



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA**

**TRABAJO FINAL DE CARRERA**

**Título**

**Pulverizaciones agrícolas:  
*Comparación de metodologías para su  
evaluación.***

Alumno: Florencia Pi Puig

Legajo: 27814/8

Correo electrónico: florenciapipuig@hotmail.com

Director: Ing. Agr. Merani, Víctor

Co-Director: Ing. Agr. Mur, Matilde

Fecha de presentación: Septiembre 2019

Modalidad: investigación sobre una temática específica.

## Índice

RESUMEN .....	3
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES .....	4
Importancia de la pulverización a nivel país y mundial.....	4
Características de una pulverización agrícola.....	8
Métodos de evaluación de las pulverizaciones .....	12
HIPÓTESIS.....	17
Hipótesis básica .....	17
Hipótesis de trabajo .....	17
OBJETIVOS .....	18
Objetivos generales.....	18
Objetivos específicos.....	18
MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
Lugar.....	18
Equipo Pulverizador .....	18
Pastillas.....	18
Condiciones de trabajo de las pastillas .....	19
Objetivos de pulverización .....	20
Métodos de evaluación .....	21
Tarjetas hidrosensibles.....	21
Tarjetas Blancas fotográficas .....	21
Trazador.....	21
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	24
Cantidad de impactos.....	24
Diámetro volumétrico mediano .....	28
Diámetro volumétrico 0,1 y Diámetro volumétrico 0,9.....	32
Cobertura .....	34
Eficiencia de aplicación .....	38
CONCLUSIONES .....	44
BIBLIOGRAFÍA .....	45

## RESUMEN

Las enfermedades, plagas y malezas son cada vez más comunes y agresivas en los cultivos, por lo tanto, se requiere del uso de tecnologías de aplicación apropiadas para su control y la calidad de aplicación puede influir en la cantidad de producto que llega al blanco objetivo. Se realizaron ensayos para evaluar calidad de aplicación con dos programas de procesamiento de tarjetas diferentes (CIR 1.5 y Gotas pc). Se analizaron parámetros relevantes como la cantidad de impactos por  $\text{cm}^2$ , DV0,5, DV0,1, DV0,9, cobertura y eficiencia de aplicación en diferentes tipos de colectores (tarjetas hidrosensibles y fotográficas), de pastillas (abanico convencional y cono convencional) y posiciones (adelante y atrás, tanto horizontal como vertical, y arriba) en pequeños bancos de madera. Por otro lado, se evaluó la cantidad de trazador depositado sobre papel de filtro mediante espectrofotometría, y se lo comparó con la eficiencia de aplicación obtenida por las tarjetas luego de ser procesadas por dichos programas.

Se observó que el programa CIR es el más sensible al momento de analizar las gotas sobre los colectores y es capaz de distinguir superposición de gotas, por lo que presenta un mejor desempeño para la cuantificación de Impactos por  $\text{cm}^2$ , DV 0,5, DV0,1, DV0,9 y cobertura. También se evidenció que la metodología del trazador colorimétrico es la más confiable en relación con los software a la hora de medir eficiencia.

Se observó que las disposiciones verticales son las más problemáticas para el alcance y que existe una leve tendencia, respetada por todas las pastillas, que en los objetivos verticales queden retenidas gotas más finas respecto a los objetivos horizontales.

Los colectores artificiales siguen la misma tendencia en las diferentes posiciones y pastillas, esto quiere decir que podría utilizarse cualquier colector para analizar la calidad de aplicación teniendo en cuenta que no otorgan datos fiables del parámetro eficiencia, ya que utilizando tarjetas hidrosensibles sobreestiman el dato y, contrariamente, lo subestiman cuando se usa papel fotográfico. Recomendando investigar y analizar cuál es el colector que entrega la información más certera.

## INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

### Importancia de la pulverización a nivel país y mundial

En los últimos 50 años la actividad humana ha modificado los ecosistemas con mayor rapidez y amplitud que en cualquier otro período equivalente en la historia (FAO, 2007). En los tres últimos decenios, la productividad de los principales cereales (arroz, trigo y maíz) han aumentado como resultado de la incorporación de los progresos científicos a la fitogenética junto con tecnologías que han permitido aprovechar al máximo el rendimiento potencial de los cultivos. Estos aumentos son lo que se conoce como revolución verde. Los progresos científicos se han visto favorecidos por un notable crecimiento de los sectores comerciales que suministran insumos a la agricultura (FAO, 1996). En África la producción de alimentos se incrementó en 140%, en América Latina 200% y en Asia 280%. Un caso muy especial es el de China que sólo durante dos décadas ('80,'90) quintuplicó su producción agrícola. Por su parte, si bien en los países industrializados la producción comenzó a crecer a partir de una base superior, en USA se duplicó en los últimos 40 años y en Europa occidental creció el 68% (Pretty, 2008).

El rendimiento potencial de los cultivos extensivos es afectado por factores abióticos y bióticos e impactan en el resultado económico. Dentro de los factores bióticos podemos mencionar a las plagas (malezas, insectos y patógenos). Se denomina plaga a toda especie, variedad o biotipo vegetal, animal o agente patógeno dañino para las plantas y productos, materiales o entornos vegetales comprendiendo los vectores de parásitos o patógenos de las enfermedades de seres humanos y animales, así como los animales que causan perjuicio a la salud pública (FAO & OMS, 2014). En América del Sur el 31% de la cosecha de trigo se pierde a causa del ataque de diversas adversidades (hongos, insectos, malezas), mientras que en el caso de la soja los daños alcanzan el 32% y en el maíz el 44% (Huerga & San Juan, 2004).

Para abordar la problemática de las plagas en particular el hombre actúa de diversas maneras. Onorato & Tesouro (2006) clasifican los métodos de control en culturales, mecánicos, biológicos, físicos y químicos. Estos últimos son los más utilizados y conllevan al uso de productos fitosanitarios. Garcia & Lazovski (2011) definen a los mismos como las sustancias o mezclas de sustancias destinadas a controlar o evitar la acción de plagas

agrícolas, regular el crecimiento de las plantas, defoliar y desecar o proteger del deterioro, el producto o subproducto cosechado. La introducción de los fitosanitarios para controlar las adversidades biológicas en la agricultura que afectan a los diferentes cultivos, fue una de las tecnologías de más rápida adopción en la historia de la agricultura mundial (March et al., 2010).

El volumen de agroquímicos formulados en el mundo en 2005 alcanzó casi  $6 \times 10^6$  toneladas (tn) (Carvalho, 2006). Por su parte, las ventas mundiales se incrementaron constantemente desde los 40 billones de dólares en el año las ventas 2007 hasta 46,7 billones de dólares en el 2009 (BCC Research 2010). La Agencia de Protección Ambiental de USA (EPA), estimó que la venta mundial en 2017 es de  $68.500 \times 10^6$  US\$ con una tasa de aumento del 5,5% en los próximos cinco años. Los principales países con mayor crecimiento en el uso de fitosanitarios serían China, India, Japón, Brasil y Argentina. El mercado mundial de agroquímicos creció un 93% en los últimos 10 años (Saccone, 2018).

A nivel nacional, la producción de nuestros principales granos, siendo estos: soja, maíz, trigo y girasol, creció hasta mediados de la década del '90 comenzando entonces un despegue que convirtió a la producción agrícola en una actividad con creciente peso sobre la economía. Un informe elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC, 2019 ) señaló que durante el año 2018 las exportaciones aumentaron un 3,6% con respecto al año anterior y alcanzaron un valor de 61.559.407 US\$, de las cuales 22.885.417 US\$ ingresados al país corresponden a ventas del complejo oleaginoso y cerealero; la producción agropecuaria representa aproximadamente el 32% del PBI argentino, el 60% de las exportaciones, y el 90% de los alimentos que se consumen en el país (Pórfido, 2014). Dicho crecimiento se debe tanto al incremento de los rendimientos por hectárea como a la expansión de la frontera agrícola, esta última significó el reemplazo de los cultivos más tradicionales (algodón en el Chaco, poroto en el Noroeste) y la deforestación del bosque original, hasta ese momento utilizado para ganadería extensiva y la extracción de madera. En el norte del país la expansión de la soja ocupó en pocos años más de 1,6 millones de hectáreas y la deforestación entre 1995 y 2005 llegó a no menos de un millón de hectáreas (Adámoli & Solbrig, 2008; Grau et al., 2008). Cabe destacar, que los factores que más han dinamizado la expansión de la soja en Argentina es la rápida y masiva adopción por parte de la gran mayoría de los productores de la siembra directa, un sistema que busca mantener residuos en superficie para aumentar la materia orgánica disponible a largo plazo y tener

suficiente energía y nutrientes para los microorganismos heterotróficos, asimismo, este sistema mejora la infiltración del agua de lluvia, controla fenómenos de erosión e intenta mejorar la ecología del suelo y proteger recursos naturales (Erenstein, 2002); y el uso de semillas genéticamente modificadas (OMG) para ser resistente al herbicida no selectivo y postemergente denominado glifosato (Otero, 2008; Paul & Steinbrecher, 2003; Branford, 2004). Por “OMG” se entiende un organismo transformado por la introducción de uno o más transgenes (FAO, 2001). Con el rápido avance de la biotecnología, se ha creado una serie de cultivos modificados genéticamente con vistas a su producción comercial, principalmente en soja, maíz, algodón y canola (FAO, 2011). Argentina es el tercer país en superficie sembrada con cultivos genéticamente modificados (ISAAA, 2012), luego de USA y Brasil y, aproximadamente, el 80% de la superficie cultivada, algo más de 27 millones de hectáreas (Aapresid, 2012), se trabajan bajo este sistema menos intervencionista como la siembra directa. Por otro lado, el aumento de la producción agrícola y especialmente la producción en monocultivos ha creado un aumento extraordinario de insectos-plagas y enfermedades especializados en estos cultivos (Brechelt, 2004).

Durante los últimos años, los fitosanitarios han representado el gran sostén del crecimiento de la producción agropecuaria argentina, teniendo en cuenta el rol imprescindible que constituyen en el paquete tecnológico de la producción agrícola moderna. Se estima que, en las zonas tradicionalmente agrícolas, el crecimiento en los rendimientos alcanzó una tasa superior al 5% anual con la incorporación de estos productos (Conde Prat & De Simone, 2004). El consumo de agroquímicos y fertilizantes en la Argentina se incrementó 5,6% en 2017, en relación con el año anterior, alcanzando un total estimado de 3,8 millones de toneladas según IES Consultores (CASAFE 2018); sin embargo, dentro del mercado de agroquímicos los herbicidas lideran el volumen de ventas con el 87%, seguido por los insecticidas 6%, fungicidas 3% y curasemillas 1%. (CASAFE, 2015); específicamente los primeros poseen una gran incidencia en los costos de producción y el herbicida glifosato presenta una marcada tendencia dentro del segmento representando el 62% de la cantidad total comercializada (CASAFE 2015).

A nivel nacional, el uso de los herbicidas, principalmente glifosato, ha incrementado significativamente impulsado especialmente por la realización de los controles de malezas entre cultivos sucesivos, conocidos por barbechos químicos, y la utilización de la soja RR. Las plantas transgénicas resistentes a glifosato se denominan RR, debido al nombre

comercial del herbicida (Roundup Ready), tienen en su genoma una copia de una enzima proveniente de *Agrobacterium tumefaciens*, que resiste a la acción de del mencionado producto fitosanitario y pueden sobrevivir luego de su aplicación (ANMAT, 2004). El glifosato es usado en distintas oportunidades a través del ciclo del cultivo, generalmente antes de la siembra para generar un barbecho químico, así como en la pre y postemergencia.

Los principales cultivos (soja, maíz, trigo y girasol) más el período de transición entre dos cultivos que se mantiene libre de malezas con el uso de herbicidas (barbecho químico) concentraron en 2009 el 81% de la facturación de fitosanitarios, mientras que el 19% restante se utilizó para maní, frutales de pepita y carozo, cítricos, pasturas, hortalizas, papa, algodón, tabaco, caña de azúcar, arroz, vid, poroto, granos almacenados y otros (Bedmar, 2011). El mercado de agroquímicos generó una actividad comercial de u\$s 2.500 millones en la campaña 2016/2017, lo que significó un crecimiento de 25% en comparación con la anterior, para la campaña 2017/2018, las estimaciones proyectaron un incremento de 18% de este mercado, con lo cual rondará los u\$s 3.000 millones. (Montecarlo, 2018).

La agricultura constituye un sector vital en cualquier economía, ya que representa la fuente fundamental de alimentos para el hombre. Los riesgos biológicos, dentro de los cuales se ubican las plagas, tienen una influencia directa sobre los productos que oferta el sector agrícola, generando la pérdida de una importante cantidad de productos que podrían ofertarse a la población y alivianar los problemas de seguridad alimentaria que aquejan a múltiples poblaciones en el mundo (Masiá & Pozzolo, 2010). Sin el control químico los cultivos serían diezmados, y sin duda se registraría una fuerte disminución en la producción mundial de alimentos (Magdalena et al, 2010); sin productos fitosanitarios la producción mundial de frutas y vegetales, forrajes y fibras caería entre 30 y 40% por la acción de plagas (Croplife 2019). Una mayor producción agrícola se traduce en una reducción de costos para el consumidor final y por lo tanto en mayor acceso a los alimentos por parte de la población mundial (Informe económico CASAFE, 2019). A pesar de los significativos beneficios obtenidos por el uso de los fitoterápicos, estos productos químicos no dejan de plantear problemas, la aplicación de estos insumos no es neutral en sus consecuencias para el medioambiente, tanto en las posibilidades de contaminación, la reducción de la biodiversidad, como en sus consecuencias sanitarias por la exposición a agentes químicos (Simoniello et al., 2010; Carriquiriborde, 2010; Bernardos & Zaccagnini, 2011). La

producción agropecuaria tiene unos profundos efectos en el medio ambiente en conjunto durante el último siglo, la agricultura moderna intensiva, como consecuencia de los altos insumos de plaguicidas y fertilizantes sintéticos y de la especialización del monocultivo, ha tenido un impacto nocivo sobre la diversidad de los recursos genéticos, el agua, el suelo y el aire (FAO 2015).

#### Características de una pulverización agrícola

La pulverización es la forma más difundida de aplicación de fitoterápicos. El concepto pulverizar hace alusión a dosificar y distribuir un líquido en forma de gotas, las cuales pueden obtenerse mediante diversos sistemas, el más empleado en las aplicaciones agrícolas extensivas, utiliza la energía hidráulica donde el líquido sometido a presión es obligado a atravesar por un pequeño orificio calibrado hacia el exterior; la vena líquida perturbada por la expansión, termina por romperse en gotas. Pese a que no se conocen completamente los fundamentos teóricos de este fenómeno, se sabe que cuanto mayor sea la diferencia de presión entre el líquido y el medio donde se produce la pulverización, se obtendrá más cantidad de gotas y de menor tamaño. Las gotas producidas por energía hidráulica poseen diferentes tamaños y su caracterización se conoce como espectro de distribución (Onorato & Tesouro, 2006). El estudio de las características de dichas gotas resulta imprescindible para determinar la calidad y eficiencia de aplicación de los productos fitosanitarios, ya que ellas son el medio que permiten transportar el principio activo hasta el objetivo, pero su estudio es complejo dado que existe variabilidad de tamaños entre ellas. Éste último resulta ideal cuando permite controlar la plaga en cuestión con la mínima cantidad de producto, preservando la seguridad de las personas y el ambiente.

Según Sarubbi (2010) los parámetros estadísticos que influyen en la calidad de aplicación se pueden definir como:

- Diámetro Volumétrico Mediano (DV<sub>0,5</sub>): es el diámetro de gota que divide al volumen pulverizado en dos partes iguales. Significa que mitad del volumen pulverizado está conformado por gotas de diámetro menor al DV<sub>0,5</sub> y la otra mitad del volumen está conformado por gotas de un diámetro mayor al DV<sub>0,5</sub>.
- Diámetro Numérico Medio (DNM): es el diámetro de gota que divide a la población total de gotas en dos mitades iguales; significa que la mitad del total de gotas formadas tienen un diámetro menor al DNM y la otra mitad de gotas formadas tiene un diámetro mayor al DNM.

- Factor de dispersión: es la relación entre los dos anteriores (DV0.5/DNM) y define la uniformidad de la gota a asperjar. Cuanto más próximo a 1 es la relación, mayor es la uniformidad en el tamaño de gota. Si el objetivo a controlar se encuentra solo en la parte superior o inferior de la planta se necesita uniformidad de tamaño y si se encuentra en ambas partes se necesita desuniformidad de gota, es decir, gotas grandes y chicas.

- Gotas por centímetro cuadrado (gotas  $\text{cm}^{-2}$ ): cantidad de gotas que impactan el blanco por unidad de superficie.

- Cobertura: porcentaje de la superficie evaluada cubierta por gotas.

La eficiencia de la aplicación de los productos fitosanitarios se define como la cantidad de volumen de caldo que llega al objetivo en relación al volumen total aplicado. La diferencia entre ellos es el volumen de caldo que se derivó en el proceso. Se asume que dicho volumen alcanza en su totalidad el “blanco” objeto de tratamiento, pudiendo ser estos insectos, malezas o microorganismos (Leiva, 1995). En el proceso de pulverización, se debería producir una aplicación que proporcione una cobertura considerable del blanco (expresada en número de impactos por centímetro cuadrado) y que deposite la cantidad suficiente de producto (respecto de la dosis) para obtener el resultado biológicamente buscado a efectos de manejar correctamente la adversidad (Bogliani et al. 2005). En este sentido, una adecuada aplicación que asegure la eficiencia biológica del agroquímico requiere un nivel de cobertura que dependerá del tipo de agroquímico a utilizar y de la forma de actuar del mismo. La calidad de aplicación de los productos químicos no sólo permite un control y/o manejo eficiente de las adversidades bióticas que afectan la producción (Maccarini 1993), sino que considera de una manera especial a la máquina utilizada, su regulación, las condiciones climáticas al momento de la aplicación y la capacitación del operario, todos estos factores inciden en los procesos de contaminación ambiental y en la salud del operario mismo (Lansón et al., 2009).

Otro aspecto importante a tener en cuenta en la aplicación, es el tamaño de las gotas. Gooden (2011), menciona que hasta el momento no se cuenta con un estándar internacional para clasificar la distribución de los tamaños de gota producidas por las boquillas. Sin embargo, se manejan dos principales, los cuales permiten categorizar los tamaños de gota, ellos son:

- El “British Crop Protection Council (BCPC)”, el cual según Nuyttens (2007), es un modelo de clasificación que permite determinar la calidad de pulverización de una boquilla, comparando la distribución de tamaños de gota de la boquilla en estudio, con la distribución de tamaños de unas boquillas de abanico plano de referencia. Este modelo de clasificación divide la calidad de aplicación en 5 categorías: Muy fina (VF), fina (F), Media (M), Gruesa (C) y muy gruesa (VC). Este es el modelo de referencia en Europa.

- La norma ASAE S572 (ASAE, 2009), es otro modelo de clasificación de la distribución de tamaños de gota, que según Teske et al. (2004), usa el modelo BCPC como referencia. Esta norma emplea 6 categorías de clasificación para evaluar la calidad de aplicación de las boquillas, estos son: Muy fina (VF), fina (F), Media (M), Gruesa (C), Muy gruesa (VC), Extremadamente gruesa (XC). Donde, los límites de cada una de las categorías están definidos por la distribución de tamaños de gota, de una combinación de unas boquillas de referencia (todas de abanico plano), con presiones y tasas de aplicación de referencia.

Estos modelos son una herramienta que les permite a los agricultores, técnicos, investigadores y demás interesados hacer recomendaciones sobre la calidad de pulverización que deben conseguir con los equipos de pulverización.

Las boquillas tienen la función de:

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

Existen tres patrones de distribución: cono lleno, cono hueco y abanico plano. Las boquillas con patrón de abanico plano son las que presentan la mayor cantidad de modelos y rangos de variación en el tamaño de las gotas producidas. Las boquillas de cono hueco se presentan en un solo cuerpo, o bien constituidas por elementos independientes, cuerpo de la boquilla, núcleo de rotación, cámara de turbulencia, placa y tapa. Cada uno de estos elementos toma un papel fundamental en la determinación del caudal y formación del cono. Se utilizan cuando se requiere una excelente cobertura, como es el caso de la aplicación de fungicidas (Masiá y Cid 2010). Desde el punto de vista biológico, gotas de menor tamaño son más eficientes, pero además, necesarias para optimizar la cobertura lograda sobre el blanco, principalmente cuando se emplean productos que ejercen su acción por contacto (Friedrich, 1995). Por otro lado, Ozkan & Derksen (1998) sostienen que tamaños de gota inferiores a los 100 micrones son susceptibles a no alcanzar el objetivo

por diversos factores. La mayoría de los estudios coinciden en determinar un rango óptimo de tamaño de gota el cual abarca diámetros comprendidos entre los 100 y 300 micrones. Todas las gotas que no alcancen el objetivo o no queden retenidas en él, constituyen una pérdida del agroquímico aplicado y una consecuente reducción de la eficiencia de la pulverización, dando lugar a un proceso conocido como deriva. Se lo define como el “desplazamiento de un plaguicida fuera del blanco determinado, transportado por masas de aire o difusión” (ASABE S327.1, 2012, 2016). Dicho fenómeno puede darse por arrastre del producto con las gotas del asperjado o por su volatilidad, este desplazamiento puede quedar dentro del lote o cultivo pulverizado generando endoderiva (asociadas a gotas de mayor tamaño) o llevar los plaguicidas fuera del área pulverizada dando como resultado exoderiva (asociadas a gotas de menor tamaño) del producto (Massaro & García, 2017). Como los principales factores que la generan se pueden citar el tipo de equipo pulverizador (Ware et al. 1970) y los parámetros de aplicación seleccionados (Stewart & Gratkowski 1976; Smith et al. 1981), las propiedades físicas del producto y su formulación (Goering & Butler 1974; Bouse & Merkle 1975; Yates et al. 1976) y las condiciones meteorológicas (Yates et al. 1966; Threadgill & Smith 1975; Picot et al. 1986). Pulverizaciones gruesas tienen un gran porcentaje de gotas grandes y son por lo tanto menos propensas a la deriva, pero pueden reducir la cobertura y el control. Es importante minimizar la deriva potencial y maximizar la cobertura del asperjado (SDTF 2001).

La técnica de pulverización es uno de los procesos más ineficientes que existen, la fracción de una aplicación que puede derivar alcanza valores de hasta el 90% del producto arrojado sobre un cultivo (Hang, 2010). Cavallo (2006) expresa que se calcula que aproximadamente un 25% de la pulverización de plaguicidas da en el blanco; el resto afecta directamente a otros organismos hacia los cuales la aplicación no fue dirigida. Esto trae aparejado graves consecuencias como mermas en el rendimiento de los cultivos; repetición de tratamientos; inducción a la resistencia por parte de los organismos a controlar; daños a cultivos sensibles; daños directos a personas y animales por exposición a la deriva e indirectos por consumo de alimentos contaminados; rechazos de productos en los mercados por presencia de residuos; demarcación de zonas de exclusión basadas en la alta presión urbana; litigios judiciales, etcétera. (Matthews 1985; Gil Moya 1993, 1996; Marrs et al. 1993).

Por último, para incrementar la eficiencia de aplicación se deben tener en cuenta cuestiones importantes como son: detectar la plaga correctamente, cuantificar si se encuentra por encima del umbral de daño económico que justifique la aplicación, elegir el agroquímico correcto y aplicar la dosis exacta (Lauric et al., 2016).

#### Métodos de evaluación de las pulverizaciones

El término “calidad de aplicación” hace referencia a la cantidad de caldo asperjado que alcanza el objetivo del tratamiento fitosanitario (Leiva & Araujo 2009); es frecuente en la bibliografía definir a dicha calidad por medio del número de gotas de líquido que alcanzan cada centímetro cuadrado de superficie vegetal (Márquez, 1985); según, Linagraph & Kodabromide (1978) y Zhu et al. (1996), la eficacia del control de plagas en una pulverización agrícola depende de la cantidad de gotas depositadas en los objetivos de interés (hojas, frutos, el suelo, un insecto, un hongo, etc.), ya que las gotas son el principal vehículo para llevar la sustancia activa. La forma de cuantificarlo es evaluando la cobertura de gotas y estimando el volumen de aplicación en función del tamaño y número de gotas (Leiva & Araujo, 2009). Por eso, para cada aplicación de plaguicidas “es importante conocer la distribución de diámetros de las gotas, puesto que determina las características de operación y la eficacia de los dispositivos de pulverización involucrados” (Castillo, 2010). Existe un gran interés en caracterizar las pulverizaciones y comparar los equipos de pulverización, con el fin de mejorar la calidad de aplicación de los plaguicidas, pero la comparación implica emplear algún tipo de método cuantitativo que permita evaluar la población de gotas, los depósitos o la deriva (Luskar, 2007).

La literatura otorga una gran variabilidad de alternativas para evaluar la labor de pulverización a campo (Hewitt, 2010) que proporcionan información fiable, pero deben ser elegidos con cuidado, ya que, como lo mencionan algunos autores (Del Castillo, 2012; Magdalena, 2004; Porras Soriano, 2006; Luskar, 2007; Salyani & Whitney, 1988), cada método tiene sus ventajas y desventajas, por lo cual, el uso de un método en particular dependerá en gran medida de la disponibilidad de recursos humanos y financieros, y de las características físicas y biológicas del cultivo; pero la más empleada y desarrollada es la metodología de tarjetas hidrosensibles (Zhu et al., 2011), la cual se ha utilizado por más de 40 años.

Los colectores artificiales son elementos como tiras papel absorbente, películas de Mylar o plástico, recipientes de vidrio, papel sensible al agua o el aceite, y dentro de este grupo, las

tarjetas de papel hidrosensible o “Water Sensitive Paper” (WSP), las cuales son consideradas por varios autores (Sayinci & Bastaban, 2011; Hoffmann & Hewitt, 2005; Holownicki et al., 2002; Cunha et al., 2011; Marçal & Cunha, 2008; Fox et al., 2001), como dijimos anteriormente, la técnica más popular para determinar el espectro de gotas generado por una pulverización, ya que es una técnica relativamente simple de implementar en campo y suministra información confiable sobre el espectro de gotas generado por una pulverización.

Parkin (1993) describe a los papeles hidrosensibles como una herramienta para el muestreo de gotas cuyo principio es el uso del indicador de pH Bromofenol azul, las gotas de agua que entran en contacto con el papel (muy sensible a la humedad) producen una impronta azul que se diferencia del fondo amarillo y puede ser relacionada al tamaño de gota. Con esta técnica se podrían captar gotas de hasta 10  $\mu\text{m}$ . Su uso es fundamental al momento de realizar una aplicación ya que permite evaluar la calibración de una máquina, así como comprobar la calidad de la aplicación realizada (CASAFE, 2016). Hill & Inaba (1989) detectan que la eficiencia de captación de los papeles hidrosensibles en aplicaciones aéreas fue del 91% y confirman que estos permiten la obtención de una excelente imagen para la estimación visual de depósitos de pulverización (calidad cualitativa del espectro de gotas). Dado que lo que se observa sobre la tarjeta sensible no son gotas sino manchas, hay que considerar el factor de expansión que sufre la gota al chocar con la superficie de la tarjeta, si se quiere conocer el diámetro original de la misma. Con lupa puede realizarse el recuento de las manchas o comparando con cartillas que poseen tarjetas analizadas, pero no los parámetros referidos a diámetros medios (volumétrico y numérico) y consecuente volumen de aplicación (Leiva & Araujo, 2009).

En razón de lo expuesto, y haciendo uso de la tecnología disponible en análisis de imágenes y cálculo computarizado, existen programas diseñados especialmente para contar y caracterizar una aspersion, a partir de las improntas generadas por las gotas pulverizadas en una tarjeta hidrosensible, donde se pueden obtener los siguientes parámetros: impactos  $\text{cm}^{-2}$ , Diámetro Volumétrico Mediano, Cobertura, Diámetro Numérico Mediano, Amplitud Relativa, Factor de Dispersión, DV 0,1, DV 0,9, Eficiencia (Lauric et al., 2016). Entre ellos podemos mencionar: CIR 1.5, StainMaster 1.0.8 ambos desarrollados en Argentina; AgroScan, Gotas y e-Sprinkle desarrollados en Brasil; DropletScan y StainAnalysis desarrollados en USA y Canadá, respectivamente. Estos programas se desarrollaron con

el fin de acelerar y proporcionar una mayor precisión a este importante paso en la aplicación de agroquímicos (Cunha et al., 2013). La importancia de contar con una metodología de recuento y tipificación confiable es que permite acelerar el proceso de cálculo y garantizar que los resultados serán equivalentes y repetibles cuando lo realizan distintos evaluadores (Leiva & Araujo, 2009), ya que Cunha et al. (2013) sostienen que uno de los aspectos negativos del uso de la lupa es la dificultad y la lentitud para analizarlos manualmente adhiriendo a esto otros puntos negativos citados por Cunha et al. (2012) donde se refieren a la falta de precisión en ambientes de alta humedad y a la limitación en la medición de gotas con un diámetro inferior a 50  $\mu\text{m}$ .

Cabe destacar, que en los últimos años se han desarrollado herramientas para mejorar el control de las pulverizaciones agrícolas como por ejemplo, SprayGuru, que es un software de análisis de tarjetas hidrosensibles para celulares que puede ser utilizado a nivel de campo con gran celeridad (Fuentes, 2016).

Hoffmann & Hewitt, (2005), evaluaron el software “DropletScan”, “USDA-ARS” y “Swath Kit<sup>TM</sup>” donde cada uno tiene sus ecuaciones para determinar el tamaño de la gota que genere la marca en el papel hidrosensible; a pesar de esto, las ecuaciones calculan un tamaño de gota real similar, sin diferencias significativas para diámetros de mancha menores de 800 micrones. Por lo cual, los autores promulgan la utilización de estas tarjetas, ya que sus resultados pueden ser comparables independientemente del software utilizado. Por otro lado, Fox et al., (2003), desarrollaron un ensayo para evaluar el porcentaje de recubrimiento con un sistema de análisis de imagen utilizando tarjetas hidrosensibles y observaron que el sistema de análisis de imagen es eficaz cuando el área que cubren los impactos en el papel no es mayor al 40%. Incluso para valores del 20 al 40%, los sistemas de imágenes subestiman la cantidad de gotas en el papel hidrosensible en comparación con los contados por un observador.

Leiva & Araujo (2007) han efectuado una comparación de los datos proporcionados por distintos software analizando los parámetros: número de impactos  $\text{cm}^{-2}$ , DVM, DNM y volumen de aplicación ( $\text{L ha}^{-1}$ ). Respecto del número de impactos  $\text{cm}^{-2}$  observaron que los conteos variaron entre 40 – 60 “gotas” o impactos  $\text{cm}^{-2}$  y que hubo diferencias en la información proporcionada por CIR 1.5 con respecto a los demás programas; este fue el que mejor logró un conteo individual de impactos sobre las tarjetas hidrosensibles, y por ende logró consistentemente los valores más altos en número de impactos con respecto a

los programas mientras que el AgrosScan es el que registró los recuentos más bajos, seguido por el soft StainMaster quien acompañó los resultados de AgrosScan, aunque con valores levemente superiores y el e-Prinkle presentó resultados oscilantes y valores de desvío estándar más altos. Las diferencias mencionadas anteriormente por los autores son atribuidas a la capacidad del CIR 1.5 en detectar superposiciones y a la incapacidad de los otros programas en detectar gotas muy pequeñas. También el programa CIR 1.5 mostró discrepancias (subestimaciones y sobreestimaciones) en parámetros como DVM “Diámetro Volumétrico Medio”, DNM “Diámetro Numérico Medio” y volumen de aplicación con respecto a los otros tres programas; comparando estimaciones del diámetro volumétrico mediano, tres de los software (AgrosScan, StainMaster y CIR) mostraron valores concordantes mientras que e-Spinkle presentó valores discordantes. Similar tendencia se apreció al analizar el diámetro numérico mediano (DNM). En relación al volumen de aplicación, las mayores diferencias entre los programas se observaron en el cálculo del mismo, consecuencia de las diferencias en las estimaciones diamétricas y número de impactos por unidad de superficie. StainMaster y e-Spinkle calcularon un volumen aplicado que representa la mitad de aquel obtenido con AgrosScan y CIR 1.5. Concluyen que el mejor software o método de análisis de imagen, es el que mejor pueda individualizar cada una de las manchas.

Siguiendo con este análisis Cunha et al., (2011), utilizaron siete software de análisis de imagen, para calcular la densidad de gotas, el DMV y el recubrimiento de unas pulverizaciones sobre papeles hidrosensibles; en este estudio se observaron grandes diferencias en los valores de cobertura y DMV, medidos por los diferentes softwares. Lo cual, en parte se originó, por la forma como los softwares consideran el traslape de las manchas en la tarjeta, ya que, en situaciones donde la densidad de manchas es alta, el contraste entre las manchas y el área sin manchas no es fuerte, y por lo tanto la evaluación se vuelve dificultosa, razones por las cuales Magdalena (2004), no recomienda su uso cuando se emplean altas tasa de aplicación, o en condiciones de alta humedad. Por otro lado, Cunha, et al., (2013) evaluaron el desempeño de cuatro programas, CIR 1.5, e-Spinkle, DepositScan y Conta-Gotas, tomando como testigo la evaluación manual; concluyendo que el programa CIR 1.5 es el que proporcionó los menores resultados en DVM, respecto a los demás programas y a la lectura manual de las tarjetas hidrosensibles.

Para la variable respuesta impactos  $\text{cm}^{-2}$ , el CIR 1.5 resultó en los mayores valores. Resultados similares fueron obtenidos por Leiva & Araujo (2009).

Gorordo & Rocanti (2018) analizaron la posibilidad que los programas de conteo y tipificación de gotas CIR 1.5 y Sylcomp AG 1.0.4 puedan determinar superposiciones de gotas en los impactos que se producen sobre el papel hidrosensible a través de aplicaciones con pastillas modelos XR y TT obteniendo como resultado que con ambos modelos de pastillas las coberturas conseguidas (impactos  $\text{cm}^{-2}$ ) se incrementaron en forma significativa con el aumento de las tasas de aplicación, pero no en forma proporcional. Ese incremento de las coberturas fue de tan sólo la mitad de los incrementos de las tasas de aplicación. Por otro lado, ante las aplicaciones realizadas a distintas tasas ( $\text{L ha}^{-1}$ ) con un mismo tamaño de gota, los dos programas incrementaron la magnitud de las variables de esos tamaños de gota (DVM y DNM), por lo que no se encontraron evidencias que los programas puedan determinar superposiciones de gotas en las manchas producidas sobre el papel.

La metodología de análisis de las tarjetas hidrosensibles antes descrita es utilizada a nivel productivo. Otra metodología de análisis a nivel experimental es a través de trazantes fluorimétricos, un método práctico y preciso, que permite por medio de análisis químico de laboratorio la determinación de la cantidad de producto efectivamente depositado sobre el objeto de aplicación (Cowell et al., 1988), ya que, las gotas de la mezcla al depositarse y secarse dejan manchas que emiten fluorescencia al ser expuestas a luz ultravioleta, lo cual, otorga un excelente contraste para el análisis de imagen. Un trazador puede ser el ingrediente activo en una mezcla de plaguicidas o un químico seleccionado para imitar el plaguicida (Cooke & Hislop 1993) y no influye en la tensión superficial del agua (Palladini, 2000).

Diferentes autores (Rojas & Nigrinis, 1992; Hernández & Gonzales, 2002, Skoog et al., 2005), menciona que los métodos de espectrofotometría de absorción, o colorimetría son los más populares.

El azul brillante es un colorante trifenilmetánico, ampliamente utilizado en la tinción de productos textiles y de cuero, así como en la industria alimentaria en bebidas, en productos lácteos, en polvos, en gelatinas, en dulces, en helados, en jarabes, en extractos y en condimentos (Gupta et al. 2006). Hayden et al. (1990) fueron algunos de los pioneros en el trabajo con colorantes alimenticios, concluyendo que pueden ser utilizados en las

investigaciones de evaluaciones de depósitos en plantas, por ser un método preciso y barato. Posteriormente pasaron a ser ampliamente utilizados en estudios de deposición de caldo en blancos naturales, siendo muy empleado el azul brillante, por poseer buena estabilidad a la luz solar (Pinto et al., 2007).

Olsen (1990) menciona que los ambos métodos espectrofotométricos (de emisión y absorción) son sensibles a factores como la interferencia ambiental (contaminación de muestras), la presencia de sustancias inhibitoras (como los plaguicidas, o compuestos en las soluciones que diluyen los trazadores), el pH del solvente, la temperatura y diversos tipos de errores instrumentales que afectan la sensibilidad. Por lo tanto, considerando las condiciones del entorno en donde se desarrollan las investigaciones de depósitos, la metodología que se implemente para la toma de muestras resulta ser más importante que la técnica de cuantificación, ya que se deben eliminar o controlar todos los posibles errores.

Ferguson et al. (2016) estudiaron los efectos de la presión, la clasificación del tamaño de gotas y la disposición de las boquillas con respecto a la densidad del número de gotas en la posición horizontal de colectores no hidrosensibles, constituidos por papel kromekote. Este último es un tipo especial de papel fotográfico sobre el cual se asperjó agua con la adición de  $0.4 \text{ g L}^{-1}$  del colorante azul brillante; posteriormente, cada tarjeta se fotografió por separado y se analizaron utilizando el programa Image J.

## HIPÓTESIS

### Hipótesis básica

- Los programas de análisis de tarjetas son una herramienta fundamental para aumentar la eficiencia de las pulverizaciones agrícolas.

### Hipótesis de trabajo

- Los diferentes colectores artificiales utilizados en las evaluaciones de aplicación difieren en la información que proporcionan.
- Los programas de análisis de tarjetas difieren en los resultados obtenidos.
- El  $DV_{0.5}$  en los objetivos verticales es significativamente menor que en los horizontales, independientemente de las pastillas.
- Los programas de análisis sobreestiman la eficiencia de aplicación.

## OBJETIVOS

### Objetivos generales

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

### Objetivos específicos

- Determinar la uniformidad de distribución por medio de diferentes tarjetas colectoras.
- Aportar información sobre la prestación de diferentes pastillas.
- Evaluar la calidad de aplicación sobre objetivos con orientación vertical y horizontal.

Valorar el desempeño de diferentes pastillas con dos programas informáticos de evaluación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar

El ensayo se llevó a cabo en la estación experimental Julio Hirschhörn perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina 34°35 S, 57°57 W. dentro de un galpón cerrado y asfaltado de 40 m de largo por 2 módulos de 12 m de ancho cada uno, en condiciones semicontroladas, sin viento y sin desuniformidades de la superficie de terreno.

### Equipo Pulverizador

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

### Pastillas

Se seleccionaron pastillas que abarcan dos características de pulverización diferente, pero con el mismo caudal por minuto, trabajando en iguales condiciones de presión y velocidad

de desplazamiento y distancia entre las mismas, a fin de obtener idénticas tasas de aplicación en  $l\ ha^{-1}$ , las características de las pastillas se describen en la Tabla N° 1

Tabla N° 1: Pastillas características descripción

Pastillas	Angulo de apertura abanico	Caudal ( $L\ min^{-1}$ )	Tipo	Marca	Altura botalón (m)	tamaño de gota ***
XR11002VP	110°	0,8	Abanico	Teejet	0,75	F
TXA8002VK	80°	0,8	Cono Hueco	Teejet	0,75	F

\*\*\* Ver Tabla N°2

Tabla N° 2: Tamaño de gotas según especificaciones de BCPC y en conformidad con la norma S572.1 de ASABE a la fecha de impresión de este documento (Teejet, 2014).

Categoría	Símbolo	Dv0.5
Extremadamente Fina	XF	≈50
Muy Fina	VF	<136
Fina	F	136–177
Mediana	M	177–218
Gruesa	C	218–349
Muy Gruesa	VC	349–428
Extremadamente Gruesa	XC	428–622
Ultra Gruesa	UC	>622

#### Condiciones de trabajo de las pastillas

Las mismas fueron evaluadas trabajando a 2,5 bares (250 kpa) de presión, y se evaluó en cada pastilla de pulverización por medio de manómetro de precisión, y a una velocidad de trabajo de  $17\ km\ h^{-1}$ . El caudal de las pastillas se ajustó para erogar la dosis deseada ( $50\ L\ ha^{-1}$ ) por medio de la variación de la presión de trabajo, en el rango estipulado por tablas del fabricante.

El botalón circuló por encima de los objetivos de pulverización a una distancia de 0,75 m de altura en todas las pastillas, buscando uniformar las alturas de trabajo y cumplir con las recomendaciones de los fabricantes, en las XR11002VP una altura mayor a 0,5 m, y en las pastillas TXA8002VK un mínimo de 0,75 m (Teejet, 2014; Pentair, 2017). Se trabajó con un distanciamiento entre picos de 0,52 m. A todas las pastillas se les realizó, previo a los ensayos, los controles pertinentes de caudal mediante la utilización de un caudalímetro electrónico digital. Se procedió al cambio de aquellas que diferían en más del 10% del caudal erogado por una nueva a la presión de trabajo normalizada, y se realizó limpieza de aquellas en la que el caudal de la pastilla se redujo en más de un 10%.

Se realizaron mediciones de las condiciones ambientales las cuales fueron constantes a lo largo de toda la duración del ensayo. Se trabajó con una temperatura de 15°C, una humedad relativa del 100% y una presión atmosférica de 1018 hpa (1,004 atm). Cabe destacar que el ensayo se realizó dentro de un galpón cerrado por lo tanto, sin viento.

#### Objetivos de pulverización

El objetivo de pulverización fue colocado en pequeños bancos de madera de 0,5 m de largo por 0,15 m de ancho con 2 prismas rectangulares de diferentes dimensiones que funcionaron como objetos obstáculo de las gotas para llegar a los diferentes objetivos con la intención de evaluar posiciones horizontales y verticales en forma separada (Figura 1).

Se colocaron 3 series de 2 bancos de prueba, distanciadas entre si 2 m en la dirección de avance y separadas en forma transversal a la dirección de avance 0,75 m (Figura N°3). Esto permitió obtener objetivos que sean coincidentes con el pico de pulverización y objetivos que se hallen entre los picos, generando ante la existencia de desuniformidad a lo largo del botalón, que estas sean absorbidas por las repeticiones.

Los objetivos de pulverización utilizados fueron tarjetas hidrosensibles Syngenta (0,026 m x 0,076 m) junto a papel blanco fotográfico tipo glossy de 130 gr m<sup>-2</sup> del mismo tamaño (0,026 m x 0,076 m) y papel whatman 40 del mismo tamaño (0,026 m x 0,076 m), para la recolección del trazador, colocadas en todas las caras de los prismas rectangulares y por delante y detrás de los mismos en posición horizontal dando como resultado 5 posiciones a analizar: adelante horizontal (AdH), adelante vertical (AdV), arriba (Ar), atrás horizontal (AtH) y atrás vertical (AtV) (figuras N° 2).

## Métodos de evaluación

### Tarjetas hidrosensibles

Luego del pasaje de la máquina se extrajeron las tarjetas hidrosensibles y se colocaron en ambiente libre de humedad hasta el procesamiento de las mismas. El mismo está conformado por dos partes, una digitalización de las tarjetas realizada por medio de scanner cannon LIDE90, para luego ser procesadas con el programa CIR 1.5 (Editor) y Gotas PC, obteniendo los siguientes parámetros que constituyeron en parte, las variables de respuesta:

- Cantidad de impactos (N° de improntas cm<sup>-2</sup>).
- Diámetro Volumétrico Mediano (DV 0,5 o DVM), (µm) Diámetro de gota que divide el volumen pulverizado a la mitad.
- Área de Cobertura (%) Porcentaje del área de la tarjeta manchada
- Eficiencia (%), relación entre lo recogido en el objetivo y lo aplicado.
- Diámetro volumétrico 0,1, (µm) diámetro de gota por debajo del cual se encuentra que el 10% del volumen pulverizado.
- Diámetro volumétrico 0,9, (µm) diámetro de gota por debajo del cual se encuentra el 90% del volumen de pulverización (o 10% más grande).

### Tarjetas Blancas fotográficas

Las tarjetas fueron evaluadas de igual forma que las tarjetas hidrosensibles, una digitalización de con scanner cannon LIDE90, para luego ser procesadas con el programa CIR 1.5 (Editor) y Gotas PC, obteniendo los mismos parámetros que con las anteriores

### Trazador

El trazador utilizado fue colorante alimenticio azul brillante (FD&C N°-1) ya que el mismo mantiene la tensión superficial de soluciones acuosas y cumple con las características necesarias en un trazador colorimétrico de no degradarse con la luz y el tiempo. (Palladini et al., 2005).

Los objetivos de recolección consistieron en hojas de papel del mismo tamaño que las tarjetas hidrosensibles Syngenta que luego del pasaje de la maquina se dejaron secar para su posterior manipuleo. Esta metodología sólo provee valores de eficiencia de aplicación de la pulverización, ya que es el único dato que se obtiene a través de las mismas.

El procesamiento de estas tarjetas estuvo conformado por dos etapas que constituyeron el resto de las variables de respuesta:

- 1- Extracción del trazador de las tarjetas de papel de filtro por medio de lavado con 20 ml de agua destilada, dentro de tubos Falcón de 50 ml, con sumersión del papel y agitación vaivén del tubo en posición horizontal (180 golpes por minuto) por 1 minuto para asegurar la correcta extracción y recuperación del colorante, este líquido fue transvasado a tubos de ensayo
- 2- Cuantificación por colorimetría con un espectrofotómetro Metrolab 325.

Una vez terminada la tarea a campo se realizó el procesamiento de los datos, luego los resultados fueron volcados en planillas Excel y procesados estadísticamente mediante el software estadístico Infostat®. Los datos fueron sometidos a los test de normalidad, independecnia y homoscedasticidad, resultando no ser normales por lo que se decide realizar análisis de varianza no paramétrica (Kruskal Wallis) y testear diferencias significativas por su Test basado en ranks (InfoStat 2018), con el fin de confirmar o rechazar las hipótesis planteadas y sacar conclusiones. Cabe destacar que, tanto el programa CIR como el GOTAS PC, tuvieron inconvenientes para captar la impronta de las gotas en los colectores blancos fotográficos por lo que debieron ser editadas a través del programa PictureManager® modificando su contraste y brillo.

1: banco de madera.

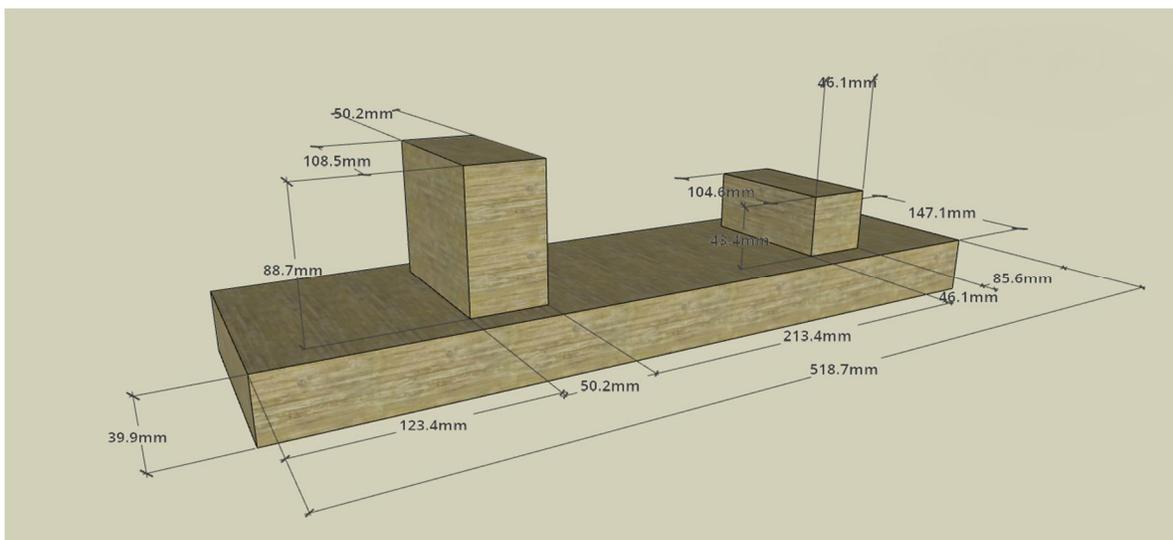


Figura 2: disposición de las tarjetas en el banco.

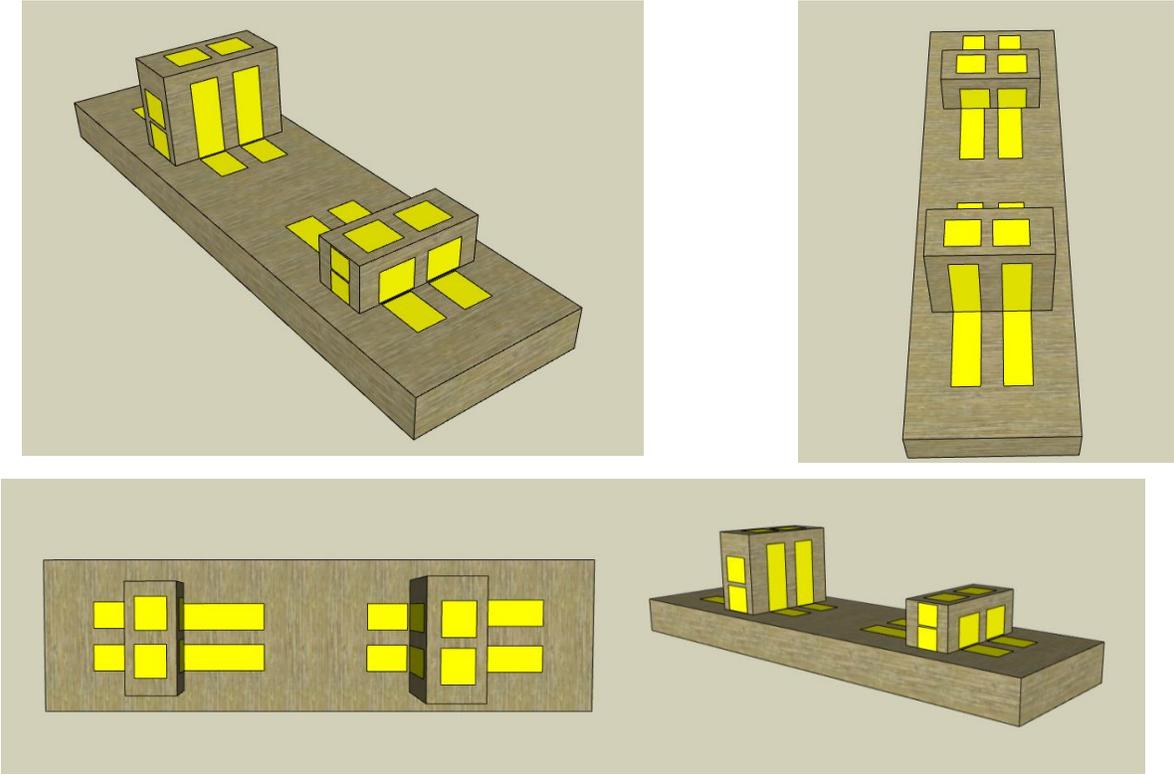
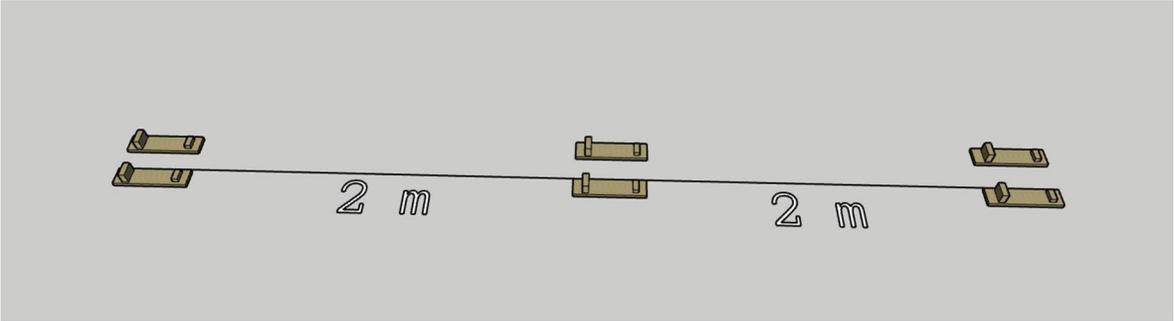


Figura 3: Distanciamiento entre bancos.



## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### Cantidad de impactos

En la figura N°4 se pueden observar los resultados para el parámetro número de gotas por  $\text{cm}^{-2}$  obtenidos por los diferentes programas, discriminados por tratamiento, en el mismo se puede evidenciar que existen diferencias estadísticamente significativas entre programas empleando el mismo colector. El software CIR 1.5 cuantificó mayor número de impactos con respecto al Gotas cuando se trabajó tanto con colectores artificiales hidrosensibles como fotográficos. Estos resultados coinciden con el trabajo realizado por Cunha et al. (2013) en el cual se hallaron diferencias significativas entre los programas Conta Gotas, e-Sprinkle, DepositScan y CIR 1.5, siendo este último quien arrojó los mayores valores. Los autores adjudicaron dichas discrepancias, por un lado, a los diferentes factores de corrección, los cuales no están especificados, con la excepción de Deposit Scan, el cual emplea el factor propuesto por Salyani & Fox (1994); por otro lado, también mencionan la sensibilidad para separar gotas superpuestas (en lo cual el programa CIR 1.5 se destaca) como otra fuente de variación en los resultados basándose en los trabajos de Leiva & Araujo (2007). Estos últimos han encontrado diferencias en la información proporcionada por los diferentes programas de conteo y tipificación tanto en la variable cobertura como en las variables de dimensiones de gotas. Dichos autores concluyen en su investigación que el software CIR 1.5 fue el que mejor logro un conteo individual de impactos sobre las tarjetas hidrosensibles dada su ya mencionada, sensibilidad y por ende logró los valores más altos en número de impactos. La característica de poder individualizar cada una de las gotas es muy importante en tratamientos terrestres donde la cobertura es mayor, y no tanto en los aéreos, donde la cantidad de gotas difícilmente supere las 40 a 45 impactos por  $\text{cm}^{-2}$ .

Los menores valores arrojados por el software gotas puede deberse a que, al no contar con la capacidad de separar gotas superpuestas, las improntas pequeñas que tocan a las más grandes no se contabilizan y solo se cuentan las gotas pequeñas que están aisladas; aspecto que fue estudiado por Cunha et al (2012) y también reportado por Leiva y Araujo (2009) para los programas AgroScan y StainMaster donde, atribuyen esta falta de precisión por parte de los programas a la incapacidad de los software para identificar gotas más pequeñas.

Garcia et al. (2004) mostraron que el análisis realizado por diferentes programas de computadora para cuantificar y calificar el proceso de pulverización también mostró resultados muy diferentes en comparación con los métodos tradicionales de análisis. Los autores atribuyeron los errores principalmente a los filtros para separar el color de fondo del papel (amarillo) del color de las gotas (azul). El análisis de imágenes escaneadas de papel amarillo con manchas azules causadas por gotitas parece simple, pero los autores han identificado alrededor de 90 tonos de colores entre amarillo y azul. Para un examen de gotas cuyo tamaño es del orden de micras, la dificultad aumenta. Sumado a esto, Hoffman & Hewitt (2005) sostienen que hay limitaciones técnicas en las mediciones de gotas en papeles hidrosensibles cuando estas son menores a 50  $\mu\text{m}$  porque no hay volumen de líquido suficiente para demarcar visiblemente el papel. Aun así, ambos software contabilizaron mayor cantidad de impactos cuando se empleó como colector papel hidrosensible, lo cual puede estar dado por un mejor desempeño por parte de los programas cuando los colectores presentan mayor contraste entre el color de fondo y el de la gota.

Dado que las recomendaciones para lograr eficacia biológica de un tratamiento con fitosanitarios está dada por la densidad de impactos por  $\text{cm}^2$ , la información brindada por un determinado software debe ser cuidadosamente utilizada.

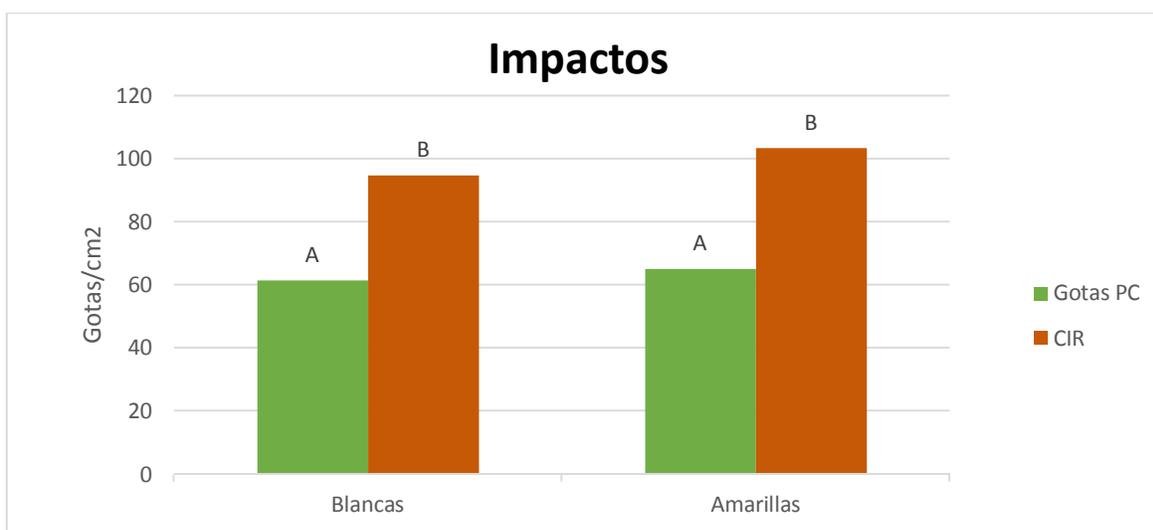


Figura N°4 – Comparación entre el número de impactos por  $\text{cm}^2$  cuantificado por los software CIR 1.5 y Gotas para pc utilizando las dos variantes de colectores. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el test de Ranks de Kruskal Wallis.

A continuación, para un análisis más detallado, se pueden observar las improntas por  $\text{cm}^2$  contabilizadas por dichos programas en las diferentes posiciones relativas del banco de prueba, particionadas por colector y por pastilla (Figuras N°5 y N°6). Los resultados demuestran que los colectores artificiales ubicados en las posiciones horizontales y arriba presentan mayor número de impactos que las verticales, ya que estas últimas son de mayor dificultad de alcance durante la pulverización; esto coincide con lo citado por Tu et al., (1986), Wirth et al., (1991) y Xie et al., (1995), quienes mencionan que el tratamiento en las partes orientadas horizontalmente de una planta, como las hojas, es relativamente más fácil que en los órganos con mayor superficie expuesta en el plano vertical de una planta. Por otro lado, el programa CIR 1.5 contabiliza mayor número de gotas, con respecto al software Gotas, en todos los tratamientos realizados sin importar el tipo de pastilla y tarjeta colector; esto puede deberse a una propiedad de este último, remarcada anteriormente, dado que presenta dificultades para determinar superposiciones de impactos (propias de las gotas de mayor tamaño) y para reconocer gotas pequeñas lo que conlleva a un menor número de gotas por centímetro cuadrado.

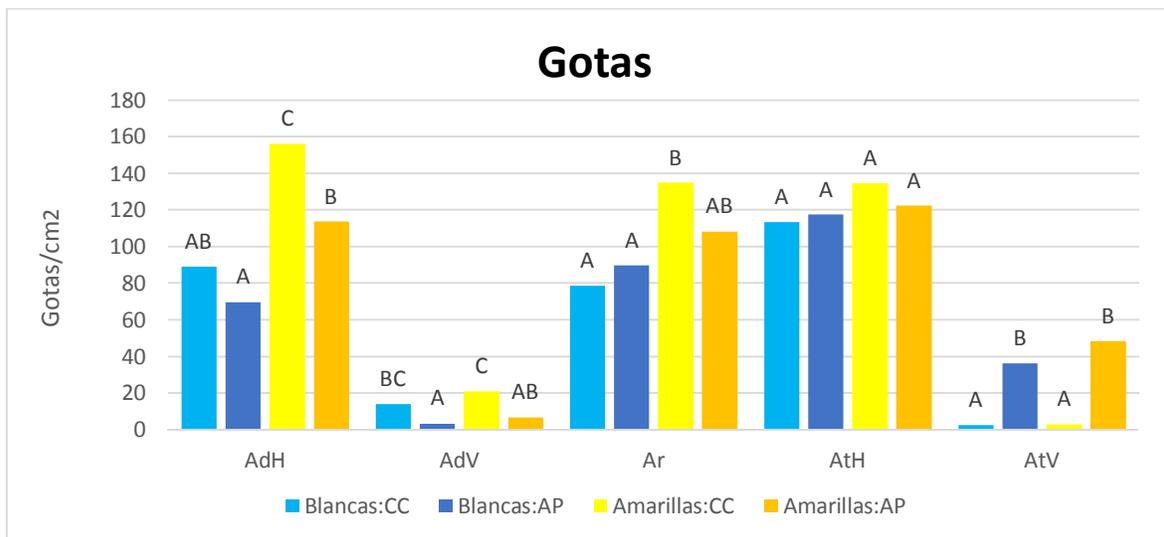


Figura N°5 - Número de gotas por  $\text{cm}^2$  contabilizadas por el software Gotas para pc en las diferentes posiciones particionadas por colector y por pastilla. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el test de Ranks de Kruskal Wallis.

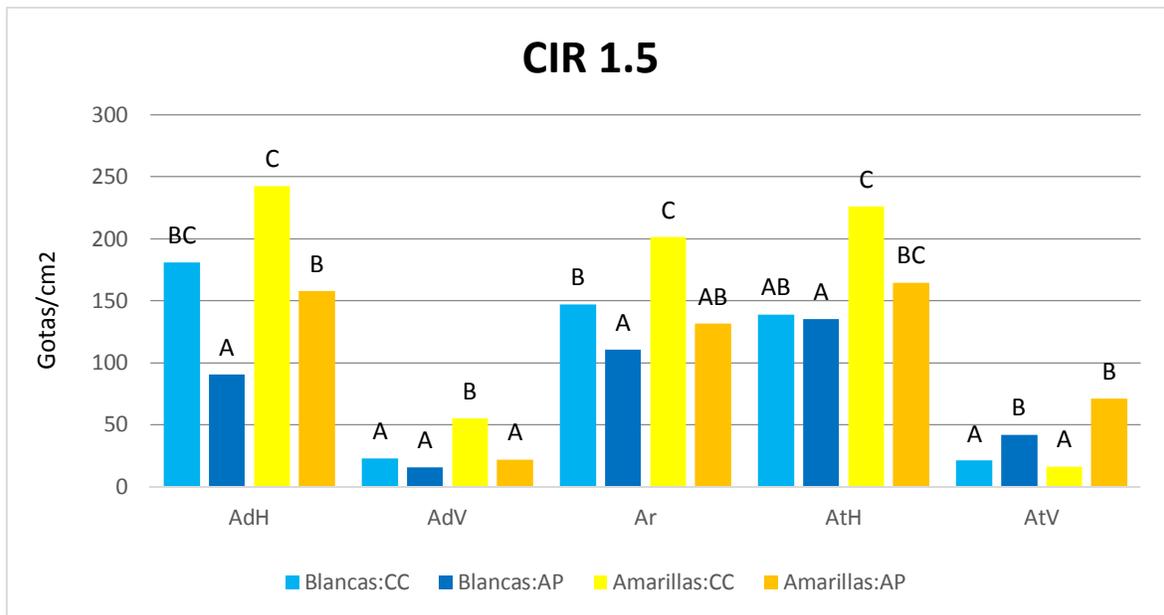


Figura N°6 - Número de gotas por  $\text{cm}^{-2}$  contabilizadas por el software CIR 1.5 en las diferentes posiciones particionadas por colector y por pastilla. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el test de Ranks de Kruskal Wallis.

Al comparar ambas figuras N°5 y N°6 puede evidenciarse que los software, presentan las mismas tendencias de comportamiento en todas las posiciones para el caso de colectores amarillos y en el caso de colectores blancos, solo en la posición Ar se observa un comportamiento diferente.

Por otro lado en lo que respecta a AtH, el programa Gotas no presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos mientras que, en contraposición, el CIR 1.5 si las arroja; esto puede deberse a que los desvíos estándares del Gotas son mucho mayores con relación al CIR 1.5 dada su incapacidad de reconocer superposiciones. Cabe destacar, que el programa CIR 1.5 refleja discrepancias significativas entre colectores pero no significativas entre pastillas, esto puede deberse a que es probable que las gotas que lleguen a esa ubicación sean pequeñas (139 y 226  $\mu\text{m}$ ) propias de las pastilla como hueco convencional y el software presente incapacidad de cuantificarlas como sostiene Zhu et al. (2011).

En el caso de AdH (de fácil acceso para las gotas pulverizadas), el programa CIR 1.5 no encontró diferencias entre colectores trabajando con la pastilla como convencional, pero si

mayores valores en las tarjetas hidrosensibles, si lo hizo cuando se utilizó abanico plano, esto puede deberse a que este programa tiene un mejor desempeño trabajando con contraste de colores mayores entre el color de fondo y de gota como muestran los papeles hidrosensibles; mientras que el Gotas reveló discrepancias entre colectores cuando se empleó cualquiera de las dos pastillas esto puede haberse generado dada la poca aptitud que este último posee para contabilizar gotas pequeñas.

Otra posición que puede ser de fácil alcance para las gotas, es Ar donde ambos programas presentaron diferencias significativas entre colectores utilizando la pastilla convencional; esto puede deberse a que la cantidad de impactos en los colectores hidrosensibles afecte el contraste del fondo con la gota y reduzca el desempeño de los programas para contabilizar este parámetro, tal como lo manifiesta Panneton (2002), el cual entiende que una limitación del papel sensible al agua es que el color de las áreas no teñidas en la tarjeta cambia a medida que la distancia entre manchas disminuye causa que puede generar que los programas utilizados contabilicen un mayor número de impactos en colectores artificiales sensibles al agua.

En lo que respecta a las disposiciones verticales, ambos programas obtuvieron los mismos resultados en la ubicación AtV, los mismos no evidenciaron diferencia significativa entre colectores, pero si entre pastillas presentando mejor alcance el abanico plano. Mientras que en la posición adelante, las discrepancias obtenidas por los programas pueden explicarse debido a que en dicha posición las gotas generan improntas alargadas las cuales no pueden ser diferenciadas por el Gotas.

#### Diámetro volumétrico mediano

Al examinar el tamaño de gotas cuantificado a partir del DV0,5 plasmado en la Figura N° 7 puede observarse que cambia la tendencia en comparación a lo evaluado anteriormente. Gotas para pc fue el que arrojó los mayores valores, seguido por el CIR 1.5. Esto puede explicarse ya que el primero no detecta la superposición de gotas, computando las improntas como una sola gota de mayor tamaño, a diferencia del CIR 1.5 que según Leiva & Araujo (2007) si lo hace y computa dos o más gotas de menor tamaño en la misma impronta, por lo tanto, que este último sea el de menor DV0,5 es esperable debido a que cuanto más pequeñas sean las gotas que pueda leer un programa, menor será su DV0,5. Estos resultados también coinciden con el trabajo realizado por Cunha et al (2013) donde

dicho programa fue el que obtuvo menores valores de DV<sub>0,5</sub>. Además, es probable que utilicen diferentes factores de expansión para determinar el diámetro de la gota a partir de la impronta en las tarjetas, a pesar, de haber utilizado la misma resolución de imagen en ambos software de PC, existieron diferencias significativas entre ellos. Respecto a esto De Moor et al. (2000) sostienen que dividiendo el diámetro del punto (la impronta de la gota) por un factor de expansión, es posible determinar tanto el diámetro como el volumen de la gota original que formó dicha impronta. Este proceso asume que todas las gotas presentan las mismas propiedades físicas y de impacto sobre el papel hidrosensible bajo condiciones similares, lo cual no puede ser posible en todos los casos de pulverización.

Baio et al. (2015) compara las metodologías de uso del papel hidrosensibles y papel fotográfico alternativo utilizando pastillas TT (Teejet TT11001), XR (Teejet XR11001) y LBD (KGF LBD11001) y volúmenes de aplicación de 70 y 100 L ha<sup>-1</sup> destacando que el papel hidrosensible tuvo un DV<sub>0,5</sub> más alto de lo esperado en la pulverización de 70 L ha<sup>-1</sup> y similar al esperado con 100 l ha<sup>-1</sup> mientras que en el papel fotográfico alternativo, el DV<sub>0,5</sub> fue el mismo que en el papel comercial solo cuando se aplicaron 70 L por ha<sup>-1</sup>; esto se explicó ya que al aumentar la presión de trabajo del pulverizador haciendo posible aumentar el volumen de aplicación de 70 a 100 L por ha<sup>-1</sup>, se observó que había una reducción en el tamaño de la gota. Por último, concluyen que ambas caracterizan igualmente el espectro de gotas (en un 76,9 % de los ensayos realizados) y no detectan las gotas muy finas que afectan la medición del DV<sub>0,5</sub>, la amplitud relativa y el porcentaje de gotas menor a 100 µm. Aun así, en el presente trabajo presentaron diferencias significativas en los tratamientos siendo analizados por dos programas diferentes.

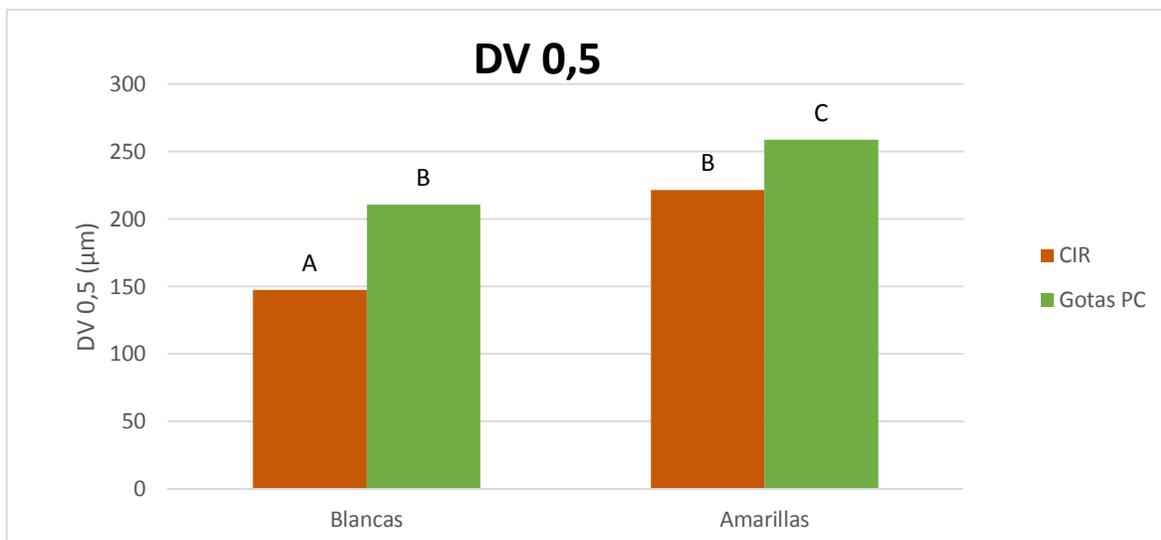


Figura N°7 - Comparación del parámetro DV0,5 cuantificado por los software CIR 1.5 y Gotas para pc utilizando las dos variantes de colectores. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el test de Ranks de Kruskal Wallis.

Comparando los valores de diámetro volumétrico mediano arrojados por los programas en las diferentes posiciones, lo cual se encuentra plasmado en las figuras N°8 y N°9, se evidencia que los valores presentan las mismas tendencias. Por un lado, tanto el software Gotas como el CIR 1.5 contabilizan el mayor DV0,5 trabajando con papel hidrosensible. .

Pese a esto las tendencias de comportamiento son muy similares, exceptuando la posición AtV para las tarjetas amarillas en AP donde Gotas PC presenta un DV0,5 notoriamente mayor, pese a que en el resto de las posiciones para ambas pastillas este programa presento un DV0,5 menor que CIR 1.5; esto puede deberse a que la gotas en el plano vertical dejan improntas alargadas generando así que el programa las contabilice con mayores diámetros volumétricos. En el caso del Gotas, esto pudo haberse generado por dos cuestiones; una de ellas es que esa posición, como se dijo anteriormente, es de mayor alcance para las gotas generadas por AP y otra causa es esto está dada porque, al no detectar gotas superpuestas, lee gotas de diámetro mayor alargadas y que además se encuentran solapadas.

Ambos programas arrojaron, tanto en la posición arriba como en las horizontales (atrás y adelante), diferencias significativas entre colectores trabajando con las diferentes pastillas contabilizando mayores valores de diámetro volumétrico mediano cuando se emplearon

tarjetas hidrosensibles esto puede deberse a que la gota, al impactar con el papel sensible al agua, se esparce más y deja una impronta de mayor tamaño sumado a que tarda más tiempo en secarse que las improntas presentes en el papel fotográfico tal como lo sostienen Correa & Held (1982), los cuales concluyen que la difusión del caldo sobre el objetivo artificial puede ser alterado en función de su contenido químico, afectando el factor de esparcimiento o dispersión; así, como consecuencia, el tamaño de las gotas medido por los programas es influenciado cuando se utiliza exclusivamente agua como marcador. En cuanto a la posición atrás horizontal, el programa CIR 1.5 no detecta diferencias significativas entre pastillas trabajando con colectores blancos esto refleja la menor aptitud del mismo trabajando con dichas tarjetas sino se trata de corregir los factores encargados de transformar improntas planas en volumen que poseen los programas y que se encuentran calibrados para trabajar con tarjetas hidrosensibles en su mayoría.

En el caso de la disposición adelante vertical, los dos programas arrojaron los mismos resultados dado que no se encontraron discrepancias entre colectores ni pastillas. Esto puede darse dado que existe una leve tendencia, respetada por todas las pastillas, que en los objetivos verticales queden retenidas gotas más finas respecto a los objetivos horizontales (Panneton et al., 2000; PISC, 2002). Lake, (1977) menciona que las gotas más pequeñas parecerían tener más afinidad por los objetivos verticales. Probablemente dado la menor influencia de la gravedad sobre ellas y su mayor tiempo de permanencia en el aire, lo que permite que pequeñas brisas las hagan impactar contra estos objetivos. Sumado a esto, los impactos de las gotas grandes generen improntas alargadas en los colectores generando desvíos estándares mayores lo que conlleva a que no se muestren diferencias estadísticamente significativas. Causa que también puede explicar los resultados obtenidos por ambos programas en la posición atrás vertical.

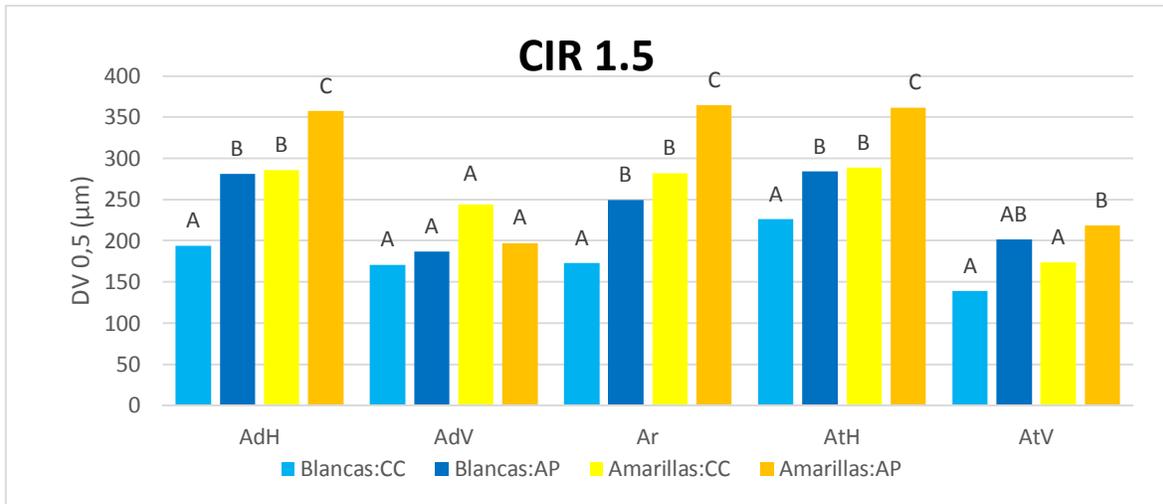


Figura N°8 – DV0,5 contabilizadas por el software CIR 1.5 para pc en las diferentes posiciones particionadas por colector y por pastilla. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el test de Ranks de Kruskal Wallis.

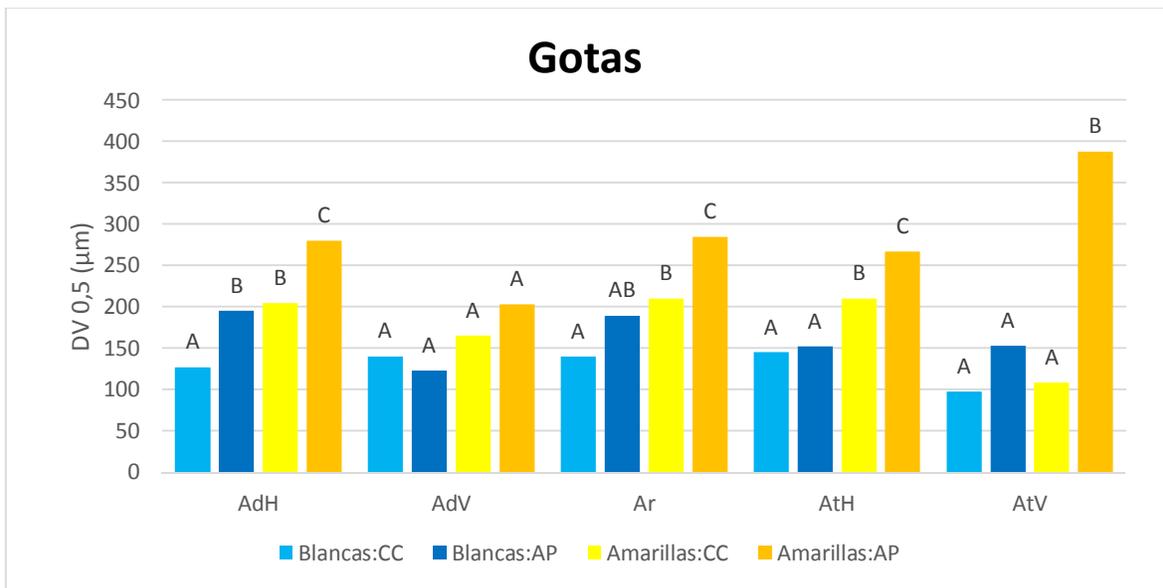


Figura N°9 – DV0,5 contabilizadas por el software Gotas para pc en las diferentes posiciones particionadas por colector y por pastilla. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el test de Ranks de Kruskal Wallis.

#### Diámetro volumétrico 0,1 y Diámetro volumétrico 0,9

Con el fin de obtener mayor información sobre el espectro del tamaño de gotas, se analizaron los valores DV0,1 y DV0,9. Para alcanzar una buena cobertura de las plantas,

se sabe que es esencial usar gotas de tamaño reducido y homogéneo, y que deben evitarse tanto las gotas excesivamente grandes, porque representan un elevado porcentaje del volumen de caldo, coalescen y generan endoderiva, como las excesivamente pequeñas pueden ser arrastradas por el viento y no alcanzar el objetivo previsto (Lake & Dix 1985 citado por Giles 1992; Porras & Porras 2006) lo cual también sostiene Alvarez (2016) quien explica que las gotas pequeñas se derivan por tener menor velocidad de caída, esto genera que demoren más tiempo en depositarse, y por lo tanto estarán más expuestas a que el viento, turbulencias y movimientos de aire y/o acción dinámica del equipo. Un valor de DV<sub>0,1</sub> indica que el 10% del volumen de pulverización está dado por gotitas más pequeñas que este valor y puede que una parte importante de ellas se deriven, Leiva (1995) afirma que las probabilidades de deriva se incrementan con tamaños de gotas menores a 150 µm.

Al observar los resultados obtenidos, figuras N°10 y N°11, podemos ver que los tratamientos presentan diferencias estadísticamente significativas siendo el programa CIR 1.5 quién arrojó los menores valores en ambos parámetros. Además, puede observarse que ambos programas cuantificaron valores menores de estas variables empleando colectores fotográficos. En el caso del DV<sub>0,1</sub> los valores obtenidos eran esperables debido a lo mencionado anteriormente, cuanto más pequeñas sean las gotas que pueda leer un programa, menor será su DV<sub>0,1</sub>; por lo tanto, dada la incapacidad de cuantificar gotas de pequeño diámetro, así como también de detectar superposiciones, por parte del programa Gotas se evidencia un mayor DV<sub>0,1</sub>. Por otro lado, en lo que respecta al DV<sub>0,9</sub>, los resultados obtenidos concuerdan con lo mencionado anteriormente también sobre la escasa sensibilidad del programa Gotas para captar superposiciones por lo tanto procesa gotas solapadas como una sola de gran tamaño.

La razón por la cual ambos programas cuantificaron mayores valores de DV<sub>0,1</sub> y DV<sub>0,9</sub> empleando tarjetas hidrosensibles puede estar dado por el mayor esparcimiento de la gota al impactar con el papel sensible al agua, así como también, el mayor tiempo de secado requerido por parte de los colectores compuestos por papel sensible al agua en comparación con los fotográficos como se mencionó con anterioridad. Sumado a esto, los factores de corrección que emplean los diferentes programas y la calibración para trabajar con un material de colector específico juegan un rol importante en la cuantificación de estos parámetros

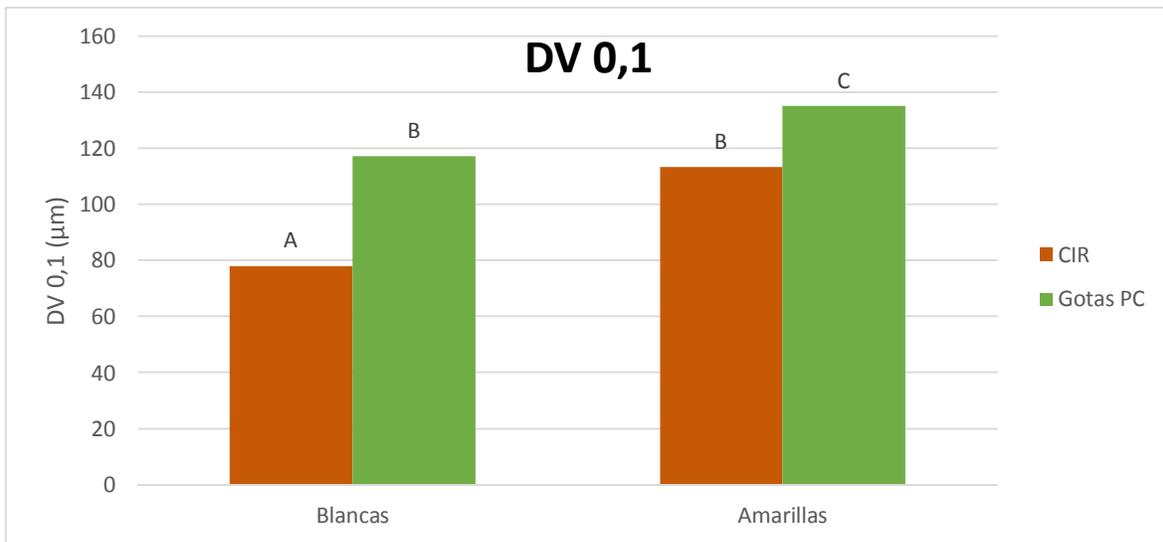


Figura N°10 – Comparación del DV0,1 cuantificado por los software CIR 1.5 y Gotas para pc utilizando las dos variantes de colectores. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el test de Ranks de Kruskal Wallis.

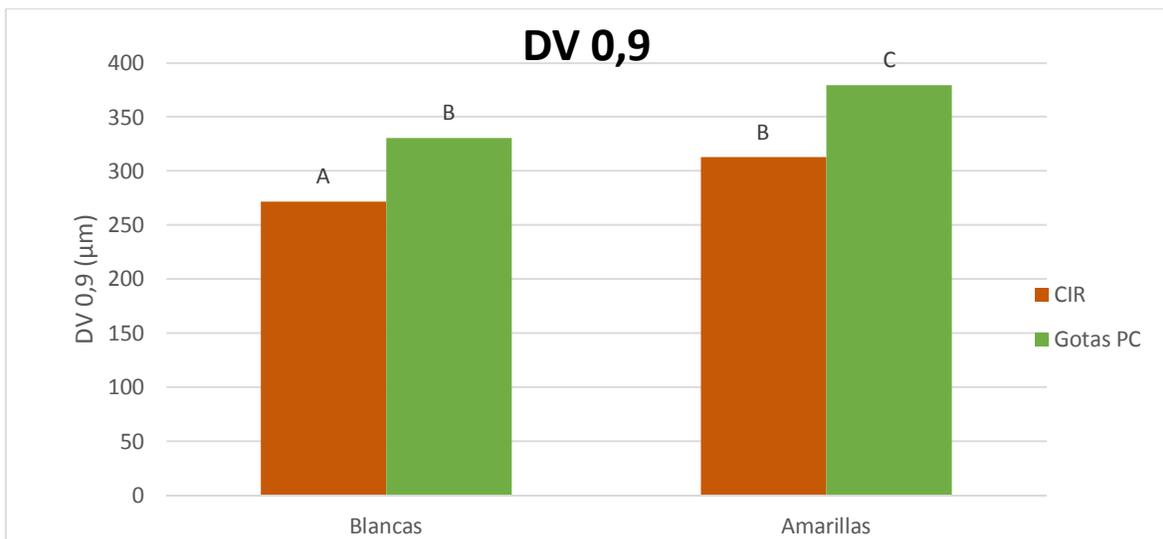


Figura N°11 – Comparación del DV0,9 cuantificado por los software CIR 1.5 y Gotas para pc utilizando las dos variantes de colectores. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el test de Ranks de Kruskal Wallis.

### Cobertura

Al analizar la cobertura de las tarjetas, podemos observar que el programa que arrojó valores mayores de este parámetro, trabajando con los diferentes colectores, fue el CIR

1.5, presentando diferencias estadísticamente significativas (Figura N°12). Estos resultados están relacionados con la cantidad de gotas por  $\text{cm}^{-2}$  y los tamaños de gotas estimados en los tratamientos. Teniendo en cuenta la fórmula matemática de la esfera, una reducción de la mitad del diámetro de una gota daría ocho gotas para un mismo volumen. Es por este motivo que un software que capte mayor cantidad de gotas y de menor diámetro arroje valores superiores de cobertura como lo hace en este caso el programa CIR 1.5. Es importante mencionar que los valores de cobertura obtenidos por ambos programas para un proceso de pulverización es bajo, esto puede estar dado ya que en el presente ensayo se analizan posiciones verticales donde la dificultad por parte de las gotas para arribar a ellas es mucho mayor alcanzándose siempre menos cobertura. En cuanto a esto último, Fox et al. (2003) desarrollaron una escala de clasificación con 10 clases en función de la densidad de gotas, luego emplearon un sistema de análisis de imagen para evaluar del porcentaje de recubrimiento en colectores, pero la estimación de algunos niveles de esta escala resultó ser de alta complejidad y ambigua, por lo tanto se tiene como pautas fiables, un recubrimiento del 17%, como alto, un 7,7% como medio y un 2,4 como bajo.

Ferguson, et al (2016) compararon la cobertura expresada como porcentaje del área cubierta en tarjetas hidrosensibles y en papel Kromekote entre cinco software de procesamiento de imágenes: tres de ellos, Image J, Deposit scan y Swath kit utilizan una cámara de 12 MP, Droplet scan y Drop visión-AG utilizan escaneos con una resolución de 200 dpi y 300 dpi respectivamente. Adicionalmente se evaluó una aplicación para teléfonos smartphones para el análisis de tarjetas hidrosensibles (SnapCard) utilizando una cámara de 8 MP. A su vez se utilizaron seis pastillas que asperjaban gotas de diferentes tamaños. Al comparar los resultados los autores encontraron diferencias significativas entre dichas herramientas. La similitud entre SnapCard, Image J y Deposit scan fue atribuida a que fueron desarrollados desde la plataforma de Image J. También mencionan que Swath kit, Droplet scan y Drop visión-AG fueron desarrolladas específicamente para pulverizaciones agrícolas usando factores de corrección basados en el tipo de aplicación y de recolector utilizado, en contraste con Image J y Snap Card que operan en un sistema binario monocromático (puntos negros sobre un fondo blanco). Estos factores y la diferencia de resoluciones pueden explicar la existencia de discrepancias entre los valores de porcentaje de cobertura entre distintos software. Cabe destacar, que el factor de corrección que utilizan los programas están dados para trabajar con colectores hidrosensibles y no fotográficos,

esto podría ser la causa por la cual la cobertura es muy baja empleando estos últimos; además de la mejor prestación y desempeño de los programas leyendo sobre colores contrastantes como el de los papales sensibles al agua. Es importante mencionar, además, que el programa CIR 1.5 no analiza la totalidad de la tarjeta sino sólo 5 cuadros elegidos aleatoriamente por el mismo (los cuales pueden ser modificados por la persona que realiza la tarea) lo cual puede generar resultados diferenciales entre ambos.

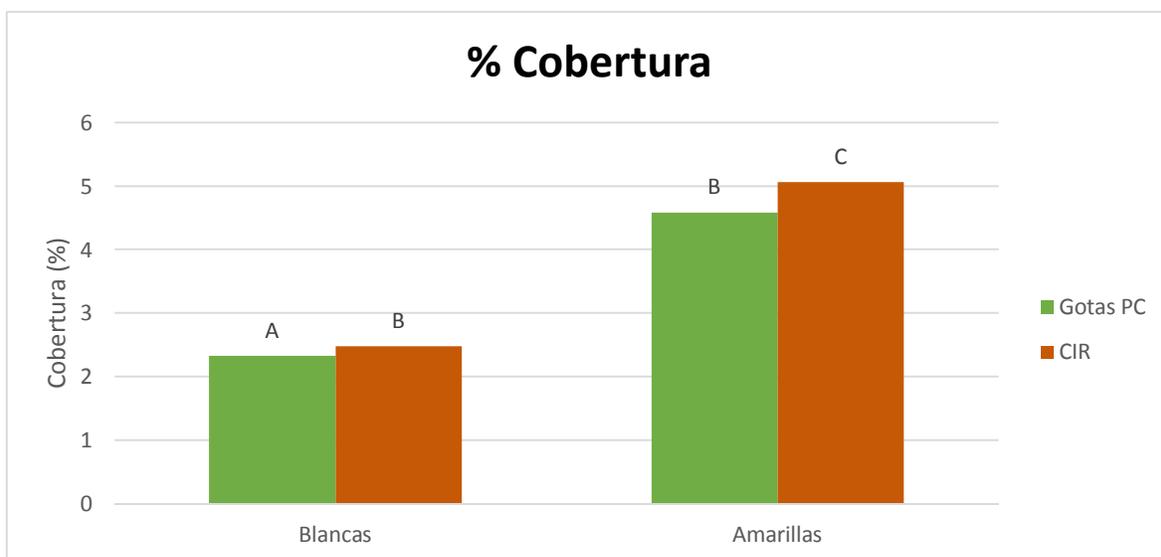


Figura N°12 - Comparación del porcentaje de cobertura cuantificado por los software CIR 1.5 y Gotas para pc utilizando las dos variantes de colectores. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el test de Ranks de Kruskal Wallis.

A continuación, se pueden observar los resultados del parámetro cobertura obtenidos por los software en las diferentes posiciones particionadas por colector y por pastilla los cuales son similares. Se puede evidenciar que, tanto el Gotas como el CIR 1.5, arrojaron valores mayores, en las mismas condiciones de trabajo, cuando se emplearon colectores hidrosensibles. Otro aspecto a destacar, es que las posiciones horizontales y arriba son aquellas en las se obtuvieron los mayores valores de cobertura, manteniendo concordancia con lo informado por Tesouro et al. (2006) quienes determinan en su trabajo valores de cobertura que rondan el 12,5%, en relación con las disposiciones verticales las cuales obtuvieron valores muy bajos. Esto último era lo esperado dada su dificultad por parte de la población de gotas pulverizadas de alcanzar esas posiciones.

Al comparar las figuras N°13 y N°14, se puede observar que ambos programas presentaron tendencias similares en casi todas las posiciones. Presentan diferencias significativas entre colectores en las posiciones horizontales lo cual está relacionado, como ya se mencionó, con el número de impactos contabilizados y el DV0.5 pero a su vez, no se encontraron discrepancias entre pastillas cuando, teóricamente, gotas más pequeñas deberían generar mayor cobertura en las tarjetas según Márquez (2005). Esto es probable que se deba a la interacción entre un menor número de impactos pero con mayor DV0.5 que posee el AP lo que compensa el mayor número de impacto de CC con un menor DV0.5 generando una cobertura similar. Cabe destacar, que el programa Gotas no obtuvo diferencias significativas entre colectores empleando la pastilla abanico plano en el tratamiento adelante horizontal, esto puede deberse a que, aunque el programa CIR 1.5 cuantificó mayor número de impactos por  $\text{cm}^{-2}$  respecto al Gotas, pero el valor superior de DV0,5 arrojado por este último generó este resultado; además de que que no todos los programas calculan el área de la gota de la misma forma, utilizan fórmulas de cálculo diferentes.

Con respecto a las disposiciones verticales, los dos programas presentan las mismas tendencias. En el caso de la ubicación adelante, el CIR 1.5 no determinó diferencias entre colectores en los tratamientos realizados mientras que el Gotas para PC si lo hizo cuando se empleó la pastilla cono convencional lo cual se relaciona directamente con las gotas por  $\text{cm}^{-2}$  cuantificadas por el software y la menor sensibilidad de gotas para separar impactos. Al analizar los resultados obtenidos por los programas en la disposición atrás vertical se evidencia que la pastilla abanico plano es la de mejor alcance en esa zona.

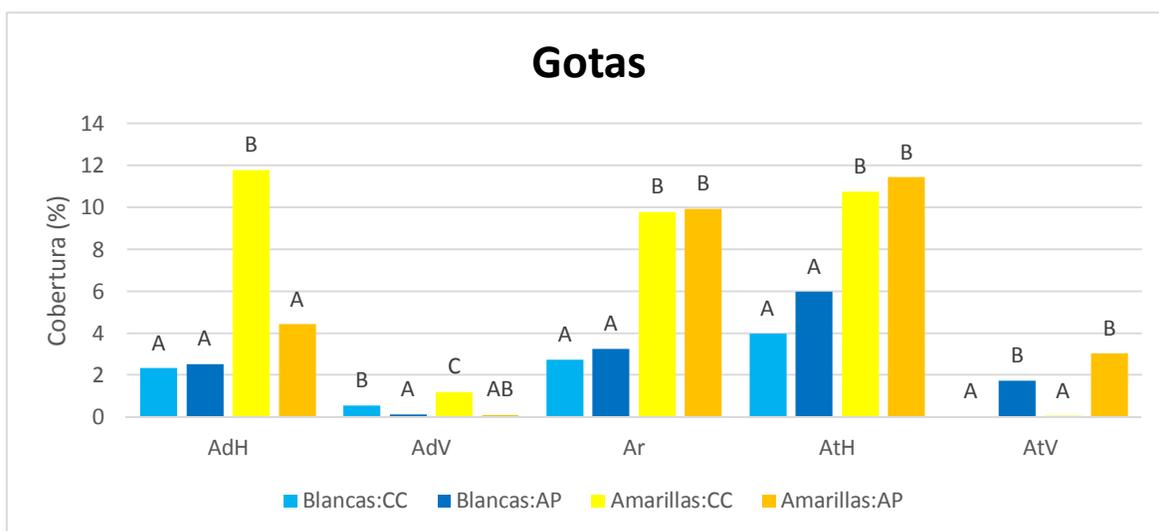


Figura N°13 – Porcentaje de cobertura estimado por el software Gotas para pc en las diferentes posiciones particionadas por colector y por pastilla. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el test de Ranks de Kruskal Wallis.

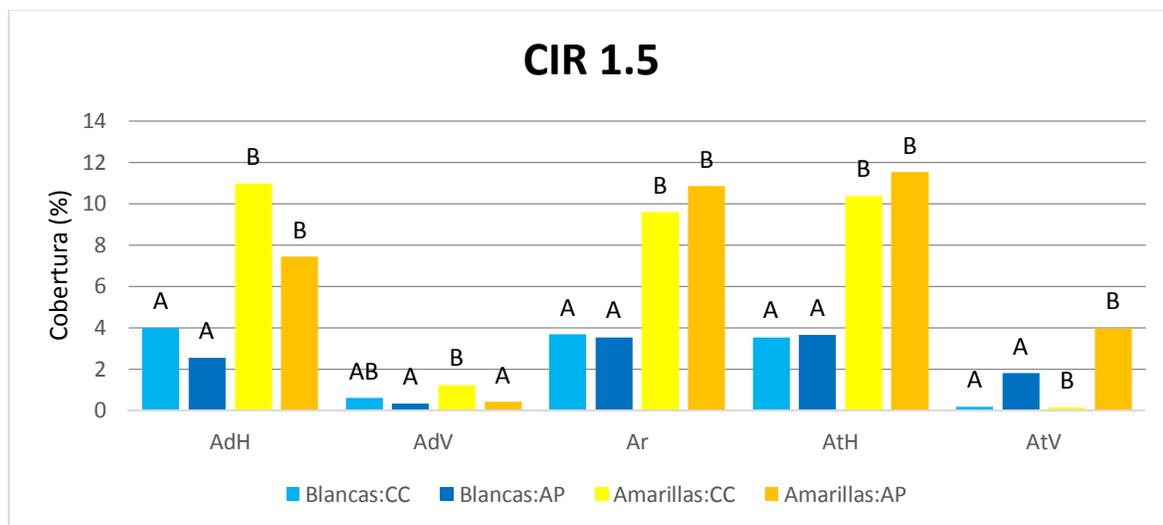


Figura N°14 – Porcentaje de cobertura estimado por el software CIR 1.5 en las diferentes posiciones particionadas por colector y por pastilla. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el test de Ranks de Kruskal Wallis.

### Eficiencia de aplicación

Al realizar el análisis estadístico para el porcentaje de eficiencia y comparar los diferentes tratamientos realizados, los cuales se muestran en el figura N° 15, podemos observar que los programas no siguen la misma tendencia con respecto al análisis de la cobertura realizado anteriormente, verificándose que al estudiar la eficiencia de aplicación a través de colectores fotográficos, tanto el software Gotas como el CIR 1.5, arrojaron valores menores sin diferencia significativa con la metodología de colorimetría que se tomó como testigo, ya que según Cowell (1988) es una metodología confiable para el análisis de eficiencia; igualmente, cabe destacar, que el Gotas para PC fue el programa que más se acercó a la metodología de trazador. Schneider et al. (2013), señalan que el tamaño de gota, la posición de la aplicación con respecto al objetivo, la densidad del caldo, la velocidad de la gota y la dirección del flujo, como los principales factores que influyen en la eficiencia de las aplicaciones. Dado que el programa CIR 1.5 obtuvo valores menores de tamaño de gota es posible que esto se traslade a un menor volumen recolectado y por ende a una menor eficiencia de aplicación. Mientras que, cuando se utilizaron colectores hidrosensibles,

ambos software sobreestimaron la eficiencia de aplicación con relación al testigo. Esto puede deberse a que no todos los programas calculan el volumen de la gota de la misma forma, ya que la gota no es perfectamente circular, se utilizan ecuaciones de cálculo para poder llegar a un área de cada gota (Zhu et al., 2011), lo que seguramente genere errores y en algunos programas sea mayor que en otros. Sumado a esto, como se mencionó anteriormente, los factores de corrección que utilizan los programas para calcular un volumen de gota a partir de su impronta en el papel están dados para trabajar con colectores hidrosensibles (y no fotográficos) donde, por lo general, sobreestiman la eficiencia de aplicación como se puede evidenciar en el figura N°15; mientras que trabajando con tarjetas fotográficos estos subestiman dicho parámetro. Según el análisis estadístico realizado, el programa CIR 1.5 presenta diferencias significativas con el testigo, aun siendo el software que obtiene el resultado más certero (sobreestima sólo un 18%), esto se debe al sistema de “ranks” que utiliza el Kruskal Wallis para determinar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, por su parte, Gotas no presenta diferencias significativas con los valores obtenidos por el CIR 1.5 y el trazador quedando en una posición intermedia pese a presentar los valores más altos de eficiencia esto se debe a la gran variabilidad estadística de sus resultados. Este resultado coincide con Leiva & Araujo (2007) quienes sostienen que el volumen de aplicación estimado por los programas se calcula como producto del número de gotas por unidad de superficie y el volumen medio de la gota; en base a esto, las variaciones en la estimación de ambos parámetros causarán variaciones en la eficiencia de aplicación. Dichos autores, concluyeron en su investigación que el volumen de aplicación fue mejor estimado con los programas CIR 1.5 y Agroskan; tanto el programa e-Sprinkle como StainMaster lo subestiman significativamente (54% menos). Por otro lado, el programa Gotas sobreestimó en un 45,87 % la eficiencia de aplicación cuando se empleó colectores amarillos lo cual se da, seguramente, por errores de dicho programa a la hora de analizar las tarjetas hidrosensibles. En este sentido los propios desarrolladores del software (EMBRAPA, 2012) remarcan la necesidad de que la tarjeta hidrosensible presente una baja densidad de impactos, ya que los resultados dejan de ser confiables. Además de esto, Zhu et al. (2011) remarcan la importancia que un software de análisis de tarjetas hidrosensibles pueda determinar la superposición de gotas para no inducir en errores sobre la tasa de recuperación cuando el porcentaje de cobertura es importante.

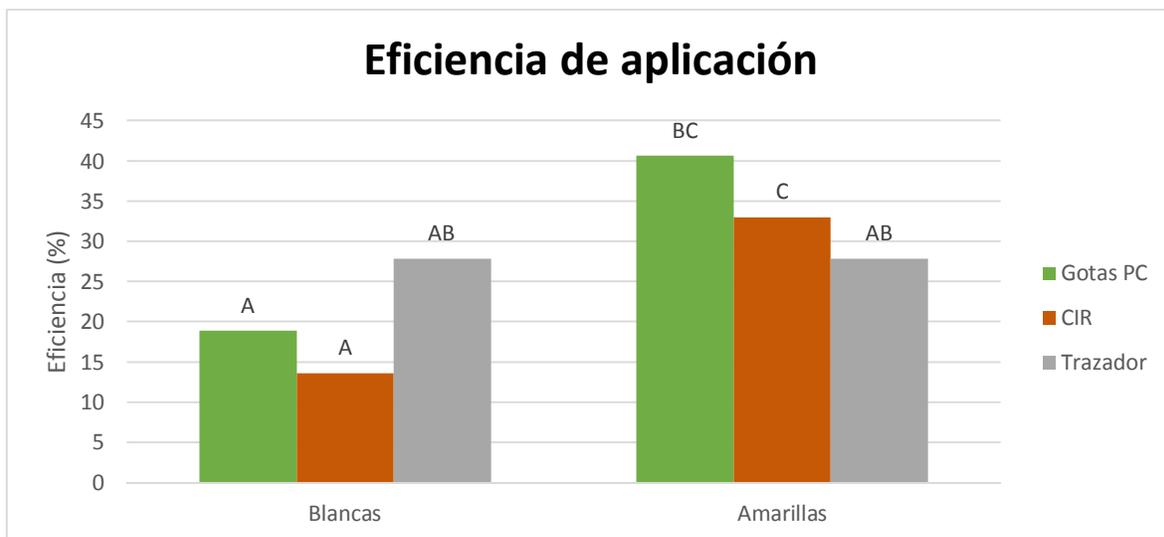


Figura N°15 - Comparación de la eficiencia de aplicación cuantificada por los software CIR 1.5 y Gotas para pc utilizando las dos variantes de colectores con respecto a la metodología de trazador colorimétrico. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el test de Ranks de Kruskal Wallis.

Comparando los resultados obtenidos de la eficiencia de aplicación arrojados por los programas y el trazador en las diferentes posiciones, lo cual se encuentra plasmado en las figuras N°16 y N°17, se evidencia que los valores presentan las mismas tendencias en ambos software y tienen similitudes con los datos obtenidos en el parámetro de cobertura analizado anteriormente. Tanto el CIR 1.5 como el Gotas contabilizan los mayores valores de eficiencia de aplicación en los tratamientos arriba, adelante y atrás horizontal, sin importar la pastilla utilizada y empleando colectores hidrosensibles. Gotas para PC arrojo valores por encima del 100 %, esto puede deberse a la falta de sensibilidad del mismo al momento de reconocer las gotas sobre la tarjeta analizada, y consecuentemente podría no analizar por separado las gotas superpuestas y procesarlas como si fuese una gota de gran tamaño además de contar con problemas de desempeño cuando el colector presenta gran cobertura de impactos, todos estos parámetro sumados al error de las ecuaciones para transformar las improntas en volumen generarían una sobre estimación. Estos valores no pueden tenerse en cuenta a la hora de la toma de decisiones ya que es imposible que llegue al blanco más cantidad de producto del que se aplicó; el CIR 1.5 obtuvo datos más razonables ya que se encuentra dentro del 100%, pero pese a esto ha logrado una sobrestimación en relación a los valores obtenidos por la metodología del trazador

colorimétrico. Domper et al. (2012) realizó una comparación entre el método fluorimétrico y el programa CIR 1.5 sobre suelo desnudo utilizando pastillas como hueco convencional 80015 y como hueco con inducción de aire 80015 utilizando colectores hidrosensibles y observó que la metodología de procesamiento de imágenes sobreestima la eficiencia de aplicación. Sumado a esto, podemos observar que ambos programas sobreestiman dicho parámetro trabajando con colectores hidrosensibles en las posiciones de mayor número y tamaño de impactos (disposiciones horizontales y arriba); mientras que, los mismos subestiman la eficiencia utilizando papel fotográfico como colector, esto puede deberse a que las ecuaciones para conversión de improntas en volumen están desarrolladas para las improntas generadas sobre el papel hidrosensible y la expansión de la gota es diferente a la que se produce sobre el papel fotográfico. Podemos observar también que los colectores de papel fotográfico si bien presentan valores menores a los del trazador y a los del papel hidrosensible con el programa Gotas PC mantienen una tendencia similar en casi todas las posiciones, excepto AdH donde los resultados son completamente opuestos (Figura N°16). Con el programa CIR 1.5 esto no es así y los papeles blancos no difieren en ninguna de las posiciones pero tampoco muestran tendencias similares, de echo en las posiciones horizontales, diferencias estadísticas captadas por el trazador y el papel hidrosensible no son observadas con el papel fotográfico (Figura N°17), pese a esto si presentan diferencias con similar tendencia por lo cual sería posible encontrar una función matemática de corrección lo que permitiría utilizar cualquier papel para el control de pulverizaciones. Por otro lado, en el caso de las disposiciones verticales, la eficiencia de aplicación es muy baja, varía aproximadamente entre el 0 y 25%, y no presentan diferencias significativas con la metodología de trazador.

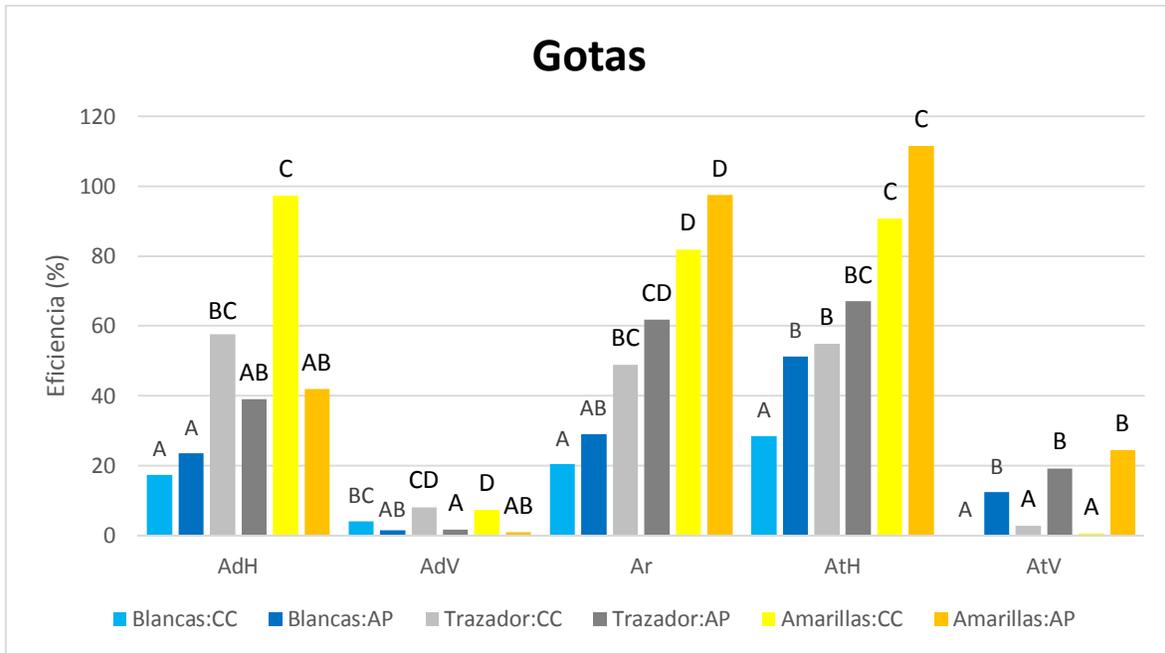


Figura N°16 – Eficiencia de aplicación estimada por el software Gotas para pc en las diferentes posiciones particionadas por colector, trazador y por pastilla. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el test de Ranks de Kruskal Wallis.

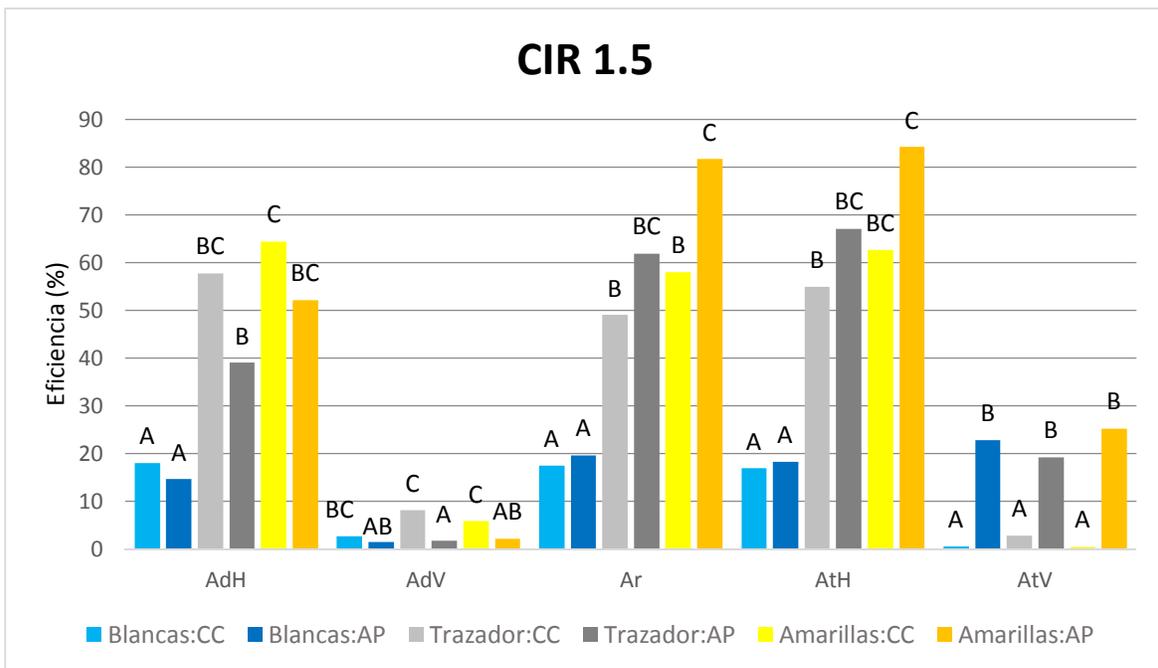


Figura N°17 – Eficiencia de aplicación estimada por el software CIR en las diferentes posiciones particionadas por colector, trazador y por pastilla. Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para el test de Ranks de Kruskal Wallis.

## CONCLUSIONES

La metodología del trazador es la más confiable para medir la eficiencia de la aplicación, siendo el programa Gotas PC el menos confiable.

El programa CIR es el más sensible al momento de analizar las gotas sobre los colectores y es capaz de distinguir mejor las superposiciones de gotas por lo cual presenta un mejor desempeño para cuantificar el número de impactos, DV0,5, DV0,1, DV0,9 y cobertura.

Las disposiciones verticales son las más problemáticas para el alcance y existe, independientemente de la pastilla, una leve tendencia que en los objetivos verticales queden retenidas gotas más finas respecto a los objetivos horizontales.

Los colectores artificiales siguen la misma tendencia en las diferentes posiciones y pastillas, esto quiere decir, que podría utilizarse cualquier colector para analizar la calidad de aplicación teniendo en cuenta que no otorgan datos fiables del parámetro eficiencia, ya que utilizando tarjetas hidrosensibles sobreestiman el dato y, contrariamente, lo subestiman cuando se usa papel fotográfico.

Se cree interesante continuar investigando y analizar cuál es el colector que entrega la información más certera.

La evaluación de la aplicación por medio de tarjetas hidrosensibles y fotográficas constituye una herramienta aceptable a nivel de campo para la toma de decisiones dada su sencillez y rapidez, basada en el número de impactos, parámetros de caracterización de la población de gotas y cobertura del objeto de aplicación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aapresid.2012.Disponible en:  
[http://www.aapresid.org.ar/wpContent/uploads/2013/02/aapresid.evolucion\\_superficie\\_sd\\_argentina.1977\\_a\\_2011.pdf](http://www.aapresid.org.ar/wpContent/uploads/2013/02/aapresid.evolucion_superficie_sd_argentina.1977_a_2011.pdf). Último acceso: Septiembre de 2019
- Adámoli, J. & Solbrig, O. 2008. *Agro y ambiente: una agenda compartida para el desarrollo sustentable*. Buenos Aires: Foro de la Cadena Agroindustrial Argentina. Disponible en: <http://www.foroagroindustrial.org.ar/home.php>.
- ANMAT, Instituto Nacional de Alimentos Ministerio de Salud y Ambiente. 2004. Disponible en: <http://www.anmat.gov.ar/alimentos/OGM.pdf>. Último acceso: Septiembre de 2019.
- ASABE S327.4 JUL2012 (R2016). Terminology and Definitions for Application of Crop or Forestry. Production and Protection Agents American Society for Agricultural and Biology Engineers Standard ASABE S-327.1. Item 3.15 y 3.15.8, p. 2 y 3.
- Baio, F. H. R., Scarpin I. M; Da Silva E. E. 2015. PAPEL HIDROSENSÍVEL E ALTERNATIVO FOTOGRÁFICO EM ENSAIOS DE DEPOSIÇÃO DE GOTAS. UFMS – Univ Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Universitário de Chapadão do Sul, MS, Brasil.
- BBC Research. 2010. Global Markets for Agrochemicals. Report Code: CHMO54A. Published: January 2010.
- Bedmar, F. 2011. Que son los plaguicidas. Ciencia Hoy, Buenos Aires, v. 21, n°122, p. 10-16.
- Benbrook C.M. 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S.- the first sixteen years.Environmental Sciences Europe 24: 24. 13 pp.doi: 10.1186/2190-4715-24-24.
- Bernardos, J. & M. E. Zaccagnini. 2011. “El uso de insecticidas en cultivos agrícolas y su riesgo potencial para las aves en la región pampeana”. Revista Hornero N°26 (1), p.55-64.
- Bogliani, M., J. Hilbert, O. Tesouro, G. Masia,L. Venturelli & L. Bulacio. 2005. Aplicar eficientemente los agroquímicos. Rosario: Ediciones INTA.

Bouse, L.F. & Merkle, M.G. 1975. Comparison of recoveries from a tower-mounted dual sprayer. *Transactions of the ASAE* 18(3): 467-470.

Branford, S. 2004. Argentina's bitter harvest. *New Scientist*, , vol. 182, N° 2443, p. 1-4.

Brechelt, A. 2004. Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades. Disponible en: [https://webzoom.freewebs.com/rentawebscr/alonsocr2013/descargas/Manejo\\_Ecologico\\_de\\_Plagas\\_A.Bretchel.pdf](https://webzoom.freewebs.com/rentawebscr/alonsocr2013/descargas/Manejo_Ecologico_de_Plagas_A.Bretchel.pdf). Último acceso: Junio de 2019.

Carriquiriborde, P. 2010. "Toxicidad de Glifosato en Peces Autóctonos: Estudios de Laboratorio y Campo". En Aspectos Ambientales del uso de glifosato, Balcarce. Ed. INTA.

Carvalho, F.P. 2006. Agriculture, pesticides, food security and food safety. *Environmental Science & Policy* 9: 685-692.

CASAFE, 2011. Cámara Argentina de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. Disponible en: <http://www.casafe.com.ar>. Último acceso: Septiembre de 2019.

CASAFE. 2015. Estudio de Mercado 2014 de Productos de Protección de Cultivos. Disponible en: <https://www.casafe.org/pdf/2018/ESTADISTICAS/Informe-Mercado-Fitosanitarios-2014.pdf>. Último acceso: Junio del 2019.

CASAFE. 2016. Uso de tarjetas hidrosensibles. Disponible en <http://www.casafe.org/uso-de-tarjetas-hidrosensibles/>. Último acceso: Junio de 2019.

CASAFE. 2018. El mercado de agroquímicos se mantuvo estable respecto de 2015. Disponible en: <https://www.casafe.org/pdf/2018/ESTADISTICAS/Informe-Mercado-Fitosanitarios-2018.pdf>. Último acceso: Junio de 2019.

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

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

Conde Prat, M. & C. De Simone. 2004. Insumos Agrícolas: Fertilizantes y Terapéuticos. SAGPyA. Material del Foro de Perspectivas Agropecuarias 2004. 21 pp.

Cooke, B.K.; Hislop, E.C. 1993. Spray Tracing Techniques. Application Technology for Crop Protection. U.K, CAB International. Cap 2: 85-100.

Correa, H.G.; Held, J. 1982. Produção e utilização de gotas com diâmetro uniforme. *Bragantia*, v. 41 (1): 1-9.

Cowell C., A. Lavers & W. Taylor. 1988. A preliminary evaluation of a surface deposit fluorimeter for assessing spray deposition in the field. *Annales International Symposium on pesticide application*.

Croplife. 2019. Disponible en <https://www.croplifela.org/es/proteccion-cultivos/agroquimicos>. Último acceso: Junio de 2019.

Cunha, J.P.A.R, A.C. Farnese & J.J. Olivet. 2013. Programas Computacionais para Análise de Gotas Pulverizadas em Papéis Hidrossensíveis. *Planta Daninha, Viçosa-MG*, v. 31, n. 3, p. 715-720.

Cunha, M., C. Carvalho & A. R. S Marcal. 2011. Assessing the ability of image processing software to analyse spray quality on water-sensitive papers used as artificial targets. *Biosystems Engineering*, 111(1), 11–23.

Cunha, M., C. Carvalho, & A.R.S. Marcal. 2012. Assessing the ability of image processing software to analyse spray quality on water-sensitive papers used as artificial targets. *Biosystems Engineering*, 111 (1): 11-23.

De Moor, A., Langenakens, J., Vereeckle, E., Jaeken, P., Lootens, P. & Vandecasteele, P. 2000. Image analysis of water sensitive paper as a tool for the evaluation of spray distribution of orchard sprayers. *Aspects of Applied Biology*, 57.

Del Castillo, N. 2012. Comparación De Diferentes Equipos De Pulverización En Cultivo De Tomate Bajo Plástico. Tesis de pregrado, Escuela Superior De Ingeniería, Universidad De Almería – Almería.

EMBRAPA. 2012. Sistema de Análise de Deposição de Agrotóxicos. Disponible en: <https://repositorio.agrolivre.gov.br/projects/gotas/files>. Último acceso: Agosto, 2019.

Erenstein, O. 2002. Review: Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications. *Soil & Tillage Research*. 67: 115–133.

FAO & OMS. 2014. Código Internacional de Conducta para la Gestión de plaguicidas de la FAO y la OMS, 2014. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3604s.pdf>. Último acceso: Junio de 2019.

FAO. 2001. Glosario de biotecnología para la alimentación y la agricultura. Roma, FAO. Disponible en el siguiente enlace de Internet: <http://www.fao.org/biotech/biotech-glossary/es/>

FAO. 1996. Cumbre mundial sobre la alimentación. Último acceso: Junio de 2019.

FAO. 2007. La agricultura y el medio ambiente: es hora de intervención mundial. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0704sp1.htm>. Último acceso: Junio de 2019.

FAO. 2011. Biosafety resource book. Roma, FAO (disponible en el siguiente enlace de Internet: <http://www.fao.org/docrep/014/i1905e/i1905e00.htm>. Último acceso: Junio de 2019.

FAO. 2015. Perspectivas para el medio ambiente. Disponible en: <http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.htm>. Último acceso: Junio de 2019.

Informe económico CASAFE. 2019. Disponible en: <https://www.casafe.org/beneficios-de-los-agroquimicos/>. Último acceso: Septiembre de 2019.

Ferguson Connor J., A. J. Hewitt & C. C. O'Donnell. 2016. Pressure, droplet size classification, and nozzle arrangement effects on coverage and droplet number density using air-inclusion dual fan nozzles for pesticide applications.

Ferguson J.C., R.G. Chechetto, C.C. O'Donnell, Brad K. Fritz, W.C. Hoffmann, C.E. Coleman, B.S. Chauhan, S.W. Adkins, G.R. Kruger, A.J. Hewitt. 2016. Assessing a novel smartphone application – SnapCard, compared to five imaging systems to quantify droplet deposition on artificial collectors. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol 128. p 193-198.

Fox R. D., R. C. Derksen, J. A. Cooper, C. R. Krause & H. E. Ozkan. 2003. Visual and image system measurement of spray deposits using water-sensitive paper. *Applied engineering in agriculture*. v.19 no.5 pp. 549.

Fox, R. D., M. Salyani, J.A. Cooper, & R.D. Brazee. 2001. Spot Size Comparisons on Oil/Water Sensitive Paper. *Applied Engineering in Agriculture*, 17 (2): 131-136.

Friedrich T. 1995. *Agricultural Engineering Branch, Agricultural pesticide application. Concepts for Improvements*. Eds. Roma.

Fuentes, E. 2016. Pulverizaciones: desarrollan una aplicación para mejorar la calidad. Sección tecnología del diario Clarín versión digital. Disponible en: [https://www.clarin.com/rural/Pulverizaciones-desarrollan-aplicacion-mejorar-calidad\\_0\\_Bkq7cpame.html](https://www.clarin.com/rural/Pulverizaciones-desarrollan-aplicacion-mejorar-calidad_0_Bkq7cpame.html). Último acceso: Junio de 2019.

Garcia, L.C., H.H. Ramos & A, Justino. 2004. Avaliação de softwares para análise de parâmetros da pulverização realizada sobre papéis hidrossensíveis. *R. Bras. Agrocomp.*, v. 2, n. 1, p. 19-28, 2004.

García, S. I. & Lazovski, J. 2011. "Guía de Uso Responsable de Agroquímicos". 1ra ed. Ministerio de Salud de la Nación. Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones. Buenos Aires.

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. 1992. *An Analysis of Spray Application Methodology for the Greenhouse: Air-Carrier, Electrostatic Sprayers*. University of California Davis.

Goering, C.E. & Butler, B.J. 1974. Analysis of paired microresidues using filter fluorometry. *Weed Science* 22(5): 512-515.

Gooden, D. 2011. *Responsible Pesticide Application*. Australia: Nuffield Farming Scholars.

Gorordo, J.J & P.S Rocanti. 2018. *Uso de softwares para la determinación de la calidad de aplicación de plaguicidas*. Tesis. Facultad de Agronomía, UNLPam.

Grau, H.; Aide, M. & Gasparri, N. 2008. Globalization and soybean expansion into semiarid ecosystems of Argentina. *AMBIO A journal of the human environment*, 2008, vol. 34, N° 3, p. 265-266.

Gupta, V.K.; Mittal, A.; Krishnan, L.; Mittal, J. 2006. Adsorption treatment and recovery of the hazardous dye. Brilliant Blue FCF over bottom ash and de-oiled soya. *J. Colloid Interface Sci.* (India) 293(1):16-26. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v19n1/v19n1a21.pdf>

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

Hayden, J., G. Ayers, E. Grafius & N. Hayden. 1990. Two water-soluble optically resolvable dyes for comparing pesticide spray distribution. *J. Econ. Entomol.*, v.83, n°6, p. 2411-3.

Hernández, L. & C. González. 2002. Introducción al análisis instrumental. Barcelona: Ariel, S.A.

Hewitt, A. J. 2010. Tracer and collector systems for field deposition research. *Aspects Appl. Biol.*, v. 99, n. 1, pp. 283-289.

Hill, B.D. & J. Inaba. 1989. Use of water-sensitive paper to monitor the deposition of aerially applied insecticides. *J. Econ. Entomol.* 82, 974–980.

Hoffmann, W. C. & A. J. Hewitt. 2005. Comparison of three imaging systems for water-sensitive papers. *Applied Engineering in Agriculture*. Vol. 21(6): 961–964.

Holownicki, R., G. Doruchowski, W. Swiechowski, & P. Jaeken. 2002. Methods of evaluation of spray deposit and coverage on artificial targets. *Electronic journal of polish agricultural universities* 5(1). pp 1-10: 2-3.

Huerga, M. & S. San Juan. 2004. El Control de las Plagas en la Agricultura Argentina. Estudio Sectorial Agrícola Rural. Banco Mundial y Centro de Inversiones FAO. Buenos Aires. 100 pp.

INDEC. 2019. Exportación por grandes rubros: Años 1980-2018. Disponible en: [https://www.indec.gob.ar/nivel4\\_default.asp?id\\_tema\\_1=3&id\\_tema\\_2=2&id\\_tema\\_3=40](https://www.indec.gob.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=3&id_tema_2=2&id_tema_3=40). Último acceso: Junio de 2019.

Infocampo. 2018. Proyectan una suba del 18% en el mercado de agroquímicos para la campaña 2017/18. Disponible en: <https://www.infocampo.com.ar/proyectan-una-suba-del-18-en-el-mercado-de-agroquimicos-para-la-campana-201718/>. Último acceso: Junio de 2019.

ISAAA. 2012. Top ten facts about biotech/GM crops in 2012. A new overview of biotech in 2012. [www.isaaa.org](http://www.isaaa.org) (acceso en agosto de 2019).

Lake, J.R. 1977. The effect of drop size and velocity on the performance of agricultural sprays. *Pestic. Sci.* 8:515–520.

Lanson, D.E., L. Schein & M. Miglioranza. 2009. Aportes para la Compresión de la Incidencia de los Factores Climáticos y Tecnológicos sobre la Deriva de Agroquímicos Aplicados a Cultivos de Soja y sus Respective Efectos sobre la Población Potencialmente Expuesta. 1ª ed., Buenos Aires: Ediciones INTA, 2009, p.69-79. ISBN 978-987-1623-05-1.

Lauric, A., G. De Leo, C. Carbonell, M. Vigna & D. Leiva. 2016. Utilización de tarjetas hidrosensibles para evaluar el efecto de la presión sobre la calidad de aplicación. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-utilizacion\\_de\\_tarjetas\\_hidrosensibles\\_para\\_evaluar\\_efecto\\_de\\_presion\\_sobre\\_la\\_aplicacion.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-utilizacion_de_tarjetas_hidrosensibles_para_evaluar_efecto_de_presion_sobre_la_aplicacion.pdf).

Leiva, F. & Araujo A.D. 2007. Consumo de fitosanitarios en el contexto de expansión agrícola. Disponible en: [https://www.agro.uba.ar/apuntes/no\\_5/agroquimicos.htm](https://www.agro.uba.ar/apuntes/no_5/agroquimicos.htm). Último acceso: Junio de 2019.

Leiva, P. D. & E. C. Araujo. 2007. Comparación de programas de computación para recuento y tipificación de impactos de aspersión sobre tarjetas sensibles. Disponible en: [http://www.agrotec.etc.br/downloads/Comparacion\\_de\\_programas\\_de\\_computacion\\_para\\_recuento.pdf](http://www.agrotec.etc.br/downloads/Comparacion_de_programas_de_computacion_para_recuento.pdf). Último acceso: Junio de 2019.

Leiva, P. D., & E. C. Araujo. 2009. Comparación de programas de computación para recuento y tipificación de impactos de aspersión sobre tarjetas sensibles. Disponible en:

[http://www.agrotec.etc.br/downloads/Comparacion\\_de\\_programas\\_de\\_computacion\\_para\\_recuento.pdf](http://www.agrotec.etc.br/downloads/Comparacion_de_programas_de_computacion_para_recuento.pdf). Último acceso: Junio de 2019.

Leiva, P.D. 1995. Manejo de la deriva en la aplicación de agroquímicos. Carp. Produc. Vegetal. INTA, EEA Pergamino, SERIE: Generalidades, Tomo XIV.

Linagraph, K., & K. Kodabromide. 1978. Determination of Dynamic Spread Factor of Water Droplets Impacting on Water-Sensitive Paper Surfaces. *Journal of Colloid and Interface Science*, 63(1), 1–2.

Luskar, S. 2007. Determination of spray deposit on different collectors. Master Thesis, Eslovenia, University of Nova Gorica- Nova Gorica.

Maccarini, L. 1993. Técnicas de Control Fitosanitario. Tomo I. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.

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

Masiá G. & Pozzolo O. 2010. Tesis de Magíster: Efecto sobre la exoderiva de un aditivo (poliacrilamida) aplicado con boquillas de abanico plano con inducción de aire; USAM. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-tesis\\_masi.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-tesis_masi.pdf). Último acceso: Septiembre de 2019.

Magdalena, J.C. 2004. Efecto de la utilización de pulverizadores de flujo transversal e hidroneumático tradicional sobre la calidad de los tratamientos fitosanitarios en manzanos. 137 Tesis de doctorado. España, Departamento de mecanización y tecnología agraria, Universidad Politécnica de Valencia – Valencia.

Magdalena, J.C; Castillo Herrán, B; Di Prinzio, A; Homer Bannister, I & Villalba J. 2010. Tecnología de aplicación de agroquímicos. Editorial CYTED. 23 pp.

Marçal, A.R.S & M. Cunha. 2008. Image processing of artificial targets for automatic evaluation of spray quality. *Transactions of the ASABE*. Vol. 51(3): 811-821.

March G.J., Oddino C.M & Marinelli A.D. 2010. Manejo de Enfermedades de los Cultivos según Parámetros Epidemiológicos. Córdoba, Biglia Impresores. 191pp.

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

Márquez, L. 2005. El control de la deriva en la aplicación de fitosanitarios. Las boquillas de baja deriva. Agrotécnica: 38-43.

Marrs, R.H.; Frost A.J.; Plant, R.A.; Lunnis, P. 1993. Determination of buffer zones to protect seedlings of non-target plants from the effects of glyphosate spray drift. Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 45, Issues 3-4, July 1993, Pages 283-293.

Massaro, R. A. & A. V García. 2017. Evaluación de la deriva en pulverización aérea y terrestre con plaguicidas en situación de barbecho. Disponible en: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-ensayo-deriva-aerea-y-terrestre.pdf>. Último acceso: Junio de 2019.

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

Montesanto, A. 2018. Aumentó 5,6% el consumo de agroquímicos y fertilizantes en 2017. Disponible en: <https://www.infocampo.com.ar/aumento-56-el-consumo-de-agroquimicos-y-fertilizantes-en-2017/>. Último acceso: Junio de 2019.

Nuyttens, D. et al. 2007. The influence of operator controlled variables on spray drift from field crop sprayers. Trans. ASABE, v. 50, n. 4, p. 1129-1140.

Olsen, E.D. 1990. Métodos ópticos de Análisis. Barcelona: Reverte, S.A.

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

Otero, G. 2008. (ed.). *Food for the Few. Neoliberal Globalism and Biotechnology in Latin America*. Austin: University of Texas Press.

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.

Palladini L. A., C. G. Raetano & E. D. Velini. 2005. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. Scientia Agrícola. vol. 62 n°5. Versión digital.

- Panneton, B. 2002. Image analysis of water-sensitive cards for spray coverage experiments. *Applied Engineering in Agriculture*, 18 (2): 179-182.
- Panneton, B., H.Philion, R.Thériault, &M.Khelifi. 2000. Spray Chamber Evaluation of Air-Assisted Spraying on Broccoli. *Crop Science*.<https://doi.org/10.2135/cropsci2000.402444x>.
- Parkin, C. 1993. Methods for measuring spray droplet sizes. En: *Application technology for crop protection*. U.K., CAB International. Cap 2: 57-84.
- Paul, H. & Steinbrecher, R. 2003. *Hungry Corporations. Transnational Biotech Companies Colonise the Food Chain*. Londres: Zed Books.
- Picot, J.J.C.; Kristmanson, D.D. & Basak Brown, N. 1986. Canopy deposit and off-target drift in forest aerial spraying. The effects of operational parameters. *Transactions of the ASAE* 29 (1): 90-96.
- Pinto, J. R. 2007. Estabilidade à exposição solar dos traçantes azul brilhante e amarelo tartrasina utilizados em estudos de deposição de pulverização. *R. Bras. Agroci.*, v. 13, n. 1, p. 105-107.
- PISC. 2002. *Spray drift management. Principles, strategies and supporting information*. CSIRO Publishing. Australia, 70 pp.
- Pórfido, O. D. 2014. *Los plaguicidas en la República Argentina*. 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación, 2013. 192 pp.
- Porras Piedra, A.; Porras Soriano, A. 2006. *Tecnología de la pulverización de productos fitosanitarios sobre las plantas cultivadas*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes.
- Porras Soriano, A. 2006. "Mejora de la tecnología de la pulverización de productos fitosanitarios sobre plantaciones de vid en espaldera". Tesis de doctorado. Córdoba, España, Universidad de Córdoba.
- Pretty J. 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Phil. Trans. R. Soc. B* (2008) 363: 447-465. doi:10.1098/rstb.2007.2163.
- Rojas J.H.& L.S. De Nigrinis. 1992. *Introducción al análisis químico instrumental*. Bogotá: Univ. Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Departamento de Farmacia.

Saccone, V. 2018. América Latina, un continente infestado por los pesticidas. Disponible en: <https://www.esglobal.org/america-latina-continente-infestado-los-pesticidas/>. Último acceso: Junio de 2019.

Salyani, M. & J.D Whitney. 1988. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. *Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)*, v.31, p.390-5.

Sarubbi, C. 2010. Tecnología de aplicación de productos fitosanitarios en equipos pulverizadores terrestres. Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 290 pp.

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

Schneider, J.L.; Oliveira; G.M.; Balan, R.E.; Canteri, M.G.; Abisaab, O.J.G. 2013. Cobertura de gotas de pulverização obtida com diferentes pontas e taxas de aplicação na parte aérea da cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, v. 43(5): 797- 802.

Simoniello, M. F., E. C. Kleinsorge & M. A. Carballo. 2010. “Evaluación bioquímica de trabajadores rurales expuestos a pesticidas”. *Medicina (Buenos Aires)*, vol.70, N°6. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0025-76802010000600001](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802010000600001).

Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J., Crouch, S.R. 2005. fundamentos de Química Analítica, 8º edición, México: International Thomson Editores. pp 1172.

Smith, D.B.; Harris, F.D.; Goering, C.E; Butler, B.J. 1981. Equipment and variables for spray drift reduction. *Proc. Fla. Conf. On Pesticide Application Technology*, 77-91.

SPRAY DRIFT TASK FORCE. 2001. (SDTF) A summary of Tank Mix and Nozzle Effects on Droplet Size.

Stewart, R.E. & Gratkowski, H. 1976. Aerial application equipment for herbicidal drift reduction. General technical report. USDA Forest Service, Portland, OR.

Teske, M. E., A. J. Hewitt, & D. L. Valcore. 2004. Suggested Revisions to ASAE Standard S572 Aug99. *Transactions of the ASAE*, 0300(04), 1–9.

Tesouro, M.O., G. Masiá, L. Venturelli & A.M. Fuica. 2006. Ensayo de tecnologías de aplicación de fungicidas para roya de la soja. Centro de investigación en agroindustrias Centro nacional de investigaciones agropecuarias. 35 pp.

Threadgill, E.D.; Smith, D.B. 1975. Effects of physical and meteorological parameters on the drift of controlled size droplets. *Transactions of the ASAE* 18(1) : 51-56.

Tu, Y.Q., Z.M. Lin & Y.J. Zhang. 1986. The effect of leaf shape on the deposition of spray droplets in rice. *Crop Protection* 5:3-7.

Ware, G.W.; Estes, B.J.; Cahill, W.P.; Gerhardt, P.D.; Frost, K.R. 1970. Pesticide drift III. Drift reduction with spray thickeners. *J. Economic Entomology*. 63(4): 1314-1316.

Wirth, W., S. Storp & W. Jacobsen. 1991. Mechanisms controlling leaf retention of agricultural spray solutions. *Pesticide Science* 33:411-420.

Xie, H.S., B.C. Caldwell, W.A. Hsiao, W.A. Quick & J.F. Chao. 1995. Spray deposition of fenoxaprop and imazethabenz on wild oat (*Avena fatua*) as influenced by environmental factors. *Weed Science* 43:179-183.

Yates, W.E.; Akesson, N.B.; Bayer, D.E. 1976. Effects of spray adjuvants on drift hazards. *Transactions of the ASAE* 19 (1): 41-46.

Yates, W.E.; Akesson, N.B.; Coutts, H.H. 1966. Evaluation of drift residues from aerial applications. *Transactions of the ASAE* 9 (3): 389-393, 397.

Zhu, H., M. Salyani & R. D. Fox. 2011. A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. *Comp. Electr. Agric.*, v. 76, n. 1, p. 38-43

Zhu, H., Reichard, D. L., Fox, R. D., Brazee, R. D., & Ozkan, H. E. 1996. Collection Efficiency Of Spray Droplets On Vertical Targets. *American Society of Agricultural Engineers*, 39, 415-422.