{ l.min}^{-1}$ volviéndose las de mayor comercialización, además la marca (de boquillas que se utilizaran en este trabajo) posee extensa trayectoria asegurando la constante calidad del producto y los caudales empleados responden a los modales del mercado, definiendo de esta manera su empleo.

2 – Hipótesis y Objetivos:

2.1 Hipótesis básica.

Las gotas producidas por boquillas pulverizadoras son susceptibles de deriva por efecto del viento.

2.2. Hipótesis nula (H_0).

El uso de un escudo protector con diseño de doble lámina circular no reduce la deriva independientemente del tamaño de la gota, del diseño de la boquilla y de la velocidad del viento.

2.3 Hipótesis alternativa (H_1)

Las dos velocidades de viento aumentan de manera proporcional en función de su magnitud el efecto del escudo protector sobre de la deriva.

El efecto sobre la deriva que produce un escudo protector de diseño de doble lámina circular es afectado por las características propias de cada boquilla, diseño y funcionamiento de la boquilla, forma del chorro y diámetro de la gota.

2.4. Objetivo.

El objetivo del trabajo es evaluar a nivel de laboratorio en túnel de viento, el efecto sobre la deriva de un modelo de escudo protector con cinco boquillas, cuatro de ellas de abanico plano de 110° y $790 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ con diferentes tamaños de gotas entre sí y una boquilla de cono hueco de 80° y $790 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$.

3 – Materiales y Métodos:

El ensayo fue realizado en el Laboratorio de Protección de Cultivos instalado en el Instituto de Ingeniería Rural (IIR) del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA) perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ubicado en el partido de Hurlingham, provincia de Buenos Aires.

Se utilizó para el presente trabajo, un banco de distribución de boquillas pulverizadoras construido según lo especificado por la norma ISO 5682/1. Cuenta con 60 canaletas que le otorgan al banco (figura 18), un ancho de 3,0 m y un largo de igual medida. Sobre él y a 1,5 m del extremo posterior se encuentra colocado perpendicularmente a las canaletas un túnel de viento de 1,0 m de alto, 1,53 m de ancho y 8,0 m de largo. Dicho túnel se encuentra equipado con una turbina ubicada en el extremo que se comunica con el exterior, la cual, trabajando a la succión, permite conseguir velocidades de viento que alcanzan los $4,8 \text{ m.s}^{-1}$, con una turbulencia media del 4%.



Figura 18: Banco de distribución (canaletas y probetas) y túnel de viento.

La pulverización hidráulica se efectuó por medio de una bomba de pistón membrana marca "Udor" modelo "Kappa 30" con una capacidad de $34,5 \text{ l.min}^{-1}$ a una presión máxima de 4000 kPa. El sistema de regulación de caudal está conformado por un conjunto marca "Arag" con cinco cortes por sección eléctricos, modelo 464550, con un flujo máximo de 250 l.min^{-1} y 2000 kPa de presión. El indicador de presión es un manómetro de 60 milímetros de cuadrante en baño de glicerina con escala diferencial de 1 a 5 bar y fondo de escala de 25 bar, testeado en el IIR (Figura 19).



Figura 19: Vista parcial del comando de pulverización y bomba.

Se usaron cinco tipos de boquillas de diferente tamaño (Figura 20) de la firma Teejet las cuales fueron seleccionadas al azar de un lote compuesto por 20 unidades de cada modelo suministrado por el fabricante. Cuatro de ellas corresponden a la denominación: abanico plano de rango extendido (XR), de aire inducido (AI), turbo de aire inducido (TTI) y turbo (TT); todas responden al código 110-02 y se encuentran bajo la norma ISO 10625. También fue seleccionado un cono hueco (TXR) de la marca Teejet el cual se encuentra bajo la norma ASAE S572. El caudal teórico de las cinco boquillas a 3 bares de presión es de $0,790 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, en la tabla 1 se pueden observar las características de las mismas.



Figura 20. Boquillas a emplear en el trabajo. De izquierda a derecha: Aire Inducido (AI), Turbo Inducido (TTI), Turbo (TT), Rango Extendido (XR), Cono Hueco (TXR).

Tabla 1: modelo y material de construcción de las boquillas empleadas.

Modelo	Material de construcción (Cuerpo/Inserto)	Denominación	Ángulo (grados)	Caudal (l.min ⁻¹)	Tamaño de gota
Cono Hueco	Plástico/Plástico	TXR	80	0,790	Fina
Rango Extendido	Plástico/Plástico	XR	110	0,790	Fina
Turbo	Plástico/Plástico	TT	110	0,790	Mediana
Aire Inducido	Plástico/Inoxidable	AI	110	0,790	Extremadamente gruesa
Turbo Inducción	Plástico/Plástico	TTI	110	0,790	Ultra gruesa

Con los datos que informa Teejet sobre las boquillas TXR, XR, AI (Spraying Systems Co., 2010), TT y TTI (Spraying Systems Co., 2016) en el datasheet referente al diámetro volumétrico 0,1 (DV_{0,1}), el DV_{0,5} y el DV_{0,9} de cada una de éstas, se realizó la tabla 2. En ella, se puede observar y comparar el coeficiente de variación (CV) y la amplitud relativa (AR) de cada una de las boquillas utilizadas en este ensayo.

Tabla 2: Valores de coeficiente de variación y amplitud relativa de cada boquilla.

	TXR	XR	TT	TTI	AI
CV	38,08	71,39	72,39	66,25	71,54
AR	0,77	1,52	1,80	1,35	1,55

Además, se debe tener en cuenta que en la República Argentina en un trabajo realizado por Pozzolo et al., (1998) se infiere según una encuesta realizada a los productores, que el caudal representativo es el de 0,790 l.min⁻¹ ó 02 gal.min⁻¹ para la nomenclatura americana. Por otra parte, Voll et al., (2006) mencionan que el uso de este tipo de boquillas es el recomendado para ser usado en serie en una barra de pulverización, fundamentándose de esta manera su empleo en el presente trabajo.

La altura de pulverización a la que se realizó el ensayo fue de 0,50 m y la presión de trabajo de 300 kPa (Reichard et al., 1992; Phillips & Miller, 1999; Butler Ellis et al., 2002). Las boquillas se colocaron en posición perpendicular respecto de la dirección del viento, en donde la corriente de aire incide frontalmente sobre todo el espectro de distribución pudiendo ocasionar las mayores pérdidas respecto de otras posiciones. Se emplearon dos velocidades de viento, una de ellas fue la máxima velocidad que se puede desarrollar en el túnel y la otra fue intermedia para obtener una valoración de la eficiencia del dispositivo ante diferentes condiciones de viento.

Éstas se establecieron en aproximadamente 3,56 m.s⁻¹ (12,82 km.h⁻¹, Viento I) y 4,8 m.s⁻¹ (17,28 km.h⁻¹, Viento II) como las velocidades de Ingreso al EP. Las velocidades de salida del mismo fueron, para el viento I de 5,13 m/s (18,47 km/h) y para el viento II una velocidad de 6,90 m/s (24,84). En ambas velocidades de viento se midió un incremento de la misma del orden del 44% aproximadamente (Figura 21).

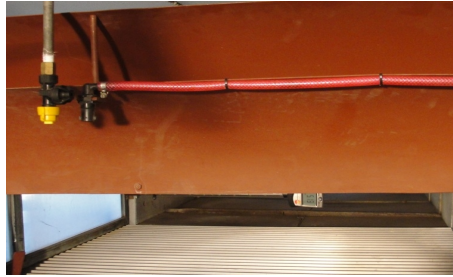


Figura 21: Medición de la velocidad del viento a la salida del EP.

El escudo protector (EP) utilizado se construyó en chapa metálica sólida manteniendo el diseño planteado en el trabajo de Ozkan et al., (1997). El mismo se compone de dos láminas circulares colocadas una encima de la otra. La lámina 1 es circular, con un radio de 0,2 m, y un ángulo de inclusión de 90° y la lámina 2, montada directamente encima y detrás de la lámina 1, cuenta con un radio 0,13 m mayor que la primera y con un ángulo de inclusión 15° más chico. El ancho del EP es igual al del túnel permitiendo trabajar sobre todo el ancho de pulverización de la boquilla. Este sistema de protección se ubicó a una distancia vertical de 0.40 m desde la salida de aire del EP (borde inferior) a la planta del túnel de viento (Figura 22).

La particular elección de este escudo se encuentra estrechamente relacionada a la ubicación de los EP sobre el botalón y al tamaño de los mismos. Esto se debe tener en cuenta para que no dificulte el plegado de los brazos y no afecte el trabajo sobre las boquillas ni el traslado de la máquina. Estos puntos son cruciales para no ocasionar incompatibilidad operativa.

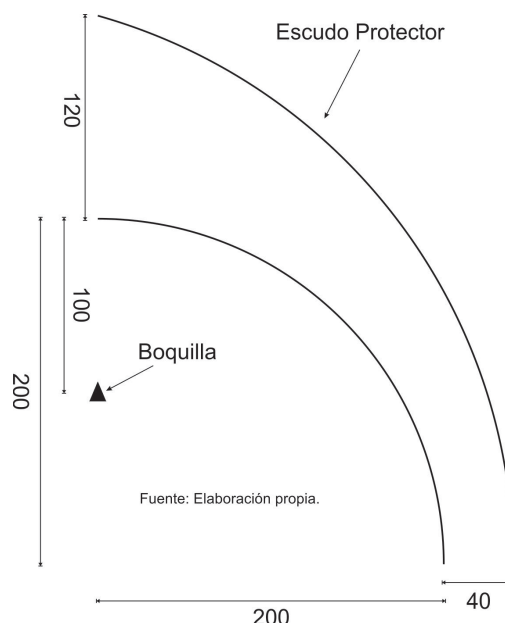


Figura 22: Esquema del EP antideriva de doble lámina circular. Dimensiones en milímetros. Fuera de escala.

Dentro del túnel, centrado sobre el plano vertical y a 0,85 m del borde de barlovento del banco de distribución, se colocó un porta pico con sistema antigoteo. Además, se

introdujo una estructura desarrollada específicamente para sostener el EP (Figura 23, 24).

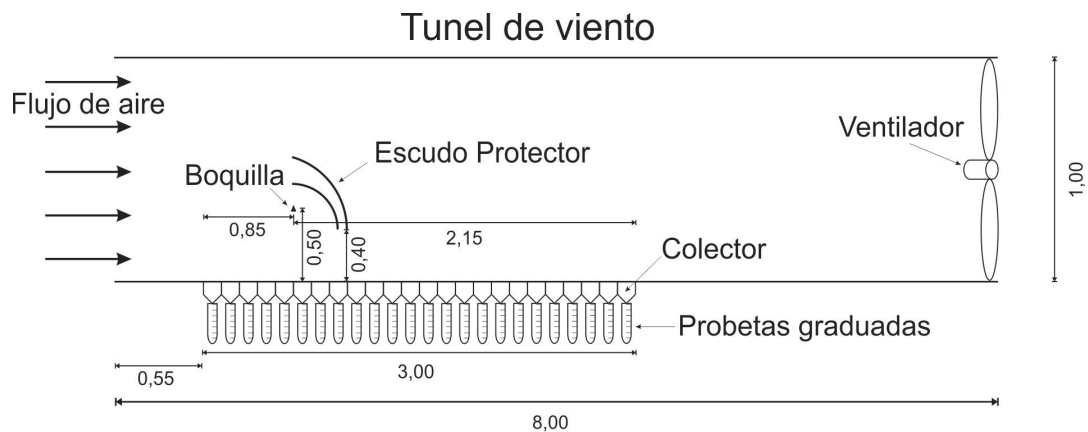


Figura 23: Esquema del Túnel de Viento. Dimensiones en metros. Fuera de escala.



Figura 24: vista frontal y lateral del escudo protector, la estructura de sostén y la ubicación de la boquilla.

Las condiciones climáticas fueron medidas con un termohigrómetro marca Kestrel modelo 3000.

Debido a que el tiempo de cada medición se mantuvo constante en un (1) minuto se hace referencia a volúmenes medidos y no a caudales de las boquillas.

La determinación del volumen se efectuó a través de gravimetría, por medio de una balanza electrónica con precisión de $\pm 0,1$ gramos, mientras que la variable tiempo se cuantificó con un cronómetro electrónico con décimas de segundo.

Los volúmenes de las boquillas fueron utilizados para realizar cuatro pruebas:

La primera fue, definir el volumen de referencia como el erogado por las boquillas sin la presencia de viento. La segunda prueba fue para determinar el volumen de deriva (Volumen Derivado) al emplear las diferentes boquillas sin EP y con viento, expresado en porcentaje (%). El tercer punto fue para determinar el volumen de deriva (Volumen Derivado) al emplear las diferentes boquillas con EP y con viento, expresado en porcentaje (%) y, por último, calcular la reducción de la deriva con el empleo del EP, indicando los valores obtenidos y la eficiencia del mismo. Los resultados se expresan en porcentaje de reducción de deriva en concordancia con Sidahmed et al., (2004); Ozkan et al., (1997); Ford (1984); Smith et al., (1982) entre otros.

Se considera Volumen Derivado a aquel que no fue captado por la superficie del banco de distribución normalizado (Norma ISO 5682/1) a causa del desplazamiento sufrido por la corriente de aire generada en el túnel de viento, en correlación con Miralles y Bogliani (1993). El volumen de líquido derivado se calculó por diferencia entre el caudal entregado por la boquilla y el recogido en el banco de ensayos para cada condición de trabajo, siendo el resultante de la relación entre los centímetros cúbicos derivados cada 100 centímetros cúbicos pulverizados (caudal de referencia), con lo cual se evita propagar al análisis de deriva cualquier diferencia en los caudales entregados por las boquillas. El cálculo del volumen derivado responde a la siguiente ecuación, adaptada de Miralles y Bogliani (1993) y Miralles et al., (1994):

$$\text{Volumen Derivado (\%)} = \frac{VSV - VCV}{VSV} \times 100$$

En donde: Volumen derivado (%) = Volumen derivado para cada condición experimental.

$V S V (cm^3)$ = Volumen pulverizado Sin Viento.

$V C V (cm^3)$ = Volumen recolectado en el banco Con Viento.

Los resultados son expresados en porcentaje de reducción de deriva. Para ello se consideró el volumen derivado de las boquillas sin el EP y con la presencia de éste. Para el cálculo de la reducción de la deriva se empleó la siguiente fórmula, basada en Sidahmed et al., (2004):

$$\text{Reducción de la Deriva (\%)} = \frac{VDSEP - VDCEP}{VDSEP} \times 100$$

En donde: RD (%) = Reducción de la deriva.

$V D S E P (cm^3)$ = Volumen Derivado Sin EP.

$V D C E P (cm^3)$ = Volumen Derivado Con EP.

El diseño experimental empleado fue en bloques completos aleatorizados (DBA) en el cual los bloques fueron las diferentes velocidades de viento, los tratamientos fueron el tipo de boquilla y los subtratamientos, el efecto del EP. Para todas las

pruebas se realizaron diez repeticiones en cada condición experimental y el método de análisis estadístico fue un análisis de varianza con un nivel de confianza de $\alpha \leq 0,05$ y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de significación del 5%.

4. Resultados:

A fin de evaluar y comparar el comportamiento de la deriva y la reducción de la misma a través del empleo del EP en las condiciones de viento I y II para todas las boquillas seleccionadas, a continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada caso. En el primero se muestran los valores de los volúmenes (ml) obtenidos sin viento para verificar su aceptación según norma ISO 5682/1. Luego se presentan los resultados del análisis de los datos de los porcentajes de volúmenes derivados con y sin EP y los datos de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad mínima (viento I) y máxima (viento II) sin el EP para todas las boquillas.

También se presentan en otro punto los datos de los porcentajes de volúmenes derivados de todas las boquillas para la velocidad de viento I y II con el EP. Otro punto hace referencia a los porcentajes de volúmenes derivados en las dos condiciones de viento con y sin EP individualizando específicamente cada boquilla. En el último punto se menciona la eficiencia del EP por medio del porcentaje de reducción de la deriva para ambas velocidades de viento (I y II) y para todas las boquillas con y sin EP.

4.1 – Caudal de referencia obtenido sin viento.

Luego de efectuadas las respectivas mediciones en el túnel de viento, se presentan en la tabla 4.1.1. las medias de los volúmenes obtenidos en el ensayo con las cinco boquillas.

Tabla 4.1.1. Volúmenes medios (ml) de cada boquilla sin viento.

Volúmenes medios medidos (ml)	
Boquilla	S/Viento
TXR80-02	784,18
XR110-02	790,30
TT110-02	755,18
TTI110-02	801,34
AI110-02	787,40

En la tabla 4.1.2. se puede observar los resultados del análisis de varianza de los volúmenes medios obtenidos sin viento para cada boquilla.

Tabla 4.1.2. Resultados del análisis de varianza de los volúmenes obtenidos sin viento para cada boquilla.

Fuente	S. C.	G. L.	C. M.	Valor "F"	Pr > F
Tratamiento	5910,19	4	1477,55	237,95	<0,0001
Error	124,19	20	6,21		
Total	6034,38	24			

La tabla 4.1.3. muestra los valores obtenidos en la prueba de comparaciones múltiples de los volúmenes registrados sin viento.

Tabla 4.1.3. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples para los volúmenes obtenidos sin viento.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
TT110-02	5	755,18	A
TXR80-02	5	784,18	B
AI110-02	5	787,40	BC
XR110-02	5	790,30	C
TTI110-02	5	801,34	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.2. – Porcentaje de volumen derivado con y sin escudo.

Con el fin de comprobar el funcionamiento del EP, se comparó la deriva con y sin EP para todas las boquillas y con ambas velocidades de viento. En la tabla 4.2.1. se presentan los resultados del análisis de la varianza de los volúmenes obtenidos con y sin el EP.

Tabla 4.2.1. Resultados del análisis de la varianza de los volúmenes derivados con y sin EP para ambas velocidades de viento y todas las boquillas.

Fuente	S. C.	G. L.	C. M.	Valor "F"	Pr > F
Presencia de EP	2873,12	1	2873,12	10,57	0,0013
Error	53806,66	198	271,75		
Total	56679,78	199			

La tabla 4.2.2. muestra los valores obtenidos en la prueba de comparaciones múltiples de los volúmenes registrados con y sin EP, ambas velocidades de viento y todas las boquillas.

Tabla 4.2.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples para los volúmenes obtenidos con y sin el EP, las dos velocidades de viento y todas las boquillas.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
Escudo	100	21,48	A
Sin Escudo	100	29,06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.3. Porcentajes de volúmenes derivados sin EP y todas las boquillas empleadas para cada velocidad de viento.

4.3.1. Porcentajes de volúmenes derivados obtenidos con viento I.

En la tabla 4.3.1.1. se pueden observar los resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I sin EP para todas las boquillas en estudio.

Tabla 4.3.1.1. Resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I sin EP para todas las boquillas.

Fuente	S. C.	G. L.	C. M.	Valor "F"	Pr > F
Tratamiento	14321,83	4	3580,46	8399,73	<0,0001
Error	19,18	45	0,43		
Total	14341,01	49			

La tabla 4.3.1.2 muestra los valores obtenidos en la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I sin EP para todas las boquillas en estudio.

Tabla 4.3.1.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I sin EP y todas las boquillas.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
TXR80-02V1S/E	10	52,36	A
XR110-02V1S/E	10	40,08	B
TT110-02V1S/E	10	20,72	C
TTI110-02V1S/E	10	10,62	D
AI110-02V1S/E	10	9,36	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

4.3.2. Porcentajes de volúmenes derivados obtenidos con el viento II.

Los resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados recogidos para la velocidad de viento II sin EP para todas las boquillas en estudio, se presentan en la tabla 4.3.2.1.

Tabla 4.3.2.1. Resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II sin EP para todas las boquillas.

Fuente	S. C.	G. L.	C. M.	Valor "F"	Pr > F
Tratamiento	18147,46	4	4536,87	8872,31	<0,0001
Error	23,01	45	0,51		
Total	18170,47	49			

En la tabla 4.3.2.2. se muestran los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II sin EP para todas las boquillas en estudio.

Tabla 4.3.2.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II sin EP para todas las boquillas.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
TXR80-02V2S/E	10	58,15	A
XR110-02V2S/E	10	49,47	B
TT110-02V2S/E	10	25,47	C
TTI110-02V2S/E	10	13,00	D
AI110-02V2S/E	10	11,43	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

4.4. Porcentajes de volúmenes derivados con EP y todas las boquillas empleadas para cada velocidad de viento.

4.4.1. Porcentajes de volúmenes derivados obtenidos con el viento I.

A continuación, en la tabla 4.4.1.1. se observan los resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados recogidos para la velocidad de viento I con EP para todos los casos.

Tabla 4.4.1.1. Resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con EP y todas las boquillas.

Fuente	S. C.	G. L.	C. M.	Valor "F"	Pr > F
Tratamiento	10176,79	4	2544,20	5642,69	<0,0001
Error	20,29	45	0,45		
Total	10197,08	49			

Los valores obtenidos en la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad de viento I con EP y todas las boquillas en estudio, se presenta en la tabla 4.4.1.2.

Tabla 4.4.1.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad de viento I con EP y todas las boquillas

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
TXR80-02V1C/E	10	40,29	A
XR110-02V1C/E	10	34,62	B
TT110-02V1C/E	10	16,32	C
TTI110-02V1C/E	10	6,58	D
AI110-02V1C/E	10	5,80	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.4.2. Porcentajes de volúmenes derivados obtenidos con el viento II.

En la siguiente tabla 4.4.2.1. se muestran los valores obtenidos en el análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados recogidos para la velocidad de viento II con EP para todas las boquillas.

Tabla 4.4.2.1. Resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad de viento II con EP y todas las boquillas.

Fuente	S. C.	G. L.	C. M.	Valor "F"	Pr > F
Tratamiento	10436,79	4	2609,20	14075,11	<0,0001
Error	8,34	45	0,19		
Total	10445,13	49			

La tabla 4.4.2.2. presenta los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad de viento II con EP y todas las boquillas.

Tabla 4.4.2.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II utilizando el EP y todas las boquillas.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
TXR80-02V2C/E	10	41,89	A
XR110-02V2C/E	10	36,13	B
TT110-02V2C/E	10	18,75	C
TTI110-02V2C/E	10	8,30	D
AI110-02V2C/E	10	6,17	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

4.5. Volumen derivado para cada boquilla con y sin el EP en las velocidades de viento I y II.

A fin de evaluar y comparar el comportamiento de la deriva con y sin el EP particularmente con cada boquilla en las condiciones de viento I y II, a continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada caso.

4.5.1. Volumen derivado para la boquilla TXR80-02 con y sin el EP en la velocidad de viento I.

La tabla 4.5.1.1. presenta los resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad de viento I con y sin EP.

Tabla 4.5.1.1. Resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Fuente	S. C.	G.L.	C. M.	Valor-F	Pr>F
Entre grupos	728,425	1	728,425	772,76	0,0000
Intra grupos	16,9673	18	0,942627		
Total	745,392	19			

En la tabla 4.5.1.2. se muestran los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Tabla 4.5.1.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
TXR80-02V1C/E	10	40,29	A
TXR80-02V1S/E	10	52,36	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

4.5.2. Volumen derivado para la boquilla TXR80-02 con y sin el EP en la velocidad de viento II.

La tabla 4.5.2.1. presenta los resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad de viento II con y sin EP.

Tabla 4.5.2.1. Resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Fuente	S. C.	G.L.	C. M.	Valor-F	Pr>F
Entre grupos	1322,26	1	1322,26	2058,89	0,0000
Intra grupos	11,56	18	0,64222		
Total	1333,82	19			

En la tabla 4.5.2.2. se muestran los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Tabla 4.5.2.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
TXR80-02V2C/E	10	41,89	A
TXR80-02V2S/E	10	58,15	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.5.3. Volumen derivado para la boquilla XR110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento I.

La tabla 4.5.3.1. presenta los resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad de viento I con y sin EP.

Tabla 4.5.3.1. Resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Fuente	S. C.	G.L.	C. M.	Valor-F	Pr>F
Entre grupos	149,113	1	149,113	475,57	0,0000
Intra grupos	5,64385	18	0,313547		
Total	154,756	19			

En la tabla 4.5.3.2. se muestran los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Tabla 4.5.3.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
XR110-02V1C/E	10	34,62	A
XR110-02V1S/E	10	40,08	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.5.4. Volumen derivado para la boquilla XR110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento II.

La tabla 4.5.4.1. presenta los resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad de viento II con y sin EP.

Tabla 4.5.4.1. Resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Fuente	S. C.	G.L.	C. M.	Valor-F	Pr>F
Entre grupos	889,911	1	889,911	2844,60	0,0000
Intra grupos	5,63117	18	0,312843		
Total	895,543	19			

En la tabla 4.5.4.2. se muestran los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Tabla 4.5.4.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
XR110-02V2C/E	10	36,13	A
XR110-02V2S/E	10	49,47	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.5.5. Volumen derivado para la boquilla TT110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento I.

La tabla 4.5.5.1. presenta los resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad de viento I con y sin EP.

Tabla 4.5.5.1. Resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Fuente	S. C.	G.L.	C. M.	Valor-F	Pr>F
Entre grupos	96,4922	1	96,4922	120,77	0,0000
Intra grupos	14,3821	18	0,799003		
Total	110,874	19			

En la tabla 4.5.5.2. se muestran los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Tabla 4.5.5.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
TT110-02V1C/E	10	16,32	A
TT110-02V1S/E	10	20,72	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.5.6. Volumen derivado para la boquilla TT110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento II.

La tabla 4.5.6.1. presenta los resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad de viento II con y sin EP.

Tabla 4.5.6.1. Resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Fuente	S. C.	G.L.	C. M.	Valor-F	Pr>F
Entre grupos	226,33	1	226,33	493,48	0,0000
Intra grupos	8,25548	18	0,458638		
Total	234,585	19			

En la tabla 4.5.6.2. se muestran los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Tabla 4.5.6.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
TT110-02V2C/E	10	18,75	A
TT110-02V2S/E	10	25,47	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.5.7. Volumen derivado para la boquilla TTI110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento I.

La tabla 4.5.7.1. presenta los resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad de viento I con y sin EP.

Tabla 4.5.7.1. Resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Fuente	S. C.	G.L.	C. M.	Valor-F	Pr>F
Entre grupos	81,5676	1	81,5676	1299,66	0,0000
Intra grupos	1,12969	18	0,0627606		
Total	82,6973	19			

En la tabla 4.5.7.2. se muestran los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Tabla 4.5.7.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
TTI110-02V1C/E	10	6,58	A
TTI110-02V1S/E	10	10,62	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.5.8. Volumen derivado para la boquilla TTI110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento II.

La tabla 4.5.8.1. presenta los resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad de viento II con y sin EP.

Tabla 4.5.8.1. Resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Fuente	S. C.	G.L.	C. M.	Valor-F	Pr>F
Entre grupos	110,497	1	110,497	2246,15	0,0000
Intra grupos	0,88549	18	0,0491939		
Total	111,382	19			

En la tabla 4.5.8.2. se muestran los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Tabla 4.5.8.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
TTI110-02V2C/E	10	8,29	A
TTI110-02V2S/E	10	13,00	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

4.5.9. Volumen derivado para la boquilla AI110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento I.

La tabla 4.5.9.1. presenta los resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad de viento I con y sin EP.

Tabla 4.5.9.1. Resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Fuente	S. C.	G.L.	C. M.	Valor-F	Pr>F
Entre grupos	63,2612	1	63,2612	844,40	0,0000
Intra grupos	1,34853	18	0,0749183		
Total	64,6098	19			

En la tabla 4.5.9.2. se muestran los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Tabla 4.5.9.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I con y sin EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
AI110-02V1C/E	10	5,80	A
AI110-02V1S/E	10	9,36	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

4.5.10. Volumen derivado para la boquilla AI110-02 con y sin el EP en la velocidad de viento II.

La tabla 4.5.10.1. presenta los resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados para la velocidad de viento II con y sin EP.

Tabla 4.5.10.1. Resultados del análisis de varianza de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Fuente	S. C.	G.L.	C. M.	Valor-F	Pr>F
Entre grupos	137,918	1	137,918	494,46	0,0000
Intra grupos	5,02066	18	0,278926		
Total	142,938	19			

En la tabla 4.5.10.2. se muestran los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Tabla 4.5.10.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento II con y sin EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
AI110-02V2C/E	10	6,17	A
AI110-02V2S/E	10	11,42	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

4.6. Reducción de la deriva

Con el propósito de determinar la eficiencia del EP en la reducción de la deriva para todas las boquillas seleccionadas en las condiciones de viento I y II, se presentan a continuación los resultados obtenidos en cada caso.

4.6.1. – Reducción de la deriva para la velocidad de viento I y II del conjunto de boquillas

En la tabla 4.6.1.1. se presentan los resultados del análisis de la varianza de los porcentajes de reducción de la deriva (%RD) para viento I y II del conjunto de boquillas con la presencia del EP.

Tabla 4.6.1.1. Resultados del análisis de la varianza de los %RD para viento I y II del conjunto de boquillas y con EP.

Fuente	S. C.	G. L.	C. M.	Valor "F"	Pr > F
Viento I y II	872,85	1	872,85	10,20	0,0019
Error	8386,85	98	85,58	10,20	
Total	9259,70	99			

La tabla 4.6.1.2 muestra los resultados obtenidos en la prueba de comparaciones múltiples de los %RD para viento I y II del conjunto de boquillas con EP.

Tabla 4.6.1.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los %RD para el viento I y II del conjunto de boquillas con el EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
Viento I	50	26,71	A
Viento II	50	32,62	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

4.6.2. – Reducción de la deriva entre boquillas para ambas velocidades de viento y con EP.

Los resultados del análisis de la varianza de los %RD entre boquillas para las dos velocidades de viento y con EP, se presentan en la tabla 4.6.2.1.

Tabla 4.6.2.1. Resultados del análisis de la varianza de los %RD entre boquillas para las dos velocidades de viento y con EP.

Fuente	S. C.	G. L.	C. M.	Valor "F"	Pr > F
Boquillas	6868,55	4	1717,14	68,22	<0,0001
Error	2391,15	95	25,17		
Total	9259,70	99			

En la tabla 4.6.2.2 se observan los resultados conseguidos en la prueba de comparaciones múltiples de los %RD entre boquillas para las dos velocidades de viento y con EP.

Tabla 4.6.2.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los %RD entre boquillas para las dos velocidades de viento y con EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
XR	20	20,28	A
TT	20	23,68	AB
TXR	20	25,51	B
TTI	20	37,06	C
AI	20	41,81	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.6.3. Porcentaje de reducción de la deriva entre boquillas para el viento I y con EP.

La tabla 4.6.3.1. muestra los resultados del análisis de la varianza de los %RD obtenidos entre boquillas para el viento I y con EP.

Tabla 4.6.3.1. Resultados del análisis de la varianza de los %RD obtenidos entre boquillas para el viento I y con EP.

Fuente	S. C.	G. L.	C. M.	Valor "F"	Pr > F
Viento I	4693,09	4	1173,27	82,08	<0,0001
Error	643,22	45	14,29		
Total	5336,31	49			

Los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los %RD entre boquillas para el viento I y con EP, se presentan en la tabla 4.6.3.2.

Tabla 4.6.3.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los %RD entre boquilla para el viento I y con EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
XR	10	13,61	A
TT	10	21,04	B
TXR	10	23,06	B
AI	10	37,88	C
TTI	10	37,99	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.6.4. Porcentaje de reducción de la deriva entre boquillas para el viento II y con EP.

En la tabla 4.6.4.1. se observan los resultados del análisis de la varianza de los %RD obtenidos entre boquillas para el viento II y con EP.

Tabla 4.6.4.1. Resultados del análisis de la varianza de los %RD obtenidos entre boquillas para el viento II y con EP.

Fuente	S. C.	G. L.	C. M.	Valor "F"	Pr > F
Viento II	2780,44	4	695,11	115,80	<0,0001
Error	270,11	45	6,00		
Total	3050,55	49			

La tabla 4.6.4.2. muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los %RD entre boquillas para el viento II y con EP.

Tabla 4.6.4.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los %RD entre boquillas para el viento II y con EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
XR	10	26,32	A
TT	10	26,96	A
TXR	10	27,96	A
TTI	10	36,13	B
AI	10	45,75	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.6.5. Porcentaje de reducción de la deriva para ambas velocidades de viento y todas las boquillas con el EP.

Los resultados del análisis de la varianza de los %RD para ambas velocidades de viento y todas las boquillas con el EP se presentan en la tabla 4.6.5.1.

Tabla 4.6.5.1. Resultados del análisis de la varianza de los %RD para ambas velocidades de viento y todas las boquillas con el EP.

Fuente	S. C.	G. L.	C. M.	Valor "F"	Pr > F
Viento I y II	8346,37	9	927,37	91,38	<0,0001
Error	913,33	90	10,15		
Total	9259,70	99			

En la tabla 4.6.5.2. se muestran los resultados conseguidos de la prueba de comparaciones múltiples de los %RD para ambas velocidades de viento y todas las boquillas con el EP.

Tabla 4.6.5.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los %RD para ambas velocidades de viento y todas las boquillas con el EP.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
XR V I	10	13,61	A
TT V I	10	21,04	B
TXR V I	10	23,06	BC
TT V II	10	26,32	CD
XR V II	10	26,96	CD
TXR V II	10	27,96	D
TTI V II	10	36,13	E
AI V I	10	37,88	E
TTI V I	10	37,99	E
AI V II	10	45,75	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

4.6.6. – Porcentaje de reducción de la deriva de cada boquilla para cada velocidad de viento

La tabla 4.6.6.1. muestra los valores de los %RD obtenidos a partir de la fórmula mencionada en el capítulo anterior.

Tabla 4.6.6.1. Valores de los %RD del EP para cada boquilla ensayada.

Denominación	Vel. I %RD	Vel. II %RD	Tipo de gota
TXR	23,06	27,96	Fina
XR	13,61	26,96	Fina
TT	21,04	26,32	Mediana
AI	37,88	45,75	Extremadamente gruesa
TTI	37,99	36,13	Ultra gruesa

En la tabla 4.6.6.2. se presentan los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los %RD obtenidos con cada boquilla analizada en forma individual al utilizar el EP en las velocidades de viento I y II.

Tabla 4.6.6.2. Resultados de la prueba de comparaciones múltiples de los %RD para cada boquilla al utilizar el EP en las velocidades de viento I y II.

Fuente	N° de valores	Medias	Grupos Homogéneos
TXR Vel I	10	23,06	A
TXR Vel II	10	27,96	B
XR Vel I	10	13,61	A
XR Vel II	10	26,96	B
TT Vel I	10	21,04	A
TT Vel II	10	26,32	B
TTI Vel I	10	37,99	A
TTI Vel II	10	36,13	A
AI Vel I	10	37,88	A
AI Vel II	10	45,75	B

Dentro de cada boquilla, medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

5 – Discusión:

5.1. Volúmenes medios obtenidos sin viento.

En el ensayo, como se aprecia en los resultados, se obtuvieron los volúmenes medios para cada boquilla sin viento en donde se puede observar que éstas sí bien presentaron diferencias entre el volumen real y el teórico, en ninguno de los casos se exceden los límites tolerables del 5% de error (Norma ISO 5682/1, 1993) registrándose como volumen mínimo el erogado por la boquilla TT110-02 con 755,2 ml y como máximo el de la boquilla TTI110-02 con 801,3 ml.

Esta variación también se ve reflejada estadísticamente al observarse diferencias significativas entre ambas boquillas, en contraposición con la TXR80-02 (cono hueco) y la AI110-02, como así también ésta última con la XR110-02 en donde no se observaron diferencias. Se pueden atribuir entonces las variaciones encontradas a cuestiones relacionadas netamente al control de calidad de las mismas debido a que fueron empleadas bajo las condiciones de trabajo indicadas por la firma y utilizadas únicamente para este ensayo por lo que no sufrieron procesos de desgaste previos.

Considerando lo mencionado, se concuerda con Voll et al., (2006) quienes expresan en su trabajo, que para la determinación de la calidad de una boquilla son necesarios algunos parámetros como la distribución volumétrica y la uniformidad de caudal. Las variaciones en estos parámetros pueden deberse también a fluctuaciones en el proceso y control de calidad adoptado para su fabricación. Es pertinente remarcar estas diferencias porque con el resto de las boquillas se obtuvieron volúmenes reales muy cercanos a los teóricos. No obstante, se logró trabajar con todas las boquillas seleccionadas ya que no hubo que descartar ninguna gracias a que se encuadraban dentro de lo establecido por la norma. Esto se visualiza concretamente en el gráfico 5.1.1. de volúmenes medios quedando, dichos valores claramente representados.

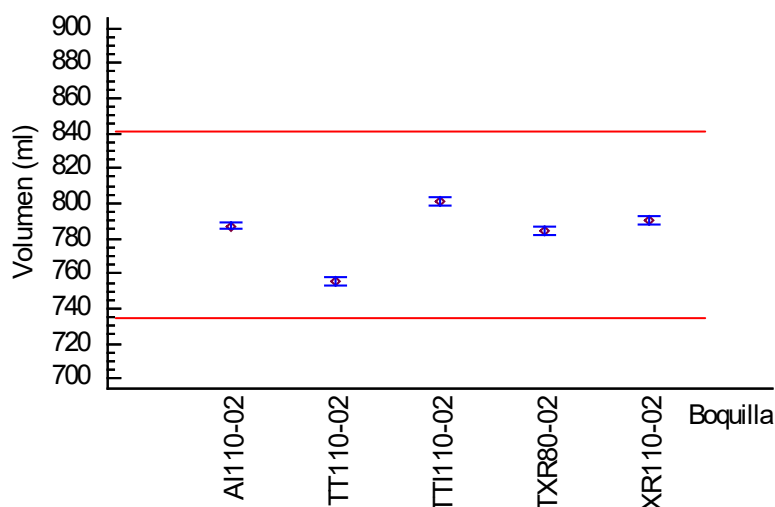


Gráfico 5.1.1. Intervalos de confianza y medias de los volúmenes obtenidos sin viento.

5.2. – Porcentajes de volúmenes derivados con y sin EP para ambas velocidades de viento.

En este punto, con los resultados obtenidos de los porcentajes de volúmenes derivados para ambas velocidades de viento con y sin escudo protector, se llega a percibir que al utilizar el EP se genera una diferencia aproximadamente de 7,6 veces en la disminución de la deriva respecto de cuando no es utilizado. También se observa claramente que el análisis estadístico arroja que se encuentran diferencias significativas entre la presencia y ausencia del EP, consiguiendo bajar la deriva en un 26 % aproximadamente con el uso del mismo. Por lo tanto, estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Ford (1984); Wolf et al., (1993); Ozkan et al., (1997); Tsay et al., (2002) y entre otros en donde los ensayos llevados a cabo registraron que el empleo del EP favorece a una reducción en los niveles de deriva.

5.3. Porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I y II sin EP.

Los resultados obtenidos de los porcentajes de volúmenes derivados cuando se aplicó viento a una velocidad de $3,56 \text{ m.s}^{-1}$ (viento I) muestran que hubo diferencias significativas entre todas las boquillas, siendo el cono hueco (TXR 80-02) el que presentó mayor porcentaje derivado con un 52,36% contra la menor deriva de la boquilla AI110-02 con un 9,36%, quedando las boquillas XR110-02, TT110-02 y TTI110-02 en forma escalonada descendente con un 40,08% de deriva, un 20,72% y un 10,62%, respectivamente.

Para el caso de los porcentajes de volúmenes derivados cuando el viento fue de $4,8 \text{ m.s}^{-1}$ (viento II) los valores de deriva aumentaron significativamente respecto de la velocidad del viento I, manteniendo diferencias significativas entre todas las boquillas. El cono hueco nuevamente presentó el mayor porcentaje de deriva con un 58,15% y el menor quedó para la boquilla AI110-02 con un 11,43%.

Al igual que lo expresado anteriormente, el resto de las boquillas quedaron entre medio con un 49,47% para la XR110-02, un 25,47% para la TT110-02 y un 13% para la TTI110-02. A modo de resumen se presentan en la tabla 5.3.1. los resultados de las pruebas de comparaciones múltiples donde se pueden comparar los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I y II sin EP para todas las boquillas.

Tabla 5.3.1. Resumen de los resultados de las pruebas de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I y II sin EP para todas las boquillas.

Sin Escudo Protector				
	Viento I		Viento II	
Fuente	Medias	Grupos Homogéneos	Medias	Grupos Homogéneos
TXR80-02	52,36	A	58,15	A
XR110-02	40,08	B	49,47	B
TT110-02	20,72	C	25,47	C
TTI110-02	10,62	D	13,00	D
AI110-02	9,36	E	11,43	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

De la prueba de comparaciones múltiples, se desprende que, el orden de los porcentajes de deriva mantuvo su ubicación tanto en la menor velocidad como en la mayor. Al observar esto, queda claro como el tamaño de la gota tiene gran influencia sobre la deriva cuando es sometida a diferentes velocidades de viento. Por lo tanto, lo expresado hasta ahora, coincide con lo mencionado por Wolf et al., (1993) ya que obtuvieron en la aplicación sin EP (estándar I) y con una boquilla de abanico plano 80-01 un incremento del volumen derivado del 213% cuando se aumentó la velocidad del viento de $2,5 \text{ m.s}^{-1}$ a $8,3 \text{ m.s}^{-1}$. Esto deja de manifiesto que, al producirse un incremento en la velocidad del viento consecuentemente se ve reflejado un aumento en la deriva.

Un efecto similar se logró en el ensayo precedente, en donde se mantuvo la presión de trabajo y el caudal, modificando el tamaño de las gotas en función de las características de las boquillas empleadas mostrando como disminuyen notoriamente los valores medios de los volúmenes obtenidos ocasionando un aumento de la deriva en cada boquilla estudiada a medida que se incrementa la velocidad del viento.

Al mismo tiempo se coincide con lo expresado por Maybank et al., (1991) quienes mencionan que al utilizar una boquilla de abanico plano 80-02 con una velocidad de viento de $4,17 \text{ m.s}^{-1}$ y sin EP se generó una deriva de 1,1%. En cambio, para un viento de $8,33 \text{ m.s}^{-1}$, la deriva pasó a ser de 2,2%. Wolf et al., (1993), por otro lado, expresan que, cuando la velocidad de viento fue de $5,56 \text{ m.s}^{-1}$ la deriva en la aplicación sin EP y boquilla de abanico plano 80-01 (estándar I) fue de 7,5% y en la estándar II (sin EP, boquilla de abanico plano 80-02) fue de 2,7%, resultando esta última un 65 % inferior a la aplicación estándar I (sin EP).

De este modo se ve reflejado que al mantener constante la velocidad del viento y al modificar las boquillas, la que genera menor tamaño de gotas se ve más afectada por una mayor deriva.

Por otra parte, también se concuerda con lo expresado por Sidahmed et al., (2004), ya que los resultados que obtuvieron con dos boquillas de abanico plano 80-01 y 80-03, bajo diferentes condiciones, dejaron en claro que en las pruebas donde no se usó el EP la deriva fue de 53,3% y 12,6% respectivamente, quedando expuesto que al pulverizar con una boquilla de menor tamaño y a mayor presión la deriva se incrementa severamente debido al menor tamaño de las gotas.

Pese a todo lo expresado, la boquilla TTI 110-02 según la clasificación del tamaño de gotas es, de todas las estudiadas, la que presenta mayor diámetro (UC, ultra gruesa, ASAE S-572) observándose en este ensayo que obtuvo un porcentaje de deriva superior al de la boquilla AI con un diámetro menor (XC, extremadamente gruesa, ASAE S-572). Ambas boquillas cuentan con una amplitud relativa muy semejante en el espectro de distribución del tamaño de la gota por lo que las diferencias en el funcionamiento se podrían atribuir por un lado, a la geometría de las boquillas y al largo del Venturi influyendo posiblemente sobre la velocidad de salida de las gotas incrementando el riesgo de deriva al tener mayor tiempo de exposición de éstas al viento y por el otro, a que al establecerse rangos de

diámetros, la diferencia puede ser suficiente para cambiar de un rango a otro pero realmente estrecha en sí misma.

5.4. Porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I y II al emplear el EP.

Los valores de los porcentajes de deriva obtenidos al colocar el EP para el viento I indican que hubo diferencias entre las boquillas TXR80-02 (40,29%), la XR110-02 (34,62%), la TT110-02 (16,32%) y la TTI110-02 (6,58%). En cambio, entre ésta última y la AI110-02 que tuvo un 5,80% de deriva, no hubo diferencias significativas observables. Así mismo los resultados obtenidos con el viento II, muestran que hubo diferencias entre los valores obtenidos en todas las boquillas, quedando entonces con el mayor porcentaje la TXR80-02 (41,89%), seguida por la XR110-02 (36,13%), la TT110-02 (18,75%), la TTI110-02 (8,30%) y por último la AI con el menor porcentaje derivado, un 6,17%.

Considerando esto, el EP evidenció diferencias entre todas las boquillas analizadas para la velocidad de viento II. Por otra parte, para la velocidad de viento I, en el único caso que no presentó diferencias significativas luego del análisis fue entre las boquillas AI y TTI. Wolf et. al., (2005) colocaron tarjetas hidrosensibles en un banco simulador de aplicaciones terrestres con el fin de comparar las características de los espectros de gotas de diferentes boquillas. Encontraron que la TTI originó gotas de mayor diámetro con 540 μm respecto de la AI con 506 μm en donde, ésta última, consiguió un porcentaje de cobertura y deposición mayor respecto de la anterior, marcando de esta manera una mejor eficiencia de la misma.

A continuación, se presentan a modo de resumen en la tabla 5.4.1. los resultados de las pruebas de comparaciones múltiples donde se pueden comparar los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I y II con EP para todas las boquillas.

Tabla 5.4.1. Resumen de los resultados de las pruebas de comparaciones múltiples de los porcentajes de volúmenes derivados con la velocidad de viento I y II con EP para todas las boquillas.

Con Escudo Protector				
Fuente	Viento I		Viento II	
	Medias	Grupos Homogéneos	Medias	Grupos Homogéneos
TXR80-02	40,29	A	41,89	A
XR110-02	34,62	B	36,13	B
TT110-02	16,32	C	18,75	C
TTI110-02	6,58	D	8,30	D
AI110-02	5,80	D	6,17	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Es notorio entonces que, cuando se coloca el EP en el túnel de viento, la deriva disminuye y consecuentemente los porcentajes de volúmenes derivados también registran una disminución. Esto podría estar relacionado al tamaño de la gota, ya que como se logra observar, las de menor tamaño son las que mayor deriva presentan y viceversa al aumentar el mismo.

De esta manera se concuerda con lo expresado por Wolf et al., (1993), ya que en su trabajo informaron que los valores de deriva obtenidos para la aplicación con el escudo solido II (chapa) oscilaron entre 0,7% con vientos de 5,83 m.s⁻¹ a un 2,47% cuando el viento fue de 8,33 m.s⁻¹. El escudo doble perforado con una boquilla 110-01 obtuvo mayor deriva que con la boquilla 80-01, del mismo modo para una velocidad de viento de 5,56 m.s⁻¹ con la boquilla 110-01 la deriva fue de 3,97% mientras que con la boquilla 80-01 se obtuvo sólo un 2,8% marcando diferencias significativas entre ambas boquillas.

Por otro lado, los escudos individuales con forma de cono, obtuvieron valores de deriva mayores que los escudos sólidos o perforados en similares condiciones. La combinación de conos individuales con boquillas 80-01 obtuvo para velocidades de viento de 3,33 m.s⁻¹ a 7,22 m.s⁻¹ un porcentaje de deriva de 2,0% a 9,1%. Esto deja en claro que si bien sigue existiendo deriva a mayor velocidad de viento en función del tamaño de la gota, el empleo del EP genera una disminución de la misma respecto de las aplicaciones sin EP.

En tanto que, Zhao et al., (2014) indican que, para una aplicación con un EP deflector de pulverización guiada (EPDPG) y empleando una boquilla de rango extendido (LU 120-02, Lechler) la deriva fue 1,3 veces más que la obtenida por una boquilla inducida por aire (IDK 120-02, Lechler) y el EDPG. Asimismo, Sidahmed et al., (2004) también menciona que la deriva observada en los ensayos realizados, varió desde un 3,02% para la boquilla 80-03 con el EP1 hasta un 33,72% para la 80-01 con el EP, ambas bajo diferentes condiciones.

5.5. Porcentajes de volúmenes derivados al emplear el EP para cada boquilla y velocidades de viento estudiadas.

Al efectuar el análisis de los porcentajes de volúmenes derivados particularmente para cada boquilla en donde se contrastó la velocidad de viento I con y sin EP por un lado y la velocidad de viento II con y sin EP por el otro, se obtuvieron valores en los cuales se observan diferencias significativas dentro de cada una de las boquillas para los casos mencionados. En la tabla 5.5.1. y 5.5.2. se presentan los resúmenes de los resultados del porcentaje de los volúmenes derivados particularmente para cada boquilla y velocidades de viento estudiadas.

Tabla 5.5.1. Resumen de los resultados del porcentaje de los volúmenes derivados particularmente para cada boquilla con el viento I.

Viento I	Boquillas				
	TXR80-02	XR110-02	TT110-02	TTI110-02	AI110-02
Sin EP	52,36 A	40,08 A	20,72 A	10,62 A	9,36 A
Con EP	40,29 B	34,62 B	16,32 B	6,58 B	5,80 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)

Tabla 5.5.2. Resumen de los resultados del porcentaje de los volúmenes derivados particularmente para cada boquilla con el viento II.

Viento II	Boquillas				
	TXR80-02	XR110-02	TT110-02	TTI110-02	AI110-02
Sin EP	58,15 A	49,47 A	25,47 A	13,00 A	11,43 A
Con EP	41,49 B	36,13 B	18,75 B	8,30 B	6,17 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

De esta manera queda expresado que se logró generar una reducción en la deriva para una misma boquilla, favoreciendo de este modo el empleo del EP como una técnica alternativa con el fin de mitigar las pérdidas respecto de una aplicación estándar. Esta reducción podría deberse a la acción del funcionamiento del EP ya que el flujo de viento horizontal es perjudicial para las gotas debido a que genera arrastre de las mismas dificultando el impacto con el objetivo.

Por lo que el EP modificaría el sentido del flujo de aire cercano a la barra, pasando éste a vertical, lo cual generaría un cambio en la dirección del viento beneficiando de esta manera la llegada de las gotas al objetivo y favoreciendo su penetración ya que la corriente de aire en sentido descendente se incrementa a la salida del EP en un 44,51% y 43,75% para la velocidad I y II respectivamente permitiendo que las mismas logren llegar a una mayor profundidad en el cultivo, coincidentemente con lo expresado por Zhao et al., (2014).

5.6. Porcentajes de reducción de la deriva al emplear el EP.

Finalmente, los resultados de reducción de la deriva obtenidos para las velocidades de viento I y II con todas las boquillas fueron 26,71% y 36,32% respectivamente, lográndose una mayor reducción con la velocidad II respecto de la velocidad I.

Queda reflejado entonces que, al aumentar la velocidad del viento se acentúa el efecto del escudo sobre la deriva, favoreciendo un aumento en la reducción de la misma. En el caso del estudio de cada boquilla en particular para ambas velocidades de viento, los resultados conseguidos con el EP para la reducción de la deriva fueron los siguientes. La boquilla AI alcanzó la mayor reducción observada con un 41,81%, seguida de la TTI con un 37,06%, luego la TXR con un 25,51% y por último las boquillas TT y XR con un 23,68% y un 20,28% respectivamente. Por otra parte, dado el tamaño fino que poseen las gotas de la boquilla TXR 80-02, resulta llamativo el desempeño alcanzado por la misma. Esto podría llegar a estar influenciado por la forma del chorro, ya que junto al ángulo son las únicas diferencias que se observan con el resto de las boquillas.

Los resultados para la velocidad de viento I obtenidos por cada boquilla fueron, 37,99% para la TTI110-02 que logró la mayor reducción, la siguieron la AI110-02 (37,88%), la TXR80-02 (23,06%), la TT110-02 (21,04%), siendo la boquilla XR110-02 la de menor reducción con un 13,61%. Para la velocidad de viento II la boquilla que presenta mayor reducción con un 45,75% fue la AI110-02 seguida de la TTI110-

02 (36,13%), la TXR80-02 (27,96%), la XR110-02 (26,96%) y la TT110-02 que obtuvo un 26,32% de reducción.

De esta manera, indistintamente de las velocidades de viento, se obtuvo con el abanico plano de rango extendido (XR) una reducción del 13,61%, representando el menor valor obtenido, mientras que el abanico plano con inducción de aire (AI) obtuvo la mayor reducción con un 45,75%. Como se puede apreciar según los resultados, en todos los casos hubo reducción de deriva y en la mayoría de las boquillas los valores de reducción aumentaron al pasar de la velocidad I a la velocidad II, salvo la boquilla TT110-02 que fue un 4,89% más baja la reducción en la velocidad II respecto de la velocidad I.

A diferencia de la boquilla antes mencionada, los modelos TT110-02, TXR80-02 y AI110-02 presentaron un 25,09%, 21,30% y 20,78% más de reducción en la velocidad II respecto de la velocidad I. El mayor valor de reducción lo consiguió la boquilla XR110-02 con un 98,02% más en la velocidad de viento II respecto del viento I. Esto deja en claro la eficiencia y la utilidad del EP con el fin de reducir la deriva en las aplicaciones de fitosanitarios.

Por otra parte, se observó en el análisis efectuado a cada boquilla en ambas velocidades de viento con el EP que, en la mayoría de las boquillas se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la reducción de la deriva. En cambio, para la boquilla TT110-02 sí bien generó una reducción en la deriva no se observaron diferencias estadísticas.

Es relevante además identificar los aspectos en los que se coincide con cada autor, en donde con el fin de beneficiar a las pulverizaciones agrícolas terrestres hicieron varios ensayos puntuales. Tal es el caso de Tsay et al., (2002), en el que los resultados que obtuvieron describen que para diferentes condiciones de trabajo y con una boquilla XR 80-02 el EP produjo una reducción de la deriva de 55,1% cuando se lo utilizó en contra del viento y 21,9% cuando fue a favor, comparado con la pulverización sin EP en contra del viento. Asimismo, cuando se realiza una aplicación a una velocidad de avance de $1,34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a favor o en contra del viento, la reducción de deriva obtiene valores del 29,3% al 60,6% respectivamente.

Otro caso es el descrito por Smith et al., (1982), en donde indican que el EP reduce los depósitos de deriva de 35,7% a 70,7%, permitiendo demostrar entonces la efectividad de un EP mecánico. Por otro lado, los resultados que obtuvieron a campo indicaron que el EP metálico en diferentes condiciones consiguió una reducción del 65% al 81% de los depósitos de deriva a favor del viento respecto de un botalón sin EP.

También se concuerda con el trabajo de Ford (1984), quien encuentra que para una misma boquilla y diferentes EP logró generar una reducción importante de la deriva en dos de los tres EP ensayados, consiguiendo entre un 85% y un 95% de reducción

respectivamente. Además, continuando con el ensayo anterior, Ford (1986), desarrolló un nuevo EP obteniendo una reducción del 85,5% de la deriva, con la salvedad de que éste debe estar colocado por detrás de las boquillas.

En otro ensayo, llevado a cabo por Fehringer y Cavaletto (1990), en donde emplearon una boquilla de abanico plano 80-02 a 276 kPa de presión y como testigo, la misma boquilla sin la presencia del EP. Los resultados permitieron resaltar que el escudo redujo la deriva en un 45% a 65% y que para el mayor rango de velocidades de viento ($4,5 \text{ m.s}^{-1}$ a $6,7 \text{ m.s}^{-1}$) utilizadas en dicho ensayo se obtuvieron los máximos valores de deriva, siendo para la configuración A (aplicación sin EP) 10%, para la B (boquilla 8002 y EP sin lamina de aluminio) 0,8% y para la C (boquilla 8002 y EP con lamina de aluminio) 1,3. Por lo tanto el EP proporciona un máximo de reducción en la deriva de 180% a 275% sobre el botalón sin el EP.

Por otra parte, Ozkan et al., (1997) muestran que para todos los escudos estudiados con las boquillas de abanico plano estándar con un caudal de $0,61 \text{ l.min}^{-1}$ en diferentes condiciones, logran obtener resultados de reducción que van desde 7,9%, siendo éste el menor valor para el EP de malla metálica, hasta un 65% de reducción registrado para el escudo de doble lámina circular. A su vez, cuando emplearon el EP de lámina simple con geometría circular y la boquilla de abanico plano estándar de $1,71 \text{ l.m}^{-1}$ la deriva se redujo entre 69,5% a 75,5% para las diferentes condiciones.

Asimismo, es importante destacar la coincidencia que se logra con Fehringer y Cavaletto (1990) en donde los resultados le permitieron llegar a la conclusión que al utilizar el EP la deriva es muy dependiente del tamaño de las gotas pudiendo reducirla de 1,8 a 2,75 veces comparando la boquilla 8002 con la pulverización sin EP.

En el caso del EP de doble lamina circular basado en el trabajo de Ozkan et al., (1997) y ensayado en el presente trabajo, la eficiencia del mismo para la boquilla TTI, si bien logró generar un efecto positivo con el empleo del EP, no se alcanzó a evidenciar un incremento en el porcentaje de reducción de deriva entre la velocidad de viento I y II respecto del resto de los casos analizados, pudiéndose atribuir esto al tamaño de gotas generadas por la boquilla TTI110-02.

A su vez, como se menciona en párrafos anteriores, la velocidad de salida de las gotas también pudo tener efectos negativos generando mayor riesgo de deriva al tener un tiempo de exposición mayor de éstas al viento. En cambio, la eficiencia del EP con las demás boquillas estudiadas logró resultados satisfactorios y promisorios, éstos se presentan en el grafico 5.6.1.

Al observar los resultados obtenidos queda en evidencia que el tamaño de gota generado por las boquillas estudiadas tiene una marcada influencia en el rendimiento del EP, en donde a mayor diámetro, mayor eficiencia respecto de la

reducción de la deriva. Dicha observación respondería al funcionamiento lógico del EP en donde en los primeros instantes de formación de gotas, éstas quedan protegidas de la acción del viento, logrando los resultados ya mencionados. Al salir de la zona de influencia del EP, las gotas quedan expuestas a la corriente de aire y sería allí donde prevalece el diámetro de las mismas sobre la deriva. La magnitud de la zona de protección o influencia del EP estaría dado por su geometría particular y por la velocidad del aire incidente sobre el mismo.

Por lo tanto, el EP en el presente trabajo permitió cumplir satisfactoriamente con los objetivos planteados. Al mismo tiempo, se aceptan las hipótesis alternativas dado que se demostró que el efecto sobre la reducción de la deriva es afectado por las características propias de cada boquilla, diseño y funcionamiento de la boquilla, forma del chorro y diámetro de la gota. Se demostró a su vez que, el efecto del escudo protector sobre de la deriva al incrementar la velocidad del viento generada aumenta también la reducción de la deriva en cuatro de los cinco casos planteados. Es por ello que debido a su desempeño sería oportuno realizar ensayos a velocidades mayores a las estudiadas para este caso además de probarlo con diferentes variables de aplicaciones.

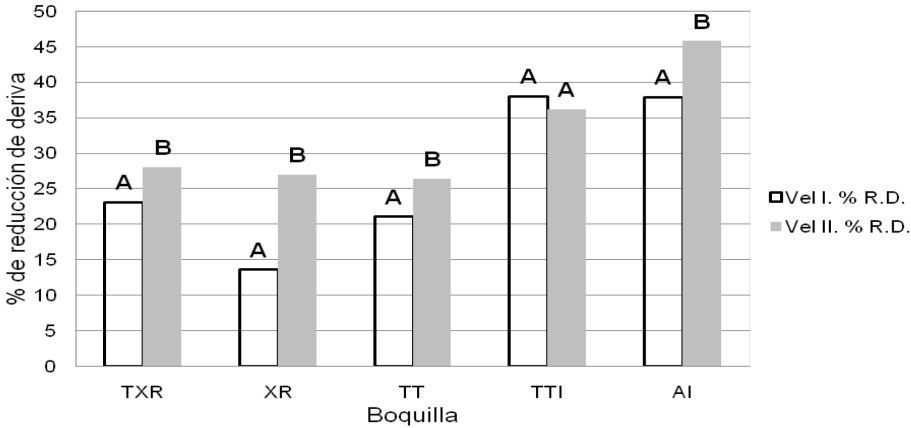


Gráfico 5.6.1. Porcentaje de reducción de deriva con EP.

6 – Conclusiones:

Al aumentar la velocidad del viento sin utilizar el EP, los porcentajes de volúmenes derivados, se incrementan.

El EP permite reducir la deriva para las dos velocidades de viento en todos los casos.

Incrementar el tamaño de gota y la velocidad del viento al emplear el EP, reduce más la deriva que un tamaño de gota más fino y menor velocidad de viento.

La boquilla TTI con el empleo del EP reduce en mayor porcentaje la deriva en la velocidad de viento I respecto de la velocidad de viento II.

Las boquillas restantes reducen más la deriva en la velocidad de viento II respecto de la velocidad de viento I empleando el EP.

7 – Bibliografía:

ASAE S 572-1. 2009. Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan.

Anca, A.; Cardona, A.; Nigro, N. 2001. Mecánica Computacional, Volume XX. Number 7. Pp.: 282 – 289.

Disponible en: <http://www.cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/viewFile/1799/1765>
Consulta: 1/07/15.

British Crop Protection Council (BCPC). 1998. X-572 Spray Nozzle Classification Adopted by the ASAE.

Boulaine, J. 1989. Histoire des pédologues et de la Science des sols. INRA Ed., 285 pp.

Bragachini, M. 2009. Historia de la mecanización agrícola del país: del arado de reja a la siembra de precisión. En: La Argentina 2050. La revolución tecnológica del agro. CASAFA, 740 pp.

Butler Ellis, M.C.; Swan, T.; Miller, P.H.C.; Waddelow, S.; Bradley, A.; Tuck, C.R. 2002. Design Factors affecting Spray Characteristics and Drift Performance of Air Induction Nozzles. Biosystems Engineering (2002) 82 (3), 289–296.

Cipolla, C. M. 1978. Historia Económica de la población mundial. Trad. Esp. Editorial Universitaria.

Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizante (CASAFA). 2005. Reconquista 661; Buenos Aires, Argentina. PP. 2080.

Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizante (CASAFA). 2011. Reconquista 661; Buenos Aires, Argentina. PP. 1978.

Di Prinzio, A.; Behmer, S.; Magdalena, C. 2010. Equipos pulverizadores terrestres. En: Tecnología de Aplicación de Agroquímicos; Magdalena, C.; Castillo Herrán, B.; Di Prinzio, A.; Homer Bannister, I.; Villalba, J. Eds; Alto Valle, Rio Negro, Argentina; pp 108-109.

Edwards, C. J. y Ripper, W. E. 1953. Droplet size, rates of application and the avoidance of spray drift. Proc. Br. Weed Control Conf. pp. 348-367.

Etiennot, A.E.; Piazza, A. 2010. Buenas prácticas de aplicación en cultivos planos extensivos. Distancias a zonas urbanas. Criterios y soluciones. Acta toxicológica Argentina 18 (2): 40 – 53.

Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-37432010000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Consulta: 6//5/21

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1967. Estado mundial de la agricultura y la alimentación; Roma; Italia; Pp.: 229.

Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/017/ap655s/ap655s.pdf>

Consulta: 2/6/15.

Fehringer, R. J.; Cavaletto, R. A. 1990. Spray drift reduction with shrouded boom sprayers. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI. ASAE Paper 90-1008, 12 pp.

Ford, R. J. 1984 Comparative evaluation of three drift control devices. Canadian Agricultural Engineering. 26: 97–99.

Disponible en: http://www.csbe-scgab.ca/docs/journal/26/26_2_97_raw.pdf

Consulta: 18/08/15.

Ford, R. J. 1986. Field trials of a method for reducing drift from agricultural sprayers. Canadian Agricultural Engineering. 28: 81–83.

Disponible en: http://www.csbe-scgab.ca/docs/journal/28/28_2_81_ocr.pdf

Consulta: 20/8/15.

Fraser, R. P. 1958. The fluid kinetics of application of pesticidal chemicals. En Advanced Pest Control Reserch. Ed. R. L. Metcalf. Interscience, New York. 2, 1-106.

Furness, G. O. 1991. A comparison of simple bluff plate and axial fans for air-assisted, high-speed, low-volume spray application to wheat and sunflower plants. Journal of Agricultural Engineering Research.

Gil Moya, E. 1993. Pérdidas de productos fitosanitarios por deriva. ISSN: 0214-9206. Revista: MT. Máquinas y tractores agrícolas. 4 (3): 76-84.

Giles, D.K. 1988. Energy conversion and distribution in pressure atomizers. Transactions of the ASAE 31(6): 1668-1673.

Hall, R. 1995. Challenges and prospects of integrated pest management. En: Reuveni, R. (ed) Novel approaches to Integrated Pest Managemet. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida; pp1-19.

Hecht, S. 1999. Bases Teóricas de la Agroecología. En M. Altieri, AGROECOLOGÍA: Bases científicas para una agricultura sustentable, (Pp: 15-30). Montevideo: Editorial Nordan–Comunidad. ISBN (Nordan): 9974-42-052-0.

Disponible en:

http://www.buitrago.com.ve/Gustavo/descargas/agroecologia_primeraparte.pdf

Consultado: 15/06/15.

Hernández Rodríguez, M.; Sastre Gallego, A. 1999. Tratado de Nutrición. Ediciones Diaz de Santos S.A., Juan Bravo, 3-A, 28006, Madrid. Pp 3 – 32.

Hermansky, C. G.; Krause, G. F. 1995. Relevant physical property measurements for adjuvants. In: Proceedings of 4th International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals (ISAA 1995), Melbourne, Australia, pp. 20-26.

Hewitt, A. J. 2008. Spray optimization through application and liquid physical property variablese - I. Environmentalist 28, 25-30.

Hilz, E.; Vermer, A. 2012. Spray drift review: The extent to which a formulation can contribute to spray drift reduction; Crop Protección 44 (2013) 75-83.

Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219412003006>

Consulta: 01/06/2015.

Hofman, V.; Solseng, E. 2001. Reducing Spray Drift. North Dakota State University.

Disponible en: <https://www.crystalsugar.com/media/20901/redsprayd.pdf>

Consulta: 13/7/15.

ISO 5682-1. 1993. Equipos para la protección de cultivos. Equipos pulverizadores. Métodos de ensayo para boquillas pulverizadoras. pág 24 Anexo C. Uniformidad de descarga. Ejemplo de presentación de los resultados experimentales.

Krings, M.; Stone, A.; Schmitz, R. W.; Krainitzki, H.; Stoneking, M.; Pääbo, S. 1997. Neandertal DNA sequences and the origin of modern humans. Cell, 90 (1), 19-30, July 11, Copyright 1997 by Cell Press

Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0092867400803104>

Consulta: 20/08/15.

Leiva, P. D. 1995. Manejo de la deriva en la aplicación de agroquímicos. Carp.Produc. Vegetal. INTA, EEA Pergamino, SERIE: Generalidades, Tomo XIV. (Información N° 139, Setiembre, Ed: Puig,R) ISSN 0326-2138.

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

Disponible en: <http://www.aerocampo.com/pdf/calidad-de-aplicacion.pdf>

Consulta: 1/7/15

Lebeau, F.; Verstraete, A.; Stainier, C.; Destain, M. F. 2011. RTDrift: A real time model for estimating spray drift from ground applications. Computers and electronics in agriculture, 77(2), 161-174.

Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169911000986>

Consulta: 22/04/2015.

Magdalena, C.; Fernández, D.; Di Prinzio, A.; Behmer, S. 2010. Pasado y presente de la aplicación de agroquímicos en agricultura. En Tecnología de Aplicación de Agroquímicos;

Magdalena, C., Castillo Herrán, B., Di Prinzio, A., Homer Bannister, I., Villalba, J., Eds; Alto Valle, Rio Negro, Argentina; pp 18-24.

Masiá, G.; Fuica, A.; Venturelli, L.; Anta, G. G. 2008. Performance of various drift control additives. In International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture. 10. 2008 10 14-17, 14-17 October 2008. Antalya, Turkey. TR.

Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/performance-of-various-drift-control-additives/at_multi_download/file/INTA-performance%20of%20varius%20drift%20control%20additives.pdf

Consulta: 30/6/15.

Masiá, G. 2010. Efecto sobre la exoderiva de un aditivo (poliacrilamida) aplicado con boquillas de abanico plano con inducción de aire (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, Argentina.

Masiá, G.; Cid, R. 2010. Las boquillas de pulverización. En Tecnología de Aplicación de Agroquímicos; Magdalena, C., Castillo Herrán, B., Di Prinzio, A., Homer Bannister, I., Villalba, J., Eds; Alto Valle, Rio Negro, Argentina; pp 78-87.

Masiá, G.; Moltoni, A. F.; Cid, R.; Duro, S.; Pozzolo, O. R. 2012. Desempeño de dos alternativas comerciales en boquillas de cono hueco para aplicaciones con volúmenes de campo reducido. En Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola. 10. CLIA. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 16. CONBEA. 2012 07 15-19, 15 al 19 de julio de 2012. Londrina, Brasil. BR.

Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/desempeno-de-dos-alternativas-comerciales-en-boquillas-de-cono-hueco-para-aplicaciones-con-volumenes-de-campo-reducidos-1/at_multi_download/file/conohueco2.pdf

Consulta: 1/7/2015.

Masiá, G.; Moltoni, L. 2012. Innovaciones tecnológicas en la agricultura. Surgimiento y desarrollo de las técnicas de protección de cultivos. III Congreso Latinoamericano de Historia Económica y XXIII Jornadas de Historia Económica Mesa general 7: Historia de las Innovaciones y las Tecnologías. San Carlos de Bariloche. ISSN 1853-2543.

Disponible en: <http://www.aahe.fahce.unlp.edu.ar/aahe/jornadas-de-historia-economica/iii-cladhe-xxiii-jhe/ponencias/Masia%20Moltoni.pdf>

Consulta: 8/7/15.

Matthews, G. A. 1979. Pesticides application methods. Ed., Longman Group Limited. London. Pp: 97 -129. ISBN 0-582-46351-3.

Matthews, G. A. 1985. Application for the ground. Pesticide Application: Principles and Practice. Clarendon Press. Oxford. Pp. 95-177.

Maybank, J.; Shewchuk, S. R.; Wallace, K. 1991. The use of shielded nozzles to reduce offtarget herbicide spray drift. Canadian Agricultural Engineering. 32: 235-241.

Merchant, C. 1980. The Death of Nature: Women, Ecology and the Scientific Revolution. San Francisco: Harper and Row.

Miller, P. C. H.; Butler Ellis, M. C. 2000. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. *Crop protection*, 19 (8), 609-615.

Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219400000806>
Consulta: 6/7/2015

Miralles, A.; Bogliani, M. 1993. Evaluation macroscopique du vent sur un jet pulverisation. B.C.P.C. Second international symposium on pesticides application techniques. *Annales* vol 1:117-124.

Miralles, A.; Boisgontier, D.; Bouvier, J.L. 1994. Comparision de derivé de différents produits phytosanitaires. *Rapports* n° 46, 130 p.

Molinari, A.M. 2005. Control biológico. Especies entomófagas en cultivos agrícolas - 1° ed. INTA - Centro Regional Santa Fe - EEA Oliveros. Abril de 2005 Editorial Editar.

Moltó E, Garcerá C, Chueca P, 2013. La reducción de la deriva de los tratamientos fitosanitarios en citricultura. *Vida rural* (369): 66-70.

Monsanto. 2007. "Biography of Dr. John Franz" Monsanto.

Disponible en: <http://monsanto.mediaroom.com/index.php?s=43&item=543>

Montignac, M. 2013. Historia de la alimentación humana. Nutrimont S.A.

Disponible en: <http://www.montignac.com/es/historia-de-la-alimentacion-del-ser-humano/>

Consulta: 27/01/2014.

Mur, M.; Ponce, M.; Vázquez, J. M.; Guilino, F.; Merani, V.; Palancar, T.; Balbuena R. 2018 Herbicides application in sorghum stubble. Efficiency of high and low volume techniques. *Rev. Fac. Agron.* Vol 117 (2): 261-273.

Disponible en:

https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Mur%2C+Matilde%3B+Mariano+Ponce%3B+Juan+M.+V%C3%A1zquez%3B+Facundo+Guilino%3B+V%C3%ADctor+Merani%3B+Telmo+Palancar%3B+Roberto+H.+Balbuena+%282018%29+Herbicides+application+in+sorghum+stubble.+Efficiency+of+high+and+low+volume+techniques.+Rev.+Fac.+Agron.+Vol+117+%282%29%3A+261-273.&btnG=

Consulta: 3/5/21

MYCPP. (Multi Year Crop Protection Plan). 1991. Tweede Kamer, Vergaderjaar 1990–1991, 21677, nrs3–4, SDU Uitgeverij's Gravenhage. Pp 298.

Nuyttens, D.; De Dchampeleire, M.; Verboven, P.; Brusselman, E.; Dekeyser, D. 2009. Droplet size and velocity characteristics of agricultural sprays. *Transactions of the ASABE*, 52(5): 1471-1480.

Disponible en:

https://www.researchgate.net/profile/David_Nuyttens/publication/234597968_Droplet_Size_and_Velocity_Characteristics_of_Agricultural_Sprays/links/0912f50fea96788882000000/Droplet-Size-and-Velocity-Characteristics-of-Agricultural-Sprays.pdf

Consulta: 3/7/2015.

Olivet, J. J.; Villalba, J.; Schenzer, D. 2013. (Eds.). Tecnología de aplicación de agroquímicos en cultivos extensivos. Ed., Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA. *FPTA*, n°: 53.

Disponible en:

http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/fpta%2053_2013.pdf

Consulta: 27/05/15.

Onorato, A. A.; Tesouro, M. O. 2004. Desempeño antideriva de una boquilla de pulverización agrícola de cono hueco inducida por aire. *RIA*, 33 (3): 3-13 INTA, Argentina.

Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/864/86433201.pdf>

Consulta: 13/7/15.

Ozkan, H. E.; Miralles, A.; Sinfort, C.; Zhu, H.; Fox, R. D. 1997. Shields to reduce spray drift. *Journal of agricultural engineering research*, 67(4), 311-322.

Ozkan, H. E. 1998. Effects of major variables on drift distances of spray droplets. FactSheet AEX 525-98. Columbus, Ohio: Ohio State University Extension.

Consulta: 5/7/15.

Ozkan, H.E.; Derksen, R.C. 1998. Effectiveness of Turbo drop and Turbo Teejet nozzles in drift reduction. Ohio State University Extension. AEX-0524-98. 7.

Phillips, J.C.; Miller, P.C.H. 1999. Field and Wind Tunnel Measurements of the Airborne Spray Volume Downwind of Single Flat-Fan Nozzles. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 72, 161-170.

Pozzolo, O.; Herrera, M.; Pereyra, C.; Sione, W.; Valdemarin, D. 1998. Relevamiento de pulverización agrícola en Entre Ríos. Parte I. Aspectos de Prestaciones. Memorias II Congreso Latinoamericano y V Argentino de Ingeniería Rural. La Plata, Argentina, 18 a 20 de noviembre de 1998.

Pozzolo, O. R.; Roskopf, R.; Herrera, M. A.; Pereyra, C. 2010. Comportamiento de boquillas de diferentes marcas sometidas a procesos de desgaste. *Agrolluvia*. Portal informativo para el productor agropecuario.

Disponible en:

<http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/01/1-comportamiento-de-boquillas-sometidas-a-desgaste.pdf>

Consulta: 24/07/15.

Recalde Manrique, L. 2011. Intercambio y difusión de plantas agrícolas entre el nuevo y viejo mundo. Revista de la Organización de Farmacéuticos Ibero Latinoamericanos. Vol. 21, N.3, Editorial: La receta de la Atención Farmacéutica. Madrid, España.

Disponible en: http://www.ibanezplaza.com/Biblio/PDFs/OFILn21_3.pdf#page=55
Consultada: 20/05/15.

Reichard, D.L.; Zhu, H.; Fox, R.D.; Brazee, R.D. 1992. Wind tunnel evaluation of a computer program to model spray drift. Transactions of the ASAE 35(3): 755-758.

Rindos, D. 1987. The Origins of Agriculture: An Evolutionary Perspective. Academic Press

Ruiz-Altisent, M.; Gil Sierra, J. 2000. La maquinaria agrícola en el siglo XX. Depto. de Ingeniería Rural. Universidad Politécnica de Madrid, España.

Sidahmed, M. M. 1996. A theory for predicting the size and velocity of droplets from pressure nozzles. Transactions of the ASAE 39(2): 385-391.

Sidahmed, M. M.; Awadalla, H. H.; Haidar, M. A. 2004. Symmetrical multi-foil shields for reducing spray drift. *Biosystems engineering*, 88(3), 305-312.

Smith, D.B.; Harris, F.D.; Butler, B.J. 1982. Shielded sprayer boom to reduce drift. Transactions of the ASAE 25(5): 1136-1147.

Smith, D.B.; Askew, S.D.; Morris, W.H.; Shaw D.R.; Boyette, M. 2000. Droplet size leaf morphology effects on pesticide spray deposition. Transactions of the ASAE 43(2): 255-259.

Spraying Systems Co. 2010. Teejet; Spray Nozzles and Accessories P.O. Box 7900. Wheaton, IL 60187-7901

Spraying Systems Co. 2014. Teejet; Catálogo 51A – ES. Wheaton, Illinois, EE.UU. pp. 164.

Spraying Systems Co. 2016. Teejet; Spray Nozzles and Accessories P.O. Box 7900. Wheaton, IL 60187-7901

Teixeira, M.M. 2010. Estudio de la población de gotas de pulverización. En Tecnología de Aplicación de Agroquímicos; Magdalena, C., Castillo Herrán, B., Di Prinzio, A., Homer Bannister, I., Villalba, J., Eds; Alto Valle, Rio Negro, Argentina; pp 68-75.

Tocalini, M.; Naranjo, G.; Lavilla, M.; Pischedda, G.; Ivancovich, A. 2017. Las aplicaciones periurbanas en el Partido de Pergamino: Legislación, control y calidad. Disponible en:

http://www.pergamino.gob.ar/wp-content/uploads/2019/07/Lasaplicaciones-periurbanas-en-el-partido-de-Pergamino_EBOOK.pdf

Consulta: 3/5/21

Tomasoni, M. 2013. No hay fumigación controlable; Generación de derivas de plaguicidas. C. P. D. F;Córdoba.

Disponible en: <http://www.reduas.com.ar/generacion-de-derivas-de-plaguicidas>

Consulta: 08/07/15.

Tsay, J.; Ozkan, H. E.; Brazee, R. D.; Fox, R. D. 2002. CFD simulation of moving spray shields. Transactions of the ASAE. 45(1): 21-26.

Van de Zande, J.; Huijsmans, J.; Porskamp, H.; Michielsen, J.; Stallinga, H.; Holterman, H.; De Jong, A. 2008. Rocío técnicas: cómo optimizar deposición por pulverización y minimizar deriva de la pulverización. *Ecologista*, 28 (2008), pp. 9-17

Disponible en: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10669-007-9036-5#page-1>

Consulta: 22/6/15.

Villalba, J.; Hetz, E. 2010. Deriva de productos agroquímicos para el control de plagas. En *Tecnología de Aplicación de Agroquímicos*; Magdalena, C., Castillo Herrán, B., Di Prinzio, A., Homer Bannister, I., Villalba, J., Eds; Alto Valle, Rio Negro, Argentina; 2010; pp 46-52.

Voll, C. E.; Vásquez-Castro, J. A.; Gadanha, C. D.; Lino, P. D. L. 2006. Distribución volumétrica de la boquilla de pulverización. *Revista Peruana de Entomología*. 45.

Disponible en: <http://200.62.146.19/BVRevistas/entomologia/v45/pdf/a11v45.pdf>

Consulta:

Wolf, T. M.; Grover, R.; Wallace, K.; Shewchuk, S. R.; Maybank, J. 1993. Effect of protective shields on drift and deposition characteristics of field sprayers. *Canadian journal of plant science*, 73(4), 1261-1273.

Disponible en: <http://pubs.aic.ca/doi/pdf/10.4141/cjps93-165>

Consulta: 20/5/15.

Wolf, R. 1997. Equipment to reduce spray drift. *The Cutting Edge*. 97-7.

Disponible en: <http://web.extension.illinois.edu/psep/facts/Equipment.pdf>

Consulta: 5/7/15.

Wolf, R.; Friedli, C.; Lauer, B. 2005. Comparison of spray droplet size and coverage for nozzles used for agronomic weed control. In *Mid-Central Conference* (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Zhang, J.; Li, W.; Song, J. L.; Zeng, A. J.; He, X. K. 2008. Anti-drift performance test of guided baffle plate type sprayer. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* (5).

Zhao, H.; Xie, C.; Liu, F.; He, X. K; Zhang, J.; Song, J. 2013. Effects of sprayers and nozzles on spray drift and terminal residues of imidacloprid on wheat. *Crop Protection*, 60, 78-82.

8 – Agradecimientos:

Agradezco a mi Director de tesis M.Sc. Ing. Agr. Gerardo Masiá por su tiempo, dedicación, apoyo, acompañamiento y enseñanza en todo el proceso de mi trabajo final como el trabajo diario, también a mi Co-Director Dr. M.Sc. Ing. Agr. Oscar R. Pozzolo por alentarme a seguir siempre para adelante. A mis compañeros de trabajo (Sebastián, Nicolás, Luciana, Natalia, Andrés y Ramiro) y quiero agradecer a mis padres por el apoyo incondicional en toda mi carrera.