

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Departamento de Mecanización y Tecnología Agraria



**EFFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE PULVERIZADORES DE
FLUJO TRANSVERSAL E HIDRONEUMÁTICO TRADICIONAL
SOBRE LA CALIDAD DE LOS TRATAMIENTOS
FITOSANITARIOS EN MANZANOS (*Malus domestica*, Borkh)**

TESIS DOCTORAL

Presentada por: Jorge Carlos Magdalena

Dirigida por: Luis Val Manterola

Valencia, 2004

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Departamento de Mecanización y Tecnología Agraria

EFFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE PULVERIZADORES DE FLUJO TRANSVERSAL E HIDRONEUMÁTICO TRADICIONAL SOBRE LA CALIDAD DE LOS TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS EN MANZANOS (*Malus domestica*, Borkh)

Tesis presentada por: Ing. Agr. Jorge Carlos Magdalena.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Estación Experimental Alto Valle. Casilla de Correo N° 782 (8332) General Roca Provincia de Río Negro – Argentina.

Email: cmagdalena@correo.inta.gov.ar

Dirigida por el Dr. Ing. Agr. Luis Val Manterola

Universidad Politécnica de Valencia – Departamento de Mecanización y Tecnología Agraria. Apartado de Correos 22012 Campus Cno de Vera (46022) Valencia – España.

Email: lval@dmta.upv.es

Valencia, 2004

A Graciela... *"Mi amor, mi cómplice y todo"*

A los tres cascabeles que le dan magia a mi vida.

Juan Esteban, Agustina y Laureana

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su profundo agradecimiento:

Al director de esta tesis y orientador durante mi estadía en el Departamento de Mecanización y Tecnología Agraria de la Universidad Politécnica de Valencia, Dr Luis Val Manterola, por su constante dedicación, compromiso y afecto.

A la Secretaría de Innovación Tecnológica de Río Negro por la financiación del proyecto que permitió la realización de la presente tesis.

A la firma Pazima S.A. por el aporte de los pulverizadores en los ensayos.

Al Ing. Jorge Vidal en nombre de la firma Magan quien aportó el producto químico para las determinaciones.

Al Sr. Ibáñez por facilitar el huerto donde se realizaron las evaluaciones.

Al Sr. Angel Muñoz por el procesamiento de las imágenes incluidas en el presente escrito.

Al Sr. Teodorico Hildebrandt por la digitalización de las imágenes.

Al personal de campo de la Estación Experimental Alto Valle por la operación de los equipos y la cosecha de hojas y frutas, fuera de los horarios habituales de trabajo.

A los Sres. Damián Pardal, Adrián Colodner y Darío Fernández por su invaluable colaboración en la realización de los bioensayos.

A la Lic. Alicia Veronesi y al Ing. Agr. Valentín Tassile, por su oportuna gestión en el diseño del experimento y posterior análisis de datos.

A los profesores del Doctorado en Mecanización con quienes ha sido un placer compartir momentos de reflexión y aprendizaje.

A todos los amigos españoles que nos hicieron sentir en casa y con quienes construimos un afecto que nos acompañará por el resto de nuestra vida.

A la U.P.V por permitirnos vivir esta experiencia maravillosa.

Por último, un especial reconocimiento al Ing. Agr. Héctor Castro por la minuciosa lectura de los borradores de este trabajo y por sus importantes aportes y a Claudia Corvaro por el tipeado y revisión de este trabajo.

SIMBOLOGÍA EMPLEADA:

| | |
|----------------|---|
| A | : Distancia entre filas (m) |
| a | : sector externo del árbol |
| Altura I | : Altura de muestreo a 1m |
| Altura II | : Altura de muestreo a 2m |
| Altura III | : Altura de muestreo a 3m |
| b | : sector interno del árbol |
| BSF | : Brilliant Sulfo Flavina |
| CE | : Coeficiente de Expansión |
| CP | : Componentes principales |
| CH | : Coeficiente de homogeneidad |
| D | : Tasa de aplicación de referencia (L/ha) |
| da | : Diámetro aritmético (μm) |
| D _g | : Diámetro de gota (μm) |
| D _i | : Diámetro de impronta (μm) |
| dv | : Diámetro volumétrico (μm) |
| DVM | : Diámetro volumétrico mediano (μm) |
| E | : Ancho promedio de los árboles (m) |
| G | : Cantidad de trazante aplicado (μg) |
| G ₁ | : Cantidad de trazante recuperado de las hojas (μg) |
| G _x | : Cantidad de depósito por superficie de hoja ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) |
| H | : Altura promedio de los árboles (m) |
| H.R. | : Humedad Relativa Ambiente (%) |
| HV | : Alto volumen |
| IOBC | : Organización Internacional de Lucha Biológica |
| L.A.I | : Índice de área foliar |
| LV | : Bajo volumen |
| n | : Cantidad de impactos, o improntas. |
| NED | : Nivel económico de daño |
| P | : Potencia calculada (W) |
| P.B.G | : Producto Bruto Geográfico |
| PC | : Pipe cleaners o limpiadores de pipa |
| PE | : Posición de equilibrio |
| PEM | : Posición de equilibrio modificada |
| Por | : Porosidad del árbol (%) |
| R | : Producto recuperado (%) |

| | |
|------------|--|
| T° | : Temperatura (°C) |
| T | : Par motor (Nm) |
| TRV | : Volumen de la fila de árboles(m ³ /ha) |
| UED | : Umbral económico de daño |
| ULV | : Ultra bajo volumen |
| UV | : Ultra violeta |
| WP | : Polvo mojable |
| α | : Cara más expuesta de las hojas |
| β | : Cara menos expuesta de las hojas |
| ω | : Velocidad angular (rad/s) |
| Δt | : Diferencia entre la temperatura del termómetro de bulbo húmedo y el de bulbo seco (°C) |
| 1 E | : Captador endoderiva ubicado en la fila 1 m al Este del árbol |
| 2 E | : Captador endoderiva ubicado en la fila 2 m al Este del árbol |
| 1 N | : Captador endoderiva ubicado en la fila 1 m al Norte del árbol |
| 2 N | : Captador endoderiva ubicado en la fila 2 m al Norte del árbol |
| 1 S | : Captador endoderiva ubicado en la fila 1 m al Sur del árbol |
| 2 S | : Captador endoderiva ubicado en la fila 2 m al Sur del árbol |
| 1 W | : Captador endoderiva ubicado en la fila 1 m al Oeste del árbol |
| 2 W | : Captador endoderiva ubicado en la fila 1 m al Oeste del árbol |

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 5 |
| 2.1. Objetivo general | 5 |
| 2.2. Objetivos específicos..... | 5 |
| 3. HIPÓTESIS | 7 |
| 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 9 |
| 4.1. Historia de la protección de los cultivos. | 9 |
| 4.2. Caracterización climática de la Norpatagonia..... | 12 |
| 4.3. Plagas y enfermedades de los frutales de pepita en la Norpatagonia | 13 |
| 4.4. Características de los cultivos de frutales de pepita en la Norpatagonia | 16 |
| 4.4.1. Blanco de aplicación..... | 17 |
| 4.5. Tasa de aplicación..... | 21 |
| 4.6. Equipos de aplicación..... | 25 |
| 4.6.1. Condiciones operativas de los pulverizadores..... | 29 |
| 4.6.2. Distribución de la aplicación..... | 32 |
| 4.7. Evaluación de la aplicación de agroquímicos..... | 33 |
| 4.7.1. Evaluación biológica..... | 33 |
| 4.7.2. Evaluación química | 35 |

| | |
|--|----|
| 4.7.3. Evaluación Física | 39 |
| 4.8. Pérdidas por exoderiva y endoderiva. | 43 |
| 5. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 49 |
| 5.1. Caracterización del blanco biológico..... | 49 |
| 5.1.1. Análisis de área foliar | 49 |
| 5.1.1.1. Relación entre el peso y el área de las hojas. | 50 |
| 5.1.1.2. Análisis de imagen de los árboles frutales..... | 50 |
| 5.1.2. Volumen de la fila de árboles..... | 51 |
| 5.1.2.1. Tasa de aplicación de referencia | 52 |
| 5.2. Características de los pulverizadores..... | 52 |
| 5.2.1. Descripción de los pulverizadores | 52 |
| 5.2.2. Condiciones operativas de los pulverizadores | 55 |
| 5.2.2.1 Calibración de los pulverizadores | 55 |
| 5.2.2.2 Tratamientos | 57 |
| 5.2.3. Flujo de aire..... | 59 |
| 5.2.3.1. Caudal de aire | 59 |
| 5.2.3.2. Perfil aerodinámico | 59 |
| 5.2.4. Distribución vertical | 62 |
| 5.2.5. Demanda de potencia | 62 |
| 5.3. Evaluación de daños de <i>Cydia pomonella</i> , (L.)..... | 63 |
| 5.4. Evaluación de depósitos en hoja..... | 64 |
| 5.5. Evaluación Física..... | 66 |

| | |
|--|----|
| 5.5.1. Cobertura | 66 |
| 5.6. Análisis descriptivo..... | 67 |
| 5.7. Pérdidas por endo y exoderiva | 68 |
| 5.7.1. Pérdidas en el suelo..... | 68 |
| 5.7.2. Pérdidas por deriva | 69 |
| 6. RESULTADOS..... | 73 |
| 6.1. Caracterización del blanco biológico..... | 73 |
| 6.2 Características de los pulverizadores..... | 76 |
| 6.2.3 flujo de aire | 76 |
| 6.2.3.1 Caudal de aire | 76 |
| 6.2.3.2 Perfil aerodinámico | 76 |
| 6.2.4. Distribución vertical..... | 77 |
| 6.2.5. Potencia absorbida por los pulverizadores..... | 81 |
| 6.3. Evaluación de daños de <i>Cydia pomonella</i> , (L.)..... | 81 |
| 6.4. Evaluación de depósitos en hoja..... | 83 |
| 6.5. Evaluación Física | 85 |
| 6.6. Análisis descriptivo..... | 91 |
| 6.7.1. Pérdidas por endo y exoderiva | 93 |
| 6.7.1. Pérdidas en el suelo..... | 93 |
| 6.7.2. Pérdidas por deriva..... | 95 |
| 7. DISCUSIÓN..... | 97 |
| 7.1. Blanco biológico..... | 97 |

| | |
|---|------------|
| 7.2 Flujo de aire..... | 99 |
| 7.3. Control de <i>Cydia Pomonella</i> (L.)..... | 102 |
| 7.4. Depósitos de agroquímico en las hojas..... | 102 |
| 7.5. Evaluación física de la aplicación..... | 104 |
| 7.6. Pérdidas por exo y endoderiva | 106 |
| 8. CONCLUSIONES..... | 109 |
| 8.1. Prestaciones comparativas | 109 |
| 8.2. Aportes metodológicos | 110 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA..... | 111 |

RESUMEN

La Norpatagonia es la mayor área de producción de peras y manzanas del hemisferio sur y esta actividad es uno de los principales ejes de su economía.

El elevado costo del control sanitario, la elevada presión de ataque de algunas plagas claves como *Cydia pomonella* (L.), las características de las plantaciones de manzanos y perales con desarrollo en altura entre 4 y 6 metros, las condiciones climáticas desfavorables por el bajo nivel de humedad relativa y ocurrencia de vientos, y la necesidad de disminuir el nivel de residuos sobre los frutos y el medio ambiente, ponen en evidencia la importancia de mejorar la eficiencia de la aplicación de agroquímicos.

En la fruticultura moderna es prioritario el estudio de nuevos diseños de pulverizadores que tiendan a evitar o minimizar la ineficiencia de los pulverizadores tradicionales.

Los objetivos de la presente investigación fueron; generar aportes metodológicos para la evaluación de pulverizadores frutícolas. Además de comparar la eficiencia de aplicación de un pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales con respecto a un hidroneumático tradicional.

Los resultados obtenidos en la presente investigación ponen en evidencia un mejor comportamiento de un pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales con relación a otro hidroneumático tradicional

El pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales posee mejores características aerodinámicas para la aplicación de agroquímicos que el pulverizador hidroneumático tradicional.

En términos generales el control de *Cydia pomonella* (L.) es más dificultoso en el interior de los árboles que en la parte externa de los mismos, lo que se manifiesta en niveles de daño que duplican a los obtenidos en el exterior de los árboles. No obstante, el pulverizador de flujo transversal presenta mejor penetración en el interior de la copa de los árboles tratados.

El pulverizador de flujo transversal permite una aplicación más uniforme en los distintos niveles en altura de la copa.

El pulverizador de flujo transversal con la tasa más elevada presentó una microdistribución, más uniforme en todos los sectores del árbol.

La mejor distribución del agroquímico realizada por el pulverizador de flujo transversal, permite obtener niveles adecuados de control de *Cydia pomonella* (L.) aún con tasas de aplicación reducidas.

El pulverizador de flujo transversal evaluado permite reducir de 5 a 8 veces las pérdidas por deriva por sobre el nivel superior de los árboles. Sin embargo el pulverizador con ventiladores tangenciales utilizado presentó mayores pérdidas por endoderiva en el interfilar

Se discuten además aportes metodológicos para mejorar la evaluación de las aplicaciones de agroquímicos.

Palabras claves: Pulverizador frutícola; Pulverizador hidroneumático; Pulverizador de flujo transversal; *Cydia pomonella* (L.); *Malus domestica*, Borkh

RESUM

La Norpatagonia és la major àrea de producció de peres i pomes de l'hemisferi sud i esta activitat és un dels principals eixos de la seua economia.

L'elevat cost del control sanitari, l'elevada pressió d'atac d'algunes plagues claus com *Cydia pomonella* (L.), les característiques de les plantacions de pomeres i pereres amb desenrotllament en alçada entre 4 i 6 metres, les condicions climàtiques desfavorables pel baix nivell d'humitat relativa i idea de vents, i la necessitat de disminuir el nivell de residus sobre els fruits i el medi ambient, posen en evidència la importància de millorar l'eficiència de l'aplicació d'agroquímics.

En la fructicultura moderna és prioritari l'estudi de nous dissenys de polvoritzadors que tendisquen a evitar o minimitzar la ineficiència dels polvoritzadors tradicionals.

Els objectius de la present investigació van ser; generar aportacions metodològiques per a l'avaluació de polvoritzadors fruitícoles. A més de comparar l'eficiència d'aplicació d'un polvoritzador de flux transversal amb ventiladors tangencials respecte a un hidropneumàtic tradicional.

Els resultats obtinguts en la present investigació posen en evidència un millor comportament d'un polvoritzador de flux transversal amb ventiladors tangencials amb relació a un altre hidropneumàtic tradicional

El polvoritzador de flux transversal amb ventiladors tangencials posseïx millors característiques anemomètriques per a l'aplicació d'agroquímics que el polvoritzador hidropneumàtic tradicional.

En termes generals el control de *Cydia pomonella* (L.) és més difícil en l'interior dels arbres que en la part externa dels mateixos, la qual cosa es manifesta en nivells de dany que dupliquen als obtinguts en l'exterior dels arbres. No obstant això, el polvoritzador de flux transversal presenta millor penetració en l'interior de la copa dels arbres tractats.

El polvoritzador de flux transversal permet una aplicació més uniforme en els distints nivells en altura de la copa.

El polvoritzador de flux transversal amb la taxa més elevada va presentar una microdistribució, més uniforme en tots els sectors de l'arbre.

La millor distribució de l'agroquímic realitzada pel polvoritzador de flux transversal, permet obtindre nivells adequats de control de *Cydia pomonella* (L.) encara amb taxes d'aplicació reduïdes.

El polvoritzador de flux transversal avaluat permet reduir de 5 a 8 vegades les pèrdues per deriva per sobre el nivell superior dels arbres. No

obstant el polvoritzador amb ventiladors tangencials utilitzat va presentar majors pèrdues per endoderiva en l'interfil·lar

Es discutixen a més aportacions metodològiques per a millorar l'avaluació de les aplicacions d'agroquímics.

Paraules claus: Polvoritzadors fruitícoles; Polvoritzador hidropneumàtic; Polvoritzador tangencial; *Cydia pomonella* (L.)

SUMMARY

The North Patagonian Region is the largest growing producing area of apples and pear of the Southern Hemisphere and also represents the main economic resources of the area

The increasing cost of sanitary control, the incidence of key pest Codling moth (*Cydia pomonella*, L), the size of tree (between 4 and 6 m tall), weather conditions where prevail low humidity and high intensity winds, and the increasing environmental pressure whit regard to pesticide use, justify a study to badly improve the efficiency of pesticide applications.

In modern pomology, the study of new sprayer design to optimize pesticide delivery to fruit crops is a must. The aim if this research where: 1) to study methodological approach to test orchards sprayers. 2) to compare the efficiency of application between a conventional air-carrier, axial-fan sprayer and a cross flow sprayer (whit 4 cross-flow fans) whit two volume rates, standard and 20 % reduced.

The results clearly showed that the best performance was obtained with the cross flow sprayer.

Generally speaking, it is apparent that the control of Codling moth is more difficult in the interior of the canopy than outside the canopy, as percent damage is near twofold. However under those conditions the cross flow sprayer showed and acceptable and uniform pesticide coverage inside the canopy and also at different tree height, (top, middle and bottom)

At the highest rate, the microdistribution of the cross flow sprayer application was the most uniform in the canopy.

The better spray distribution of the cross flow sprayer provided a good control of codling moths even at a reduced volume rate.

The cross flow sprayer allows to reduce exodrift losses beyond the top of the trees between 5 and 8 fold. However the drawback was increased endodrift in the alleyways.

New methodological approaches are discussed in relation to spray application evaluations.

Key Words: Orchard sprayer; Air-carrier sprayer; cross flow sprayer; *Cydia pomonella* (L.); *Malus domestica*, Borkh

1. INTRODUCCIÓN

Argentina ha sido desde sus orígenes un país productor de alimentos y las divisas que se generan a través de las exportaciones agroindustriales son fundamentales para su economía. El sector agroalimentario es además, una actividad que moviliza a muchos otros sectores industriales y de servicios.

Como puede observarse en la Tabla 1, exportaciones agroalimentarias por un valor de más de 8 mil millones de dólares ubican a la Argentina en el quinto lugar en la escala internacional.

Tabla 1: Principales países Exportadores de productos agroalimentarios

| País | Millones de U\$S |
|----------------|------------------|
| Estados Unidos | 38.365,40 |
| Países Bajos | 16.664,40 |
| Australia | 13.296,00 |
| Francia | 12.783,20 |
| Argentina | 8.455,00 |
| Brasil | 8.027,20 |

Fuente: FAO, 1998

Según datos del año 1999, este país fue el principal productor de manzanas del hemisferio sur con 1,2 millones de toneladas, seguido por Chile con 970.000 toneladas.

Brasil y Sudáfrica tienen una producción que ronda las 700.000 toneladas. Nueva Zelanda 500.000 toneladas y Australia 300.000 toneladas.

A pesar de su importante volumen de producción, Argentina ocupa el cuarto lugar en exportaciones en el hemisferio sur con 200.000 toneladas.

El caso de peras es diferente, ya que Argentina es el principal productor del Hemisferio Sur con el 37% del total, equivalente a 460.000 – 480.000 toneladas. En este caso también ocupa el primer lugar como exportador en el Hemisferio Sur, con un total que oscila entre 250.000 y 300.000 toneladas, 22 % del total transado internacionalmente, lo que muestra por un lado una gran diferencia comercial respecto a manzanas y por otro pone de manifiesto la buena calidad y aceptación de las peras argentinas.

En los valles irrigados de Río Negro y Neuquén se obtiene el 80% de la producción argentina de manzanas y peras y esta región contribuye con más del 50% del valor de las exportaciones de frutas frescas argentinas.

En la provincia de Río Negro, el ingreso de divisas por exportaciones de frutas frescas significa más de la mitad del total de las exportaciones provinciales. Si se agregan los subproductos (aromas y jugos concentrados) derivados del sector, las exportaciones representan más del 64% del total provincial. En el año 1999 ingresaron a la provincia en concepto de exportaciones 221 millones de dólares (INDEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2001).

La producción frutícola es la principal actividad económica regional aportando a la provincia de Río Negro el 20% del P.B.G. (Producto Bruto Geográfico). En la provincia de Neuquén, que cuenta con una estructura productiva más diversificada, (con relevante importancia del sector hidrocarburífero) el sector frutícola participa con menos del 5% del P.B.G. y un 12% sobre el total exportado.

La importancia de la actividad también se ve reflejada en que ocupa, en forma directa o indirecta, al 35% de la población económicamente activa y al 68% de la mano de obra dedicada a la agricultura en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén. Además esta actividad posee un importante efecto multiplicador que se ve reflejado en casi todo el quehacer regional (Merlo, 2001).

La producción de pomáceas en Argentina evolucionó en áreas que poseen condiciones agroecológicas favorables al desarrollo de sistemas tecnológicos y productivos ecocompatibles, lo que le otorga ventajas competitivas potenciales de gran importancia. Sin embargo, la existencia de una plaga denominada Gusano de la pera y la manzana o Carpocapsa, *Cydia pomonella* (L.) se ha constituido en un factor crítico de extrema gravedad que actúa como limitante al mantenimiento y la expansión del agronegocio frutícola. Este insecto es un microlepidóptero de hábitos crepusculares, cuyas larvas atacan a los frutos volviéndolos no aptos para el consumo en fresco.

La Argentina está perdiendo más de 25 millones de Euros anuales por el efecto perjudicial de *Cydia pomonella* (L.). Existe además el riesgo de perder dos de los principales mercados de exportación; Brasil y EE.UU. Por otra parte, la presencia de la plaga limita la posibilidad de expansión comercial a nuevos y atractivos mercados como Taiwán, India, Japón y a otros emergentes del sudeste asiático.

Los árboles frutales son pulverizados principalmente con agroquímicos para combatir esta plaga clave y otras secundarias, y en menor escala para controlar enfermedades, corregir desórdenes nutricionales y regular

químicamente el crecimiento y desarrollo. Una aplicación incorrecta de agroquímicos puede traer aparejada una merma en la calidad y cantidad de la producción o una respuesta inadecuada en el crecimiento y/o desarrollo de un cultivo.

El elevado costo del control sanitario, la elevada presión de ataque de algunas plagas como la ya citada *Cydia pomonella* (L.), las características de las plantaciones de manzanos y perales con desarrollo en altura entre 4 y 6 metros, las condiciones climáticas desfavorables por el bajo nivel de humedad relativa y ocurrencia de vientos, y la necesidad de disminuir el nivel de residuos sobre los frutos y el medio ambiente, ponen en evidencia la importancia de mejorar la eficiencia de la aplicación de agroquímicos.

En la fruticultura de la Norpatagonia se utilizan en forma casi excluyente los pulverizadores hidroneumáticos, con un único ventilador de flujo axial colocado en la parte posterior de la máquina.

Del análisis de los censos Agropecuarios de las provincias de Río Negro y Neuquén surge que el parque de estas provincias en el año 1994 era de alrededor de 4000 pulverizadores y si bien el 80% superaba los 10 años no se observaban diferencias significativas en el diseño de los pulverizadores hidroneumáticos de la década del 60 comparados con los pulverizadores comercializados en la actualidad.

Los pulverizadores hidroneumáticos tradicionales han demostrado ser ineficientes, lo que se traduce en una aplicación desuniforme con exceso de agroquímico en la parte baja y externa de los árboles y con subaplicación en los sectores altos e internos de los mismos.

Esta distribución puede provocar no sólo una disminución en la eficiencia de control, sino que además puede favorecer la aparición de formas resistentes en plagas y enfermedades.

La utilización de nuevos diseños de pulverizadores que tiendan a evitar o minimizar estos problemas sistémicos de los pulverizadores tradicionales podría permitir la obtención de beneficios en términos de un mejor control de plagas. En la presente investigación se analizó la prestación de un pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales. El comportamiento de estos pulverizadores permitiría una distribución más uniforme del agroquímico contribuyendo a un mejor control de las adversidades del cultivo, disminuyendo los costos de aplicación y preservando el medio ambiente y la salud de los operarios y consumidores a través de la disminución de las dosis utilizadas y de las pérdidas por deriva.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Mejorar el control de plagas a través del uso de tecnología de aplicación más eficiente y ecológicamente más segura, minimizando los efectos colaterales del uso de agroquímicos.

2.2. Objetivos específicos

Generar aportes metodológicos para la evaluación de pulverizadores frutícolas.

Comparar la eficiencia de aplicación de un pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales con respecto a un hidroneumático tradicional a través de:

- El efecto de reducción de dosis de agroquímico sobre el control de *Cydia pomonella* (L.).
- La distribución de agroquímicos en los distintos sectores del árbol.
- La distribución física de la pulverización.
- Las pérdidas por exoderiva y endoderiva.

3. HIPÓTESIS

El pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales utilizado en esta investigación, permite un control más efectivo de *Cydia pomonella* (L.) reduciendo la dosis de agroquímico requerida y las pérdidas por deriva, en comparación con un pulverizador hidroneumático tradicional de uso modal en la Norpatagonia.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. Historia de la protección de los cultivos.

La especie humana vivió durante aproximadamente dos millones de años de la caza y la recolección. En su evolución fue ocupando todos los ecosistemas del planeta (excepto la Antártida) y se fue adaptando a los recursos que las regiones les ofrecían.

Hace aproximadamente 12.000 años en tres diferentes regiones, sudoeste del Asia, China y luego Centroamérica, surgen en forma separada iniciativas sostenidas de agricultura y ganadería.

Es difícil determinar si la aparición de la agricultura fue consecuencia de la presión poblacional ejercida por la especie humana lo que llevó al agotamiento de los recursos naturales de las diferentes regiones del planeta, o bien si la agricultura permitió la explosión demográfica que se produjo a partir de su práctica (Pointing, 1991).

Probablemente el motivo real haya sido una combinación de estos factores, no obstante hay un aspecto que no tiene discusión: la agricultura no fue un breve accidente en la historia de la humanidad, significó la completa modificación del ecosistema del planeta.

Durante estos milenios, el hombre utilizó una serie de estrategias de control de plagas, enfermedades y malezas.

El desmalezado manual o con herramientas rudimentarias, la captura de orugas y adultos de insectos fitófagos que luego destruían a través del fuego, el agua, o el simple aplastado fueron prácticas de uso común para nuestros antepasados.

Durante este período la fuerza del hombre cumplió un rol preponderante, usando una serie de herramientas manuales para complementar el trabajo de los arados, rastras y rolos traccionados por animales.

Los primeros registros escritos sobre control de plagas se encuentran en el Libro de la Muerte Egipcio y en el Antiguo Testamento (Berenbaum, 1995).

En la era greco romana se produce un considerable cuerpo bibliográfico sobre prácticas para el control de plagas y enfermedades (Berenbaum, 1995). En esta bibliografía se citan tanto plantas con propiedades insecticidas, como compuestos inorgánicos, que son utilizados hasta el presente.

Durante el oscurantismo de la Edad Media no se generaron nuevos conocimientos, el interés sobre la ciencia se retomó en el siglo XVII (Berenbaum, 1995).

Hacia fines del siglo XIX se produce una marcada evolución en la agricultura. Los factores fueron múltiples, no obstante, la aparición de la máquina a vapor fue el más relevante.

En la misma época la utilización de azufre para combatir el oídio en los viñedos incentivó la capacidad de los agricultores e improvisados inventores que concibieron las primeras "azufradoras".

Además del azufre se utilizaban productos a base de arsénico. En 1870 se descubre por casualidad el "verde París" (aceto-meta-arsenito de cobre) primer insecticida químico. En 1892 se introduce el arseniato de plomo y los compuestos Dinitros (DNOC). Este período se conoce como la época de los "plaguicidas inorgánicos" (Berenbaum 1995).

El aporte desde el equipamiento para aplicación de productos líquidos lo realiza C. V. Riley al inventar la boquilla de turbulencia en el año 1888 (Berenbaum, 1995).

Para el control de insectos y enfermedades en fruticultura de pepita, más precisamente sobre cultivos de manzano en las primeras décadas del siglo XX, se combinaban métodos físicos (poda, cepillado de troncos, envoltura de frutos con bolsas de papel sulfito, etc.) con pulverizaciones de químicos inorgánicos (sulfurados, arsenicales, fluorados, etc.) y fuentes minerales (aceites).

De este modo los pulverizadores comienzan a ser un implemento tan común como los arados (Bain; Bervard; Forgeroux, 1995).

La segunda guerra mundial, la penuria alimentaria de millones de personas y la aparición de nuevos agroquímicos llevó a que se produjera un gran auge en la protección de los cultivos.

Las propiedades del DDT (dicloro-difenil-tricoloro-etano) sintetizado por Zeidler en 1874 fueron descubiertas por Paul Hermann Muller en 1939 y ayudaron a combatir el tifus y la malaria durante la segunda guerra mundial. Esto le permitió la obtención del premio Nobel de medicina en 1948 (Bain et al. 1995).

En 1936 los químicos alemanes estudiaron los compuestos órgano fosforados con fines bélicos. Una vez finalizada la guerra, el Parathion se transformó en el primer órgano fosforado utilizado (Bain et al. 1995).

El biólogo holandés F. W. Went en 1926 descubre las fitohormonas aislando la primera sustancia de crecimiento natural y que será denominada "auxina". En 1940 W. G. Templeman descubre que estas sustancias pueden destruir la maleza. Este descubrimiento dará origen al MCPA. De manera independiente, en EE.UU. se descubre el potencial de un compuesto que dará origen al 2,4D (Bain et al. 1995).

El uso de estas nuevas familias de agroquímicos, fue acompañado por una nueva generación de pulverizadores que hicieron la tarea de control de plagas más ágil y económica.

Hasta esa época, en fruticultura, los pulverizadores eran traccionados por caballos (luego por tractores) y las aplicaciones se realizaban a manguera y con altos volúmenes hasta alcanzar el "punto de goteo" y se necesitaban al menos tres personas para cumplir la tarea.

Los pulverizadores utilizados en fruticultura tuvieron un avance tecnológico trascendente con la aplicación del aire como elemento de transporte. Posteriormente, el desarrollo tecnológico pareció estancarse hasta nuestros días en estos pulverizadores con ventiladores axiales y centrífugos, a los que solo se le fueron realizando incorporaciones de menor importancia.

El abuso en la utilización de las nuevas familias de agroquímicos llevó a serios desequilibrios ecológicos. Probablemente un cambio en profundo en la opinión pública se produce con la aparición del libro "La Primavera Silenciosa" de Rachel Carson en 1962.

Los entomólogos y técnicos en manejo de plagas, comenzaron a detectar que existían caminos más racionales a la aplicación de agroquímicos realizada a "calendario fijo". Fue así como surgió la llamada "lucha guiada" que consistía en verificar la presencia de los insectos y agentes patógenos, sobre un umbral de daño económico antes de realizar la aplicación de agroquímicos.

Luego se evolucionó hacia el control "integrado de plagas" que significó la profundización del método mencionado anteriormente, sumando a los monitoreos de campo otros métodos de defensa biológicos, agronómicos, físicos, biotecnológicos, genéticos y químicos selectivos.

En Fruticultura la aproximación interdisciplinaria en los métodos de control permitió el surgimiento de una visión holística de la problemática de control de plagas y enfermedades. En este marco surgió la denominada "Producción Integrada", donde la protección vegetal está inserta en un contexto productivo global.

Las directivas de la OILB (Organización Internacional de Lucha Biológica) para la Producción Integrada de frutas en Europa, la definen como “la producción económica de fruta de alta calidad dando prioridad a métodos ecológicamente más seguros, minimizando los efectos colaterales no deseables del uso de agroquímicos, dando énfasis a la protección del medio ambiente y la salud humana” (Cross et al. 1994).

Con respecto a los pulverizadores las directivas de la OILB en el Capítulo 11 enuncian que “Los pulverizadores tradicionales son ineficientes y generan un alto porcentaje de deriva”. Un requerimiento importante dentro de la producción integrada de frutas es el uso más seguro y eficiente posible de estos pulverizadores y que se introduzcan gradualmente nuevos modelos.

Los pulverizadores deben ser inspeccionados y calibrados frecuentemente. La tasa de aplicación debe ser adaptada al tamaño de la planta. La aplicación con vientos fuertes no está permitida.

Con la adquisición de nuevos pulverizadores se deben elegir en lo posible aquellos modelos con flujo transversal o en forma de túnel (donde el producto no depositado es reciclado).

Los nuevos sistemas de producción deben ser compatibles con los métodos más seguros de aplicación, en lo posible los tractores deben ser montados con una cabina de protección” (Cross et al. 1994).

4.2. Caracterización climática de la Norpatagonia

La estación meteorológica de la Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle se encuentra ubicada a 242 m sobre el nivel del mar a una latitud sur de 39° 01' y una longitud de 67° 40'.

Las observaciones realizadas en el período histórico 1923 – 1987 permitieron establecer las características climáticas que se detallan en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2: Régimen agro climático de heladas en la Estación Experimental Alto Valle período 1923 – 1980

| | |
|---|---------------|
| Fecha media de primera helada | 5 de abril |
| Fecha media de última helada | 12 de octubre |
| Período medio libre de heladas | 174 días |
| Período medio con heladas | 191 días |
| Desviación típica de la fecha media de primera helada | +/- 19 días |
| Desviación típica de la fecha media de última helada | +/- 18 días |

Fuente: Estadísticas climatológicas. Área Agroclimatología INTA, Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. Comunicación personal.

Tabla 3: Estadísticas climatológicas Estación Experimental Alto Valle período 1923-1980

| VARIABLES | Ene | Feb. | Mar | Abr. | Mayo | Jun. | Jul. | Ago | Set | Oct | Nov | Dic |
|---------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| T° max. Med. °C | 31,1 | 29,8 | 26,7 | 22,1 | 16,8 | 13,0 | 13,1 | 16,0 | 19,1 | 23,0 | 26,7 | 29,6 |
| T° min. Med. °C | 12,9 | 11,6 | 8,9 | 5,1 | 2,1 | -0,1 | -0,8 | 0,1 | 2,9 | 6,1 | 9,4 | 13,6 |
| T° Med. °C | 23,6 | 22,2 | 18,9 | 14,0 | 9,7 | 6,4 | 6,6 | 8,2 | 11,7 | 15,8 | 19,7 | 22,4 |
| T° max. Abs. °C | 42,0 | 40,0 | 40,2 | 40,0 | 31,2 | 27,3 | 27,3 | 29,0 | 34,3 | 38,6 | 40,0 | 40,5 |
| T° min. Abs. °C | -0,6 | -1,7 | -5,5 | -7,3 | -12,7 | -12,6 | -13,2 | -12,5 | -12,5 | -5,0 | -3,0 | -2,4 |
| Precip. Med. Mm | 17,2 | 12,4 | 21,9 | 16,6 | 18,2 | 16,1 | 15,7 | 11,3 | 12,7 | 22,2 | 16,5 | 16,9 |
| Vel. media viento km/h | 6,6 | 6,0 | 4,8 | 4,3 | 4,5 | 4,8 | 4,9 | 5,9 | 6,5 | 6,7 | 7,3 | 6,6 |
| H.R. máx. media % | 80,0 | 84,0 | 89,0 | 89,0 | 90,0 | 86,0 | 91,0 | 88,0 | 84,0 | 83,0 | 79,0 | 77,0 |
| H.R. min. Media. % | 22,0 | 23,0 | 28,0 | 32,0 | 36,0 | 41,0 | 39,0 | 30,0 | 24,0 | 26,0 | 23,0 | 22,0 |
| H.R. Med % | 47,0 | 51,0 | 58,0 | 63,0 | 67,0 | 69,0 | 67,0 | 59,0 | 51,0 | 50,0 | 47,0 | 45,0 |

Fuente: Estadísticas climatológicas. Área Agro climatología INTA, Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. Comunicación personal.

4.3. Plagas y enfermedades de los frutales de pepita en la Norpatagonia

Las enfermedades fúngicas tienen importancia relativa en la fruticultura de esta región, debido fundamentalmente a las bajas precipitaciones pluviométricas.

La sarna del manzano (*Venturia inaequalis*) que es la micosis de mayor importancia económica en el cultivo de frutales de pepita en la mayoría

de las regiones productoras del mundo, está prácticamente ausente de la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén.

El oídio del manzano y del peral (*Podosphaera leucotricha*) adquiere importancia variable con las condiciones climáticas de la temporada, la susceptibilidad del cultivar y las prácticas culturales realizadas (Cichón et al. 1996).

Con respecto a las plagas secundarias u ocasionales en la Tabla 4 se mencionan las de mayor trascendencia en la Norpatagonia.

Tabla 4: Plagas secundarias más comunes en cultivos de pomáceas en la Norpatagonia

| Nombre vulgar | Nombre científico |
|-----------------------------------|---|
| Arañuela roja europea | <i>Panonychus ulmi</i> , K. |
| Arañuela roja común | <i>Tetranychus urticae</i> , K. |
| Arañuela parda | <i>Bryobia rubrioculus</i> , S. |
| Arañuela chata | <i>Cenopalpus pulcher</i> , C. |
| Ácaro del agamuzado del peral | <i>Epitimerus pyri</i> , N. |
| Ácaro de la erinosis del peral | <i>Eryophyes pyri</i> , P. |
| Chicharrita, cotorrita o saltador | <i>Edwardsiana crataegi</i> , D. |
| Cochinilla coma | <i>Lepidosaphes ulmi</i> , K. |
| Cochinilla harinosa | <i>Pseudococcus</i> sp. |
| Cochinilla marrón | <i>Lecanium</i> sp. |
| Grafolita | <i>Cydia molesta</i> , B. |
| Piojo de San José | <i>Quadraspidiotus perniciosus</i> , P. |
| Pulgón lanífero del manzano | <i>Eriosoma lanigerum</i> , H. |
| Pulgón lanífero del peral | <i>Eriosoma lanuginosum</i> , H. |
| Pulgonés | <i>Aphis gossypii</i> , G.; <i>A. Pomi</i> , de G.; <i>Myzus persicae</i> , S. |
| Psílido del peral | <i>Psylla pyricola</i> , F. |
| Trips | <i>Frankiniella occidentalis</i> , P. |

Mathews (1984) menciona que las plagas se clasifican en ocasionales, continuas y severas o endémicas. Este último tipo puede ser plaga clave pues causa importantes daños económicos si no se la controla.

En la figura 1 se presenta información del mismo autor modificada por Meltcalf y Luckmann, en donde se ilustra el comportamiento de la población de una plaga endémica

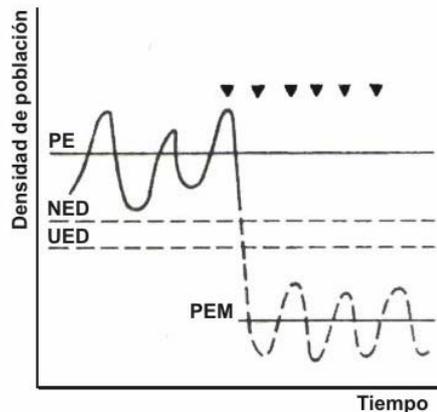


Figura 1: Comportamiento de una plaga severa o endémica (Matthews, 1984)

PE = posición de equilibrio. **PEM** = posición de equilibrio modificada. **NED** = nivel económico de daño. **UED** = umbral económico de daño. ▼ Aplicación.

La plaga clave de los frutales de pepita en la Norpatagonia y en el mundo es *Cydia pomonella* (L.) cuyo nombre vulgar es "Carpocapsa".

La poca eficacia de los enemigos naturales para su control y las altas poblaciones de la plaga obligan a realizar un control con insecticidas para disminuir la incidencia de los daños. En huertos que no se realizan tratamientos para controlar esta plaga, los daños pueden oscilar entre el 80 y 100% de la producción.

Las larvas recién eclosionadas penetran en el fruto a través de la epidermis o por la cavidad calicinal, realizando una galería hasta alcanzar las semillas, de las que se alimentarán. El fruto atacado pierde valor comercial.

El ciclo de vida de la *Cydia pomonella* (L.) consta de cuatro estados diferentes: huevo, larva, pupa y adulto (mariposa) y se cumple entre 49 y 54 días aproximadamente, de acuerdo a las condiciones de temperatura.

Transcurre el invierno como larva encapullada, protegida bajo la corteza y resquebrajaduras de los frutales y puntales, en la base de las ramas principales, restos de ramas y cajones, y en menor medida en el suelo.

En la primavera las larvas, dentro de su capullo, se transforman en pupa y luego en adulto o mariposa, dando origen así a los primeros vuelos de la temporada (Cichón et al. 1996).

La emergencia de mariposas provenientes de larvas invernantes se inicia en el mes de septiembre y se prolonga hasta principios de diciembre. Los machos comienzan a aparecer en las trampas de feromona cuando las temperaturas crepusculares son de 13 ° C, pero no se produce la cópula hasta que éstas alcanzan los 17 ° C ó más.

Las hembras provenientes de larvas invernantes pueden oviponer de 30 a 70 huevos.

Las larvas de la primera generación buscarán los frutos y penetrarán en éstos para alimentarse de las semillas.

El desarrollo larval completo se cumple entre 21 y 25 días. Cumplida esta etapa abandona el fruto, refugiándose en un lugar protegido para transformarse en pupa y después en mariposa. Éstas se acoplan y dan origen a la segunda generación a mediados de diciembre.

A partir de este momento comienza a producirse una superposición de generaciones y se hace muy difícil distinguir la procedencia generacional de los distintos individuos, complicando muchas veces el control.

En la región del Alto Valle la *Cydia pomonella* (L.) tiene tres a cuatro generaciones anuales. La última de ellas es incompleta, ya que las larvas permanecerán en su capullo (en diapausa) hasta la primavera siguiente.

El desarrollo estacional de los insectos depende principalmente de la acumulación de temperatura. Para el caso de *Cydia pomonella* (L.) el umbral mínimo de desarrollo es de 10 ° C y el umbral máximo de 32 ° C. Conociendo la ecofisiología de la plaga se construyen los métodos para su monitoreo.

En la Norpatagonia el método termoacumulativo aplicado a esta plaga define el concepto de carpogrados o grados día (° D) y consiste en acumular la temperatura media diaria descontando el umbral mínimo de desarrollo.

Se ha determinado que los primeros vuelos de la temporada se producen a los 70 ° D. Las primeras larvas de la primera generación nacen a partir de los 250 ° D y las de la segunda a los 760 ° D. (Cichón et al. 1996)

4.4. Características de los cultivos de frutales de pepita en la Norpatagonia

En el Alto Valle del Río Negro y Neuquén hasta mediados de la década del '60 predominaban las plantaciones conocidas como "huerto tradicional" conducidas en forma "libre" con árboles de gran desarrollo individual (alturas de 7 a 8 m) y amplias distancias entre plantas (150 - 200 árboles por hectárea). Luego comenzó una progresiva implantación de

“huertos compactos” (400 - 600 árboles por hectárea) constituidos por patrones enanizantes y conducidos preferentemente en espaldera, formados por árboles de porte controlado (alturas de 4 a 4,5 m) y más precoces en la entrada en producción. En la última década se acentuó este proceso con densidades de plantación que superan los 1000 árboles por hectárea y alturas no superiores a los 4 m incorporando, en el caso de manzanas, nuevas variedades con mayor demanda.

En el año 93, el 60 % de la superficie plantada con manzanos y el 45 % con perales se conducían en forma libre, como lo indica el informe del censo frutícola realizado ese año. Si bien no se ha modificado significativamente en los últimos años, se considera que a mediano o largo plazo en el marco de una fruticultura moderna y tecnificada el 100 % de los huertos deberían responder a sistemas de alta densidad.

Esta situación requerirá sin dudas una nueva generación de pulverizadores que permitan una aplicación más eficiente, minimizando los riesgos de contaminación ambiental

4.4.1. Blanco de aplicación

La evaluación de la aplicación de agroquímicos en superficies naturales o con colectores artificiales depende de las circunstancias y prioridades del investigador, ya que ambos casos tienen ventajas y desventajas. (Cooke; Hislop 1993)

Smith et al. (2000) determinaron que el porcentaje de retención de líquido sobre las hojas varía con la morfología de las mismas. Con gotas de 140 μm observaron niveles de retención que van del 99% en *Xanthium strumarium* L. al 55% en *Cassia occidentalis* L. Observaron además que con incrementos de 100 μm en el tamaño de gota se producen disminuciones en la retención de hasta 16%.

Además de la diferencia en capacidad de captación entre distintas especies, existe también variación en las hojas de un individuo ya que las hojas jóvenes retienen menos que las hojas viejas. Los blancos artificiales son más uniformes y pueden ubicarse en posiciones determinadas, pero no necesariamente imitan al blanco natural. En general se prefieren blancos naturales pero ellos son complejos y variables en el proceso de retención. (Cooke et al. 1993)

Las mediciones de cobertura sobre blancos artificiales no necesariamente se correlacionan con los blancos naturales (hojas, frutos). Esto indica que no se puede esperar que un blanco artificial por su forma,

tamaño, orientación, etc. simule el comportamiento de uno natural. A estas razones se le suma el efecto causado por el movimiento natural del blanco con la aproximación de las gotas. (Cowell; Lavers; Taylor 1988)

En condiciones normales de tratamiento, la velocidad y turbulencia del flujo de aire que proyecta el equipo provoca cierta agitación de las hojas. Este movimiento típico no puede ser simulado con otros materiales. Es así como los datos obtenidos con papeles, láminas o cualquier elemento que permita la utilización de trazantes no se ajustan a los valores reales (Trefan 1985).

Los papeles absorbentes captan una cantidad significativamente mayor del producto que las hojas (Salyani; Hoffman 1996).

Pergher; Fogar; Zucchiatti (2000) evaluaron captadores artificiales en comparación con blancos naturales. Observaron que las cuerdas plásticas de poliamidas tienen una capacidad de captación del 95% lo que resulta significativamente mayor que los papeles absorbentes (65%) y que las hojas de vid (40%).

Existen algunos intentos metodológicos para sistematizar la captación, pero utilizando blancos naturales Pergher et al. (2000) y Salyani (2000) desarrollaron una estructura artificial en las que colocaron ramas con 4 a 7 hojas por posición.

En frutales el blanco biológico es complejo, tiene ubicación variable y pueden ser insectos, ácaros u otros patógenos situados sobre hojas o frutos. Por otra parte, el volumen de copa varía significativamente durante la temporada y durante la vida del huerto. Una estimación del volumen del blanco, y consecuentemente de la tasa de aplicación, es el índice de área foliar L.A.I, que relaciona el área total de hojas con el área de suelo que ocupan (Hall 1993).

Los captadores artificiales de pulverización más utilizados son los papeles de filtro (May; Stevens 1993; Doruchowski; Svensson; Nordmark 1996; Bovolenta; Pezzi; Rondelli 1997; Holownicki; Doruchowski; Godyn; Swiechowski 1998; Holownicki; Doruchowski; Godyn; Swiechowski 2000; Pezzi; Rondelli 2000).

También se cita la utilización de "pipe cleaners" (PC) o limpiadores de pipa con este fin (May et al. 1993). Los PC son elementos que consisten en un hilo metálico recubierto de fibras de algodón, poseen unas dimensiones aproximadas de 150 mm. Los PC son utilizados fundamentalmente como captadores de deriva. En el punto correspondiente se citan los antecedentes sobre esta temática

Planas; Solanelles; Fillat; Pifarré (1996) encuentran una alta correlación entre los depósitos en hojas y los PC y dicen que éstos podrían sustituir las mediciones en hojas debido a la simplicidad y facilidad de utilización.

Para las evaluaciones físicas y químicas de una aplicación se han evaluado un número importante de captadores que son detallados en puntos posteriores.

Tanto los frutos como las ramas de los árboles en forma aislada no son movidos por el flujo de aire proyectado por el equipo. Consecuentemente son más efectivas en la disminución de la velocidad de dicho flujo. No obstante, se asume que las hojas en su conjunto son el factor más importante en la reducción de esta velocidad y de allí la importancia que se le asigna a una determinación del L.A.I. (Travis; Skroch; Sutton 1987b).

En las investigaciones sobre aplicación de agroquímicos en frutales se incluye generalmente el L.A.I. como índice para describir el tipo de blanco sobre el que se realizaron las aplicaciones. Existen cultivos que por su marco de plantación, altura, ancho, patrón, etc. deberían presentar L.A.I. análogos y sin embargo existen diferencias importantes en los valores reportados por los investigadores.

Pezzi; Ade (1999) determinaron un L.A.I. de 1,9 a 2,2 en perales con un marco de plantación de 4 x 1,2 m; 4,5 m de alto y 2,5 m de ancho. No mencionan el método de evaluación.

Huijsmans; Porskamp; Heijne (1993) citan que un cultivo de manzanos con un marco de plantación de 2,2 x 1,1 m el L.A.I. fue de 2,2. Estos autores no reportan ni la altura ni el ancho y no mencionan el método de evaluación.

Bovolenta et al. (1997) evaluaron el área foliar de un cultivo de manzanos cv Golden Delicious conducido en palmeta con un marco de plantación de 3,6 x 1,8 m; 2,5 m de alto y 1,5 m de ancho. Cosecharon todas las hojas de dos posiciones de la fila de una distancia equivalente al distanciamiento entre plantas. Estimaron un L.A.I. aproximado de 1,5 aunque no menciona la forma en que se estimó el área de las hojas.

Baraldi; Ade; Cesari; Bertini (1984) señalan la retención de agroquímicos en árboles de manzanos con L.A.I. = 8 sin mencionar métodos de evaluación ni dimensiones de los árboles.

Fillat et al. (1994) evaluaron el L.A.I. en manzanos cv Golden Delicious con un cuadro de plantación de 4 x 1 m y 4,5 m de altura. El método utilizado fue determinar el peso y área de una muestra representativa y ajustarlo con un

análisis de regresión lineal. Luego se pesaron todas las hojas de un sector representativo de la plantación y se estimó el L.A.I. por niveles. Para este caso el L.A.I. fue de 3,48.

Planas; Solanelles (1997) para evaluar la influencia de la geometría de los árboles sobre la distribución de agroquímicos, estimaron el área foliar. Con tal fin cosecharon todas las hojas de un árbol y evaluaron su área con un analizador de imagen. Luego fotografiaron sectores del árbol de 1 m x 1 m. Las imágenes fueron analizadas y comparadas con la densidad del área correspondiente al sector. Los autores presentan dos ejemplos obtenidos de estas correlaciones en los que se obtienen valores de R^2 muy bajos (0,5052; 0,457).

La estimación del área foliar a través de la relación entre el peso y el área promedio de una muestra tomada de un sector determinado induciría a errores ya que Barrit et al. (1987) observaron que tanto la superficie promedio, el peso seco, como el peso seco promedio por cm^2 de hoja varía de acuerdo a si se trata de hojas de la parte superior, media o baja del árbol. Para el caso de manzanos cv Oregon Spur Delicious de 4 m de alto el peso seco promedio por cm^2 de hoja fue de 4,4 mg/cm^2 ; 6,1 mg/cm^2 y 8,0 mg/cm^2 ; para 1 m; 2 m y 3 m de altura respectivamente.

Raffo (2003) determinó que el porcentaje de materia seca en hojas de manzanos cv Fuyi varía de 40,91 % en un sistema de conducción en eje central a 44,95 % en Tatura.

Cross; Walklate; Murray; Richardson (2001a), citaron valores de 32,2; 44,0 y 43,8 cm^2 de área foliar (considerando sólo una cara de las hojas) por gramo de peso verde, en tres años de muestreo.

Muchos autores calculan el producto total captado por los árboles por medio de la siguiente expresión (Trefan 1985; Bovolenta et al. 1997):

$$R = G_1/G$$

Luego:

$$G_1 = G_x * \text{L.A.I.}$$

Donde:

R = % de producto recuperado

G_1 = Cantidad de trazante recuperado de la superficie de las hojas (μg)

G = Cantidad de trazante aplicado (μg)

G_x = Cantidad de depósito por superficie de hoja ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)

Es importante profundizar este punto, pues como se señaló en párrafos anteriores, muchos autores informan sobre valores de L.A.I. sin

detallar la metodología de cálculo y en otros casos se infiere sobre 3 o 4 árboles el valor de L.A.I. de una superficie significativamente superior.

Existen métodos indirectos para estimar el L.A.I.. Cunningham; Harden (1998) Cunningham; Harden (1999) utilizaron un infiltrómetro de luz con un programa específico para el cálculo de L.A.I. en cítricos.

Cross; Walklate; Murray; Richardson (2001a), (2001b) (2003) para caracterizar la estructura de los árboles utilizaron un sistema de detección y procesamiento de luz denominado LIDAR. Este sistema fue montado sobre el tractor y permitió analizar las filas de árboles destinadas al ensayo con una velocidad de avance de 0,2 m/s.

El LIDAR determina altura y ancho promedio de los árboles; volumen de la fila de árboles (TRV); índice de área de cultivo (área de cultivo proyectada sobre el suelo por unidad de área) y densidad de área de los árboles (área de cultivo proyectada sobre el suelo por el volumen de la copa).

Todas las estrategias de control de plagas y enfermedades se basan en el supuesto de que el agroquímico se distribuya uniformemente. Sin embargo la densidad foliar y la estructura óptima para la máxima deposición y uniformidad del producto aún no ha sido determinada (Travis et al. 1987b). Estos autores observaron en manzanos cv Golden Delicious que los depósitos medios aumentan y la variabilidad disminuye con la disminución de la densidad foliar.

Byers et al. (1984) encontraron una correlación negativa entre depósitos de agroquímicos y pasaje de luz en la copa de los manzanos. Del mismo modo, Lavers; Cowell (1988) observaron que a medida que aumenta el área foliar durante la temporada, se produce una disminución en el porcentaje de cobertura sobre papeles hidrosensibles.

Byers et al. (1989) reportan diferencias de 3 a 5 veces en los depósitos de agroquímicos sobre hojas de manzanos dependiendo del sistema de conducción utilizado.

4.5. Tasa de aplicación

Sutton; Unrath (1984) informaron que Byers; Hicker, y Hill propusieron el concepto de volumen de la fila de árboles (TRV) para determinar la tasa de aplicación de agroquímicos y consecuentemente estimar la dosis de producto según las características de cada huerto frutal en aplicaciones diluidas. Dichos autores consideraron que el volumen ocupado por el follaje puede ser estimado asumiendo que cada fila es un paralelepípedo continuo. De tal modo que en las condiciones de Virginia (EE.UU.), en un huerto modal de

manzanos, para una aplicación diluida hasta punto de goteo se determinó que con 1 litro de agua se cubrían 10,67 m³ de follaje (0,0937 L/ m³).

La propuesta del TRV fue adoptada con buenos resultados por Herrera et al. (1980). Para disminuir la variabilidad de los resultados de la aplicación de raleadores químicos en la variedad Red Delicious Spur; el índice utilizado fue 0,116 L por m³ de follaje.

Cichón; Magdalena (1992) determinaron que el índice más adecuado para las condiciones de la Norpatagonia es 0,0937 L/ m³.

Considerando que las plantaciones de frutales difieren en sus características (conducción, vigor, patrón, tipo de poda, estado fenológico) Sutton et al. (1984) propusieron un ajuste por densidad foliar que adquiere valores extremos de 0,7 para árboles muy abiertos y 1 para árboles sin poda y sin penetración de luz a través del follaje.

Holownicki et al. (1998) Holownicki et al. (2000) utilizaron el TRV para caracterizar dos plantaciones de frutales. Determinando un TRV de 9333 m³/ha en manzanos con un patrón M26 y 3 x 1,5 m de marco de plantación, 2,2 m de altura y 1,4 m de ancho de fila. Por otra parte, determinaron que una plantación con el mismo patrón y un marco de plantación de 4 x 2,5 m; altura de 2,5 m y 2,2 m de ancho tenía un TRV de 13750 m³/ha.

Hall (1991) observó que a medida que se intensifican las plantaciones y consecuentemente decrece el TRV, la captura de agroquímicos de las aplicaciones se incrementa. A pesar que los sistemas intensivos presentaron 5 a 6 veces más producto químico que los sistemas menos intensivos, el control fue similar. Por este motivo el autor reflexiona sobre el exceso de producto con el consecuente problema económico y contaminación del medio ambiente.

Hall (1991) citó para TRV de 10.400; 17.800; 19.800 y 33.500 eficiencias de retención de 24,8%; 33,5%; 17,4% y 6,5% respectivamente.

Siegfried; Holliger (1996) informaron que el concepto de TRV fue estudiado en Suiza recientemente para predecir la tasa de aplicación (L/ha) en frutales. Esta metodología permitió obtener ahorros de agroquímicos de 15 a 20%.

El concepto de TRV fue incluido en las recomendaciones para la protección de cultivos de la Estación Federal de Investigaciones Suiza y en las guías para la producción integrada en 1996.

Doruchowski; Svensson et al.(1996) informan que la tasa de aplicación recomendada en Polonia surge del cálculo $D [L/ha] = TRV [m^3/ha] * 0,033$

[L/m³]. Concluye que el concepto de TRV es adecuado para predecir la tasa de aplicación ajustándola al tamaño de las plantaciones.

Cross et al. (2001a) realizaron evaluaciones de distintas tasas de aplicación sobre huertos con distintos valores de TRV que van de 8.349 a 19.224 m³/ha. Observan que la variación de las tasas de aplicación produce pequeños efectos sobre los depósitos, pero las pérdidas se incrementan en forma inversa al tamaño de los árboles. Esto les permitió inferir que la dosis por árbol debería ajustarse para diferentes tamaños de árbol variando la tasa de aplicación y manteniendo la concentración constante.

Existen propuestas de predicción que se basan sobre fundamentos teóricos semejantes al cálculo del TRV como la realizada por Koch (1993) quien define el área pulverizada con frutales como un "muro" de alto y ancho determinado, indicando que este supuesto permitiría la calibración del pulverizador.

Cunningham et al. (1998) determinaron que la retención de producto pulverizado se incrementa con la tasa de aplicación pero el porcentaje de retención decrece a partir de los 2000 L/ha en cítricos.

Salyani (1988) determinó que la mejor eficiencia de deposición sobre hojas de cítricos se obtiene con gotas de 240 a 340 µm. Sin embargo señala la influencia de otros factores como velocidad de la gota, tasa de aplicación, propiedades de la superficie y tensión superficial de la solución pulverizada.

Del mismo modo Doruchowski; Svensson et al. (1996) realizaron aplicaciones con un pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales, utilizando tasas de 120; 200; 400 L/ha. Los tratamientos se realizaron sobre sistemas conducidos en eje central; espaldera y vaso, con TRV de 3.400; 6.000 y 12.500 m³/ha respectivamente. La mayor retención se obtuvo con la tasa más elevada y en el eje central, sin embargo los depósitos de agroquímicos se redujeron con el TRV.

Salyani; Mc Coy (1989) evaluando tasas de aplicación desde 470 L/ha hasta 9.400 L/ha en naranjos determinaron que la cantidad de depósitos y el coeficiente de variación se incrementaron con el aumento de la tasa de aplicación.

Sin embargo, Salyani et al. (1996) reportaron que la deposición decrece con el incremento de la tasa de aplicación y que las altas tasas inducen mayor escorrentía.

Estas observaciones aparentemente contradictorias de los párrafos anteriores, podrían significar la observación del fenómeno de retención de depósitos de agroquímico antes y después del denominado “punto de goteo”.

Salyani (1988) determinó que la mejor eficiencia de deposición sobre hojas de cítricos se obtiene con gotas de 240 a 340 μm , sin embargo señala la influencia de otros factores como velocidad de la gota, tasa de aplicación, propiedades de la superficie y tensión superficial de la solución pulverizada.

La dosis aplicada en una pulverización es determinante en el depósito inicial. Por lo tanto es el principal factor en la declinación de los residuos y consecuentemente en la acción contra las plagas y otros organismos. (Koch 1993).

El mismo autor denomina dosificación “indirecta” a la que se emplea en aplicación de agroquímicos, debido a que la misma no hace referencia a un simple individuo sino que se realiza por unidad de área asumiendo que al individuo le llegará la dosis adecuada.

Salyani (2000) sugiere que para bajas tasas de aplicación menores a 900 L/ha, los mejores resultados se obtienen reduciendo el número de boquillas, el caudal de las mismas y operando con bajas velocidades de avance. En contraposición para tasas de aplicación superiores a 2.500 L/ha se deberían utilizar gran número de boquillas, de elevado caudal con mayores velocidades de avance.

Campbell; Loveless; Evans (1988) evaluaron el efecto de dos tasas de aplicación (200 – 1.000 L/ha) en manzanos de 2 a 3 m de altura, sobre el control de *Cydia pomonella* (L.). Pudieron observar que la tasa más elevada permitió un mejor control de la plaga.

Se registran antecedentes con respecto al uso de dispositivos electrónicos para ajustar la tasa de aplicación a las dimensiones de los árboles. Giles; Delwiche; Dodd; (1987) evaluando un sistema de control activo en un pulverizador observaron que, ajustando la tasa de aplicación a la arquitectura de los árboles en manzanos y durazneros, se obtienen ahorros que van desde 36% a 52% y de 28% a 35% respectivamente. Un simple sistema de corte en lugares sin follaje permitió ahorros complementarios de 10 al 28%. En ningún caso observaron diferencias en el control de plagas.

Por su parte, Moltó; Martín; Gutiérrez (2000) diseñaron un pulverizador que mantiene constante la distancia de emisión del agroquímico al exterior del árbol por medio de un positivo electrónico. El prototipo permitió un ahorro en el tiempo operativo de 30 %, manteniendo o mejorando la calidad de aplicación

Los mismos autores, Moltó; Martín; Gutiérrez (2001) evaluaron un pulverizador que mediante un sistema electrónico modifica la dosis en forma automática adaptándola a las características del árbol. Este desarrollo les permitió obtener un ahorro de agroquímico del 37 %.

4.6. Equipos de aplicación

El diseño de los ventiladores axiales de los pulverizadores hidroneumáticos es adecuado para un amplio rango de plantaciones. Son simples, robustos, confiables y de bajo costo de mantenimiento y operación. No obstante, el perfil aerodinámico con un radio de acción mayor a los 5 m provoca deriva y pérdidas en el suelo (Cross et al. 2001a).

La utilización de una corriente de aire en la aplicación de agroquímicos en fruticultura significó un avance trascendente a fines de la década del 50. Sin embargo, los pulverizadores neumáticos e hidroneumáticos presentan un alto grado de ineficiencia, fundamentalmente por los siguientes aspectos:

1 – La velocidad de aire a la salida del ventilador cae rápidamente con la distancia recorrida. Este gradiente es mayor para los ventiladores centrífugos que para los axiales (Reichard; Fox; Brazee; Hall 1979). Este aspecto es de fundamental importancia, ya que la capacidad de transporte del flujo de aire va a depender de la distancia que tiene que recorrer desde el punto de erogación hasta el blanco. Por lo tanto, las deficiencias de transporte se manifestarán en las partes más alejadas de los árboles debido a la disminución de la velocidad del flujo de aire que indefectiblemente se produce.

2 – Por tratarse de aplicaciones en fruticultura, con árboles de diferentes formas y tamaños, las gotas estarán sujetas a las condiciones climáticas en mayor medida que en los cultivos bajos. Este efecto es más notorio en las partes más alejada de los árboles ya que las gotas estarán sujetas a la evaporación y la deriva por un tiempo mayor. Estas pérdidas se incrementarán a medida que disminuye el diámetro de gotas de pulverizadas y con el incremento de la diferencia entre la temperatura del termómetro de bulbo húmedo y el de bulbo seco (Δt) (Cunningham; Brann; Fleming 1962).

Por lo señalado anteriormente, los pulverizadores neumáticos e hidroneumáticos presentan una mayor tendencia a sufrir los fenómenos de evaporación y deriva, con un impacto negativo sobre la salud humana y el medio ambiente.

3 – Dificultad de los ventiladores axiales y radiales para conseguir un perfil aerodinámico uniforme. (Di Prinzio; Magdalena; Ayala; Frassetto, 1994).

4 – Imposibilidad de fijar caudales de aire óptimos de transporte y penetración, ya que éstos dependen de numerosos factores exógenos, como ser tipo de árbol, estado fenológico, velocidad de avance del equipo, condiciones climáticas, etc. (Magdalena, 2001).

Lo citado precedentemente, se traduce en una aplicación desuniforme, con exceso de agroquímico en la parte baja y externa de los árboles y con subaplicación en los sectores altos e internos de los árboles.

Esta distribución puede provocar no sólo la baja en la eficiencia de control, sino que además puede favorecer la aparición de formas resistentes en plagas y enfermedades.

La utilización de nuevos diseños de pulverizadores que tiendan a evitar o minimizar estas limitaciones propias de los pulverizadores tradicionales podría permitir la obtención de beneficios en términos de un mejor control de plagas, disminuyendo los costos de aplicación y preservando el medio ambiente y la salud de los operarios y consumidores a través de la disminución de las dosis utilizadas y de las pérdidas por deriva.

Hall (1993) citando a Brode y Buther informa que el desarrollo de los equipos de aplicación no acompañó el desarrollo y el conocimiento sobre los plaguicidas. Cita además a Grahan Bryce que puntualiza que mucha de las ventajas en el incremento de actividad de los modernos plaguicidas se pierden en el proceso de aplicación.

Los nuevos modelos de pulverizadores con deflectores verticales presentan un mejor comportamiento, probablemente por su aptitud para acercar la pulverización a la planta (Fillat et al. 1994). El acercamiento de la pulverización (interfase agua líquido) a través del uso de deflectores permiten obtener mejor uniformidad en la aplicación del agroquímico, menor pérdida por endoderiva y menor consumo de potencia (Baraldi; Ade; Servadio; Comai 1986).

Giles, Delwiche, Dodd (1989) señalaron que el arco porta boquillas de un pulverizador se debería adaptar al sistema de conducción.

Osborne (1977) y Cory (1990) coinciden en clasificar a los ventiladores en:

- a) de flujo axial
- b) de flujo radial (o centrífugo)
- c) de flujo mixto
- d) de flujo tangencial

El ventilador de flujo tangencial fue inventado por Mortier en 1892 y aplicado para ventilación de minas. Durante la segunda guerra mundial fue redescubierto y se realizaron una serie de estudios teóricos. La primera aplicación en maquinaria agrícola fue en 1971/72 con los estudios de Quick; Shaver y Temple en EE.UU. y de Sychuhov en la ex Unión Soviética. Todos los autores estudiaron la posible utilización del ventilador de flujo tangencial para la separación del grano, la paja y cuerpos extraños en las cosechadoras. Gaspareto et al. (1987a) también citan a Van Ee quien en 1985 utilizó este principio para mejorar el rendimiento de las aplicaciones de agroquímicos en fruticultura (Gaspareto, Macchi, Febo Pessina 1987a).

Los mismos autores informan que en el ventilador de flujo tangencial existe un doble atravesamiento por parte del flujo a través de las palas rotantes. Por lo tanto ocurren un total de cuatro pasajes entre entradas y salidas. El aire fluye radialmente al interior en sentido centrípeto y se descarga (siempre radialmente) en sentido centrífugo. Un ventilador de flujo tangencial tiende a transferir al fluido energía solamente bajo la forma de energía cinética sin alterar el estado termodinámico (presión estática). El rendimiento de este ventilador tiende a ser relativamente modesto, a causa de la compleja situación fluidodinámica que se produce en su interior.

Gaspareto; Macchi; Febo; Pessina (1987b) confirmaron que a igual velocidad periférica un ventilador de flujo tangencial provee al fluido una energía cinética superior a cualquier otro tipo de ventilador. Sin embargo Miller et al. (1991) señalaron las limitaciones en el régimen de trabajo debido a su longitud.

Van Ee; Ledebuhr (1988), denominaron al flujo de aire producido por un ventilador tangencial "cortina de aire". Afirman además que el flujo producido es poco turbulento y tiene buenas características para el transporte y la penetración.

Este concepto también fue señalado por Miller; Hobson (1991) quienes afirmaron que uno de los principales objetivos del uso de ventiladores tangenciales es la formación de una cortina de aire debido a su ancha salida, lo que permite la obtención de un flujo de baja turbulencia.

Algunas de las ventajas que señalaron Van Ee et al. (1988) del concepto de "cortina de aire" son:

- Utilización de altos caudales de aire, con velocidades medidas de 30 a 90 km/h
- Distribución del aire en la periferia del árbol

- Concentración del aire directamente en el blanco
- Control del tamaño de gotas independientemente de la velocidad del flujo de aire.

Van Ee et al. (1988) observaron que un pulverizador con ventiladores tangenciales, permitió obtener mayores depósitos de cobre con mejor uniformidad que un pulverizador hidroneumático tradicional en cítricos, cerezos y manzanos. El pulverizador con ventiladores tangenciales permitió estos mejores resultados, con menor tasa de aplicación; potencia y tiempo de aplicación.

Huijsmans et al. (1993) no detectaron diferencias en la cantidad y distribución de los depósitos entre un túnel de reciclado y un pulverizador con ventiladores tangenciales en un huerto de manzanos

Whitney; Salyani (1991) evaluaron la uniformidad de una aplicación en naranjos y pomelos utilizando un pulverizador con ventiladores tangenciales y uno hidroneumático tradicional. En ambos casos el coeficiente de variación superó el 100% aunque las deposiciones fueron mayores con el pulverizador hidroneumático en naranjos.

Peterson; Hogmire (1994) observaron que dos pares de ventiladores tangenciales montados dentro de un túnel permiten obtener mayores cantidades de depósitos distribuidos más uniformemente que ventiladores axiales montados dentro del mismo túnel y que un pulverizador hidroneumático tradicional.

Heijne; Porskamp (1996) determinaron que un túnel de reciclado con cabezales centrífugos realiza un control inferior de *Venturia inaequalis* y de *Posdosphaera leucotricha* que un pulverizador con ventiladores de flujo tangencial. Sin embargo dos modelos provistos de boquillas hidráulicas permiten obtener un control similar al pulverizador con ventiladores tangenciales.

Perghers; Gubiani (1997) evaluaron en viñedos, un pulverizador hidroneumático con ventilador axial y salida de aire orientable hacia atrás con un ángulo de 118° con respecto a la dirección de avance. Se aumentó la deposición de Brilliant Sulfoflavina (BSF) del 55,5% al 61% sobre las hojas y se incrementaron levemente las pérdidas en el suelo de 32,4 a 35,9. con respecto a la posición normal a la dirección de avance.

El pulverizador mencionado en el párrafo anterior también se lo denomina en la bibliografía como de flujo transversal. Estos pulverizadores tienen las mismas características de los hidroneumáticos tradicionales, con la

sola diferencia de tener la posibilidad de orientar la salida de aire, en sentido transversal a la dirección de avance. Sin embargo debemos señalar la diferencia con el pulverizador utilizado en esta investigación, que se denomina pulverizador de flujo transversal, pero posee ventiladores tangenciales, los cuales le otorgan al flujo de aire las características distintivas ya descritas.

Pezzi et al. (2000) Evaluaron un pulverizador de flujo transversal con ventilador axial como el descrito anteriormente en viñedos. Determinaron el efecto de la orientación del deflector de salida en dos posiciones, 90° y 120 ° con respecto a la dirección de avance y tres velocidades de giro del ventilador, las que condicionaron tres distintos caudales de aire producidos por el ventilador. Los mejores resultados se obtienen con el ángulo de 120 ° hacia atrás en el deflector de salida y con velocidades de aire bajas y medias. Fue más significativo el efecto del flujo de aire sobre las pérdidas de producto que el direccionamiento del deflector 120° hacia atrás

4.6.1. Condiciones operativas de los pulverizadores

Cross; Walklate; Murray; Richardson (2000) señalan 5 factores operacionales que pueden ser ajustados independientemente:

- Caudal erogado por las boquillas.
- Calidad de la pulverización.
- Posición de las boquillas.
- Caudal de aire del ventilador
- Velocidad de avance.

Según Cunningham et al. (1962) con un 60 % de pérdida de agua por evaporación solo el 16 % de materia activa se perdería por deriva ya que se debe recordar que las características de la formulación de agroquímicos juegan un rol importante, principalmente viscosidad y tensión superficial. No obstante el mayor problema estaría dado por la desuniformidad en la aplicación y la menor cantidad de depósitos en los sectores del árbol más alejados del equipo. La pérdida de tamaño de las gotas es mayor con el incremento del tiempo que tardan las gotas en hacer impacto en el árbol (puede ser expresado como la distancia que deben recorrer las gotas para alcanzar el objetivo), cuando Δt es mayor y cuando disminuye el espectro dimensional de gotas.

Fox; Brazee; Reichard (1985) evaluaron el efecto de la velocidad del viento atmosférico sobre el flujo de aire erogado por un ventilador axial en un modelo a escala 1/12. Observaron que la velocidad del viento o la del viento

aparente (velocidad de avance \pm viento real) mayores de 4 m/s y perpendicular al flujo de aire del pulverizador, deflexionan el flujo a 45 ° a 20 cm de la salida del pulverizador en el modelo (2, 40 m a escala real). Debido a que el flujo de aire transporta el elemento activo para el control de la plaga dentro del follaje, una gran deflexión podría reducir la capacidad de penetración al interior de la copa.

Randall (1971) no observó diferencias significativas en depósitos para las zonas cercanas a la máquina, utilizando distintos equipos con diferentes velocidades de avance. Sin embargo, en la parte alta de los árboles, para las aplicaciones realizadas con la velocidad menor (2,74 km/h) se obtuvieron cantidades de depósitos superiores que a la velocidad mayor (6,57 km/h). Por otra parte, la variabilidad de los depósitos se incrementó con la velocidad de avance. Salyani; Whitney (1990)

Travis; Skroch; Sutton (1987a) observaron que con velocidades de 0,67 y 0,9 m/s se obtenía una cantidad media de depósitos totales, superiores a las logradas con 1,12 y 1,33 m/s. En este estudio aparece una clara separación entre las velocidades mayores y las menores y los autores lo atribuyen a que, para las condiciones señaladas, la velocidad crítica estaría ubicada entre 0,9 y 1,12 m/s.

Reichard; Fox; Brazee Hall (1979) determinaron que a medida que se incrementa la velocidad de avance y la distancia al pulverizador, decrece la velocidad del flujo de aire.

El flujo de aire del pulverizador se orienta hacia el blanco y en general en forma normal a la dirección de avance. Por tal razón es afectado en gran medida por el incremento de la velocidad de desplazamiento del pulverizador. Cuando esta es baja se incrementa la turbulencia y el tiempo de exposición de las hojas al flujo de aire, por lo cual mejora la penetración de la solución aplicada. (Hale 1978).

Este autor pudo simplificar la comparación entre condición de viento, flujo de aire y velocidad de avance, uniendo las últimas dos variables en el término m^3/m es decir, m^3 de flujo de aire por m de velocidad de avance. Recomienda una relación de 3,716 m^3/m para condiciones calmas considerando solo uno de los lados del pulverizador y 5,575 m^3/m para condiciones ventosas. Valores inferiores a los mencionados podrían inhibir el flujo de aire en la parte alta de los árboles de gran porte.

El flujo debe estar dotado de una cierta velocidad y turbulencia, de tal forma que tenga capacidad de transportar la pulverización al interior de la

copa, pero evitando superar una velocidad crítica, para permitir la adhesión de las gotas a la vegetación (Ade, 1986). Reichard et al. (1979) sostienen que no está disponible la información para determinar esa velocidad de flujo requerida en cada punto del árbol.

Sin embargo, Trefan (1985) sitúa la velocidad crítica del flujo de aire en 2 o 3 m/s y menciona que es una decisión de compromiso, pues si se aumenta la velocidad del flujo mejora la penetración pero se incrementan las pérdidas.

Por su parte, Antonin; Fellay (1976) afirman que las velocidades del flujo de aire medidas en laboratorio, deberían ser disminuidas en 3 m/s para que se correspondan a las condiciones de campo. Admite así que en los gráficos que muestran los perfiles aerodinámicos los puntos por debajo de 3 m/s deberían estar situados fuera de la zona de acción del ventilador

Randall (1971) mostró que la velocidad de flujo entregada por un pulverizador de alta velocidad y de bajo volumen, decrece a una tasa mucho mayor que aquellas de alto volumen. Por su parte Fox; Brazee; Svensson; Reichard (1992) enunciaron que el flujo producido por un ventilador tangencial mantiene su velocidad por mayor distancia que un ventilador de flujo axial.

Cunningham et al. (1998) indican que patrones de flujo de aire desuniformes en el árbol están relacionados con una cobertura heterogénea de los depósitos a través del follaje.

Reichard; Retzer; Liljeldahl, Hall (1977) citan a Ranz coincidiendo en que las gotas se rompen a un número de Weber igual o superior a 6,5. Los autores determinaron en una serie de boquillas evaluadas que todas presentaron un espectro con gotas más pequeño cuando se las ubica dentro de un flujo de aire.

Blandini, Schillaci (1994) observaron que se produce una división de gotas por efecto del flujo de aire cuando las boquillas están ubicadas dentro de su área de acción, en un pulverizador hidroneumático

Estos autores confirmaron además, que la corriente de aire en pulverizadores hidroneumáticos y neumáticos permite una mayor penetración en el interior de los árboles. No obstante, la asimetría propia de los perfiles aerodinámicos de estos pulverizadores incrementa la heterogeneidad de los depósitos de agroquímicos en los árboles.

Cerruto, Failla (1999) determinaron que el caudal de aire que permite obtener el mayor porcentaje de cobertura en naranjos es de 6,8 m³/s.

Val et al. (1994) observaron que la razón caudal de aire / tasa de aplicación en cítricos, que permitiría una mejor penetración es de 850 – 900 (m^3/h) / (L/min).

Cunningham et al. (1998) midieron la velocidad de aire a la salida del ventilador utilizando un anemómetro electrónico con el objeto de estimar el caudal de aire de un nuevo modelo de pulverizador para cítricos.

Pezzi et al. (2000) determinaron la velocidad del flujo de aire de un pulverizador con ventilador axial con un anemómetro de hélice, realizaron 7 mediciones cada 20 cm en altura

Holownicki et al. (2000) Compararon 3 pulverizadores con distintos tipos de descarga de aire, utilizando 6 anemómetros térmicos dispuestos cada 0,5 m de altura.

Balsari, Tamgnone (1998) evaluaron el efecto de distintos caudales de aire en viñedos, pero no mencionaron la metodología de estimación utilizada para la determinación del caudal de aire. Las velocidades de aire por delante y por detrás de la fila de plantas las determinaron con un anemómetro ultrasónico. Los mismos autores determinaron que serían necesarios entre 8.000 y 10.000 m^3/ha de aire por unidad de L.A.I.

Siegfried, Krebs, Raisigl (1990) determinaron que un pulverizador con un ventilador de flujo tangencial Holder Qu 41 posee una velocidad media calculada a la salida de 29,6 m/s y 40.000 m^3/h de caudal de aire. Por su parte Doruchowski; Svensson et al. (1996) informaron, para el mismo pulverizador caudales de aire de 30.000 m^3/ha y velocidades a la salida de 24 m/s y a 0,5 m de 19 m/s.

Los mismos autores sostienen que el pulverizador mencionado anteriormente es fácil de calibrar y se recomienda para plantaciones modernas de no más de 3 m de altura y con topografía plana. Aseguran que los pulverizadores hidroneumáticos tradicionales se adaptan más para una utilización polivalente.

4.6.2. Distribución de la aplicación

Hall (1997) afirma que la variabilidad de los depósitos reduce el efecto biológico, consecuentemente es de importancia encontrar estrategias para mejorar la uniformidad de los depósitos.

Kümmel; Göhlich; Westphal (1991) señalan la importancia de conocer la distribución vertical de los pulverizadores frutícolas asistidos por aire. Con estas máquinas la aplicación se realiza en dos fases, la gaseosa o flujo de aire, que es la encargada de transportar las gotas finamente divididas a todos

los sectores del árbol y la líquida que porta la dosis de principio activo del agroquímico.

En la Universidad de Berlín, Kümel et al. (1991) han desarrollado una metodología para evaluar el perfil de distribución de los pulverizadores frutícolas, para lo cual utilizan un banco vertical de lamelas. Esta metodología ha sido adoptada por otros centros de investigación europeos, encontrándose que la misma es muy adecuada para establecer criterios de calibración previos a la aplicación de los tratamientos fitosanitarios.

Holownicki et al. (2000) utilizaron un banco vertical para caracterizar 3 pulverizadores con distintos sistemas de descarga de aire. Los autores presentan los gráficos de distribución donde se puede observar el patrón característico del pulverizador hidroneumático tradicional, que distribuye el líquido en la parte baja del blanco en detrimento de las partes más alejadas del pulverizador.

Pezzi et al. (2000) utilizaron un banco vertical para caracterizar un pulverizador, expresando la distribución en porcentaje de líquido recogido por posición.

Un número importante de investigadores señala que los pulverizadores tradicionales depositan una cantidad significativamente mayor de agroquímicos en la parte externa de los árboles en comparación con la parte interna de los mismos. Del mismo modo la cantidad de depósitos es mayor en la parte baja de los árboles y disminuyen con la altura de los mismos (Juste et al. 1990; Cunningham et al. 1998; Val et al. 1994; Whitney et al. 1991; Cross et al. 2001a).

Doruchowski; Svensson et al. (1996) observaron menores depósitos a medida que se aleja del punto de emisión del pulverizador. Byers et al. (1984) reportaron mayores depósitos medios a medida que decreció la altura del árbol.

4.7. Evaluación de la aplicación de agroquímicos

4.7.1. Evaluación biológica

La mortalidad y el daño no son medidas equivalentes de evaluación en protección de cultivos. Una alta mortalidad en un control tardío puede resultar en severos daños, sin embargo una reducida mortalidad en un control temprano resultan en una mejor protección del cultivo (Ebert, Taylor, Downer, Hall 1999).

Heijne; Van Hermon; Smelt; Huijsmans (1993) evaluaron el control de *Podosphaera leucomyces* y *Venturia inaequalis* en manzanos utilizando dos modelos de túnel y un pulverizador con ventilador tangencial. Concluyeron que el túnel con boquillas centrífugas fue menos eficiente en el control de las enfermedades

Hogmire; Diener; Crim (1991) realizaron controles con insecticidas y funguicidas durante una temporada con el objeto de evaluar dos modelos de pulverizadores. Determinaron el número de hojas con *Aphis pommi*, además del daño de *Cydia pomonella* (L.), *Platymote idaeusalis*, *Venturia inaequalis*; *Glocodes pomigena*; *Microthyniella rubi*

Cross; Berril (1990) evaluaron tasas de aplicación desde 50L/ha a 500 L/ha en manzanos cv Cox, a través del resultado biológico a campo del control de plagas y enfermedades y de la acción de reguladores de crecimiento y aplicaciones foliares de nutrientes.

Baraldi et al. (1984) estudiaron tasas de aplicación desde 50 hasta 1760 L/ha. Obtuvieron buen control de *Venturia inaequalis* con Ultra Bajo Volumen (ULV) 50-100 L/ha y Bajo Volumen (LV) 210-250 L/ha a dosis normal. Observaron que para *Panonychus ulmi* la reducción de dosis y tasa de aplicación, trajo aparejada una disminución del control.

Fisher; Menzies; Herne; Chiba (1974) realizaron bioensayos utilizando concentraciones de dicofol WP de 2, 8 y 32 g/L y pulverizando espectros de gotas precisamente controladas en número y diámetro, con el objeto de determinar cuales de estos factores afectan en mayor medida la mortalidad de *Panonychus ulmi*. Pudieron determinar que, con gotas menores a 200 μm y 2 u 8 g/L de dicofol, no se obtiene una mejor eficiencia de control incrementando la densidad de gotas.

Hall; Reichard (1978) afirmaron que considerando constante la dosis y la concentración, el tamaño de gota tiene poco efecto sobre la mortalidad de *Tetranychus urticae*.

Munthali; Scopes (1982) estudiaron la relación entre número de gotas, tamaño y concentración de Dicofol sobre la mortalidad de los huevos de *Tetranychus urticae*. El valor de LD 50 decrece con la reducción del tamaño de gota y la concentración.

Fisher, Menzies (1976) detectaron que las larvas de *Grapholita molesta* alcanzan un estado convulsivo en un tiempo inversamente proporcional al número de gotas utilizando Carbaryl 50% WP a una concentración de 2g/L.

Alm, Reichard, Hall (1987) analizando la reducción de la deposición de huevos de *Tetranychus urticae* utilizando Bifentrin a 0,18 g (IA)/L detectaron los mejores resultados con 41 gotas/cm² de 120 µm o 18 gotas/cm² de 200 µm; no obstante atribuye los mejores resultados a las gotas de 120 µm.

Alm, Reichard, Williams, Hall (1989) determinaron un 90% de mortalidad de *Endopiza viteana* con 34,4 gotas/cm² de 120 µm o 14,8 gotas/cm² de 200 µm utilizando 4,03 g (IA)/L de Fenonpropatrin.

Cross et al. (2001a) afirmaron que el efecto de la cobertura sobre la eficacia del control de plagas y enfermedades, no ha sido determinado aún, propone la realización de ensayos de laboratorio o bioensayos a campo que deberían ser desarrollados con este fin.

Cross et al. (2001b) evaluaron tres DVM (156; 198 y 237 µm) y concluyeron en que el tamaño de gotas no afecta significativamente la calidad de distribución en manzanos utilizando pulverizadores hidroneumáticos tradicionales. Destacan que si bien, las gotas finas tendrían una mayor eficiencia biológica (al menos teóricamente), las gotas de mayor diámetro permitirían disminuir las pérdidas por deriva.

El tamaño de gotas adecuado para el control de insecto es uno de los conceptos más importantes en la técnica de aplicación de agroquímicos pero es además, el más controvertido. Himel (1969)

4.7.2. Evaluación química

Un trazante es una sustancia usada para marcar el curso de un proceso. Claramente éste puede ser el ingrediente activo en una mezcla de plaguicidas o un químico seleccionado para imitar el plaguicida (Cooke et al. 1993).

La importancia de trabajar con trazantes fluorescentes se sustenta en que se utiliza directamente sobre blancos naturales. El único inconveniente sería el transporte de material vegetal al laboratorio para su posterior análisis (Cowell et al. 1988).

La fluorescencia ocurre cuando una molécula es excitada por una irradiación de onda corta, como la luz ultravioleta, absorbe un fotón y entonces alcanza un nivel de energía alto e inestable. Al retornar a un nivel de energía estable es acompañada por la emisión de un fotón a diferentes longitudes de onda de la fuente de excitación. Este comportamiento es importante en la evaluación de aplicaciones de agroquímicos ya que pueden ser detectadas cantidades extremadamente pequeñas del trazante (Cooke et al. 1993).

El mismo autor citando a Yates y Akes, menciona las siguientes ventajas del uso de trazantes fluorescentes:

- Alta sensibilidad, mediciones por debajo de 0,01µg.
- Análisis cuantitativos rápidos.
- Solubilidad en mezclas de plaguicidas con una mínima modificación física y bajo efecto sobre la pulverización y evaporación de gotas.
- Propiedades distintivas que permiten diferenciarlas de los fondos o sustancias naturales.
- Concentración estable y predecible relacionada a las condiciones ocurridas durante el ensayo.
- Costo moderado
- No tóxicas.

La Brilliant Sulfoflavina (BSF) es resistente a la foto degradación, es posible recuperar el 90% a las 24 horas de aplicada, con una radiación media de 900w/m². Citan además que posee baja toxicidad, pero se desconocen los efectos a largo plazo de los depósitos sobre la fruta (Sollanelles; Fillat; Pifarré; Planas 1996).

Planas et al. (1997) reportaron alta foto estabilidad de la BSF en condiciones de campo. Aseguran que la solubilidad de este compuesto es buena hasta 1,5 g/L y que la dosis adecuada para una correcta sensibilidad en la determinación de deriva es de 500 g/ha.

Hall; Kirchner; Downer (1993) evaluaron ocho trazantes fluorescentes (Uvitex EC; Uvitex OB; Tinopal; Keyacid Red; Rhodamina WT ; Rhodamina B; Rodhamina BEX; BSF). Determinaron la degradación a la luz y en la oscuridad; en 100 minutos y almacenados durante 41-45 días y en distintas condiciones (congelado, a la luz, en la oscuridad, en papeles de filtro, cordones). La BSF mostró las mejores condiciones en todos los casos.

Smelt; Smidt; Huijsman (1993) compararon la cantidad de depósitos de BSF con las del fungicida Captan. El nivel de depósitos sobre las hojas y la distribución de los mismos fueron idénticos.

Cooke et al. (1993) afirmaron que la BSF tiene propiedades adecuadas y que da una excelente correlación entre cobertura, trazante y el insecticida tetradifon con la utilización de captadores artificiales sobre alfalfa.

Muchas de las evaluaciones recientes en aplicación de agroquímicos optan por BSF debido a las excelentes condiciones de este colorante que permiten disminuir la variabilidad de los resultados (Pezzi et al. 1999; Huijsmans et al. 1993; Smith et al. 2000; Pergher, Gubiani, 1995).

La dosis de utilización de la BSF es variable, aunque algunos autores expresan sólo la concentración. La concentración más citada en la bibliografía es de 2g/L (Pezzi et al. 1999; Solanelles et al. 1996). No obstante se citan otras concentraciones como 3g/L (Smith et al. 2000).

Diferentes autores utilizaron el trazante denominado Natrisol sódico o fluoresceína sódica para evaluar la distribución de los depósitos sobre el cultivo (Hislop; Western, 1993; May et al. 1993; Doruchowski; Svensson et al. 1996; Holownicki et al. 1998; Holownicki et al. 2000)

Cooke et al. (1993) informaron que la fluoresceína sódica es barata, está disponible y es relativamente inocua. Se expresa la fluorescencia en ambiente acuoso alcalino o neutro pero no en estado seco. Posee el inconveniente que es altamente removible del blanco en estado seco y es muy fotodegradable.

Salyani (1993) observó que los depósitos de Basony Red 485; Eosina OJ y Tinopal CBS-X se degradan fuertemente por acción de la radiación solar.

Palladini (2000) desarrolló una metodología de validación cuali – cuantitativa de aplicación de agroquímicos con el uso de sustancias trazadoras, con posibilidad de variar la tensión superficial de la solución. Utilizó los colorantes Yellow Saturn y Azul Brillante.

Varios autores citan la utilización de colorantes fluorescentes de la industria alimenticia como trazantes (Peterson et al. 1994; Balsari et al. 1998; Hayden; Ayers; Grafius; Hayden, 1990; Pergher et al. 2000; Cross et al. 2001a 2001b 2003).

Un trazante fluorescente ampliamente citado en la literatura es el Helios 500sc (Cunningham et al. 1998; Cunningham et al. 1999).

Se registran una serie de antecedentes sobre el uso de metales y sales metálicas como trazantes para la evaluación de aplicaciones de agroquímicos (Cooke et al. 1993; Travis et al. 1987a; Travis et al. 1987b; Pezzi et al. 2000; Cross et al. 2001a 2001b 2003).

Byers et al. (1984); Juste et al. (1990); Hogmire et al. (1991); Salyani et al. (1989) Van Ee et al. (1987); Whitney et al. (1991); Salyani et al. (1990) y Salyani et al. (1996) utilizaron cobre como trazante.

Salyani, Whitney (1988) correlacionaron los depósitos de Rhodamina B y cobre utilizados como trazantes con el objeto de evaluar métodos colorimétricos y fluorimétricos. Concluyendo que ambas metodologías fueron adecuadas.

Otros productos utilizados como trazantes son las sales ionizables que luego son extraídas con agua destilada y evaluadas con un conductímetro (Cooke et al. 1993).

Trefan (1985) menciona que una aplicación con un coeficiente de variación de los depósitos menor a 40% puede considerarse homogénea entre 40-60% discreta y mayor al 60% heterogénea. Sin embargo advierte que el coeficiente de variación dependerá de la metodología de evaluación y del trazante utilizado

Las hojas, son los elementos comúnmente utilizados como blanco de observación en las evaluaciones de aplicación de agroquímicos en árboles frutales. Los motivos de esta elección se basan en que constituyen el porcentaje vegetal más elevado dentro del blanco de aplicación, en forma comparativa con ramas y frutos, además de ser los órganos vegetales más utilizados por las plagas fitófagas para su alimentación y refugio.

Con respecto a las posiciones de muestreo, existen coincidencias en tomar 2 o 3 estaciones de muestreo en altura y dos estaciones de muestreo en profundidad en el árbol (externa e interna). Sin embargo, no existe un criterio unificado sobre las alturas exactas de muestreo, ya que este criterio se adopta de acuerdo a de la altura y porte de los árboles.

Existen criterios dispares al definir cual es el número de hojas que constituyen una muestra estadísticamente representativa.

Chiba (1973) estudió el número de hojas que constituyen una muestra adecuada en durazneros. Debido a que la variabilidad de los depósitos en la parte alta e interna es mayor, en este sector se necesitarían de 51 a 126 hojas, y en la parte baja serían suficientes 39 hojas.

Pezzi et al. (1999) colecta 5 hojas por posición. Huijsmans et al. (1993) toma 50 hojas por árbol tomando 5 hojas de 10 posiciones distintas. Cunningham et al. (1999) hicieron un muestreo de 18 posiciones diferentes en cítricos, tomando 3 hojas y 4 frutos por posición. Cunningham et al. (1998) recogieron una hoja de 18 posiciones de 21 árboles diferentes.

Juste et al. (1990) dividieron los árboles de naranjas en 13 posiciones y tomaron 25 hojas por posición. Whitney et al. (1991), Salyani et al. (1990) tomaron de 3 a 5 hojas de 18 posiciones..

Hogmire et al. (1991) extrajeron 30 hojas al azar de la parte interna y externa del árbol. Byers et al. (1984) tomó 25 hojas al azar por árbol para estimar depósitos medios.

Cross et al. (2001a, 2001b, 2003) cosecharon 25 hojas y 25 frutos de 6 posiciones, para observar la distribución del producto en el árbol. Recogieron además, 4 muestras de 50 hojas tomadas al azar, para estudiar la variabilidad entre hojas individuales

Peterson et al. (1994) tomaron 20 hojas de cuatro posiciones en los árboles, 80 en total. La muestra consistió en discos de 2,54 cm de diámetro tomados del centro de las mismas. Del mismo modo Fillat et al. (1994) tomaron 20 hojas por posición. Salyani et al. (1989) colectaron 48 hojas de 16 posiciones en naranjos.

4.7.3. Evaluación Física

Cooke et al. (1993) afirmaron que el primer producto usado masivamente para la evaluación física de una pulverización fue la negrosina citada por Hebbleth Waite en 1956 y Johnstone en 1960. Este autor continúa citando a Higgins que en 1967 utilizó Sudan black como colorante y papel kromecote como captador. El autor determinó el factor de expansión evaluando la impronta de gotas sobre vidrios cubiertos con óxido de magnesio. Skoog, Cowan (1969) también utilizaron Sudan black como trazante.

Staniland (1959) ya mencionaba una serie de trazantes fluorescentes con posibilidad de ser utilizados en la evaluación física de aplicaciones de agroquímicos y de deriva. Entre otros sobresalían: Yellow saturns, Fire orange, Signal green, Fluorescein extra, Rhodamine; Lissamine, Tinopal, etc.

Gil Sierra, Ortiz-Cañavate, Riquelme Sanhueza (1998) para evaluar la distribución de un pulverizador neumático utilizaron el colorante negro Dylon N°12 y captadores de papel plastificado pulverizado con siliconas. La imagen fotográfica fue evaluada con un analizador de imagen Optomax V.

Cerruto, D'amico, Failla, Schilaci (1998); Cerruto et al. (1999) Blandini et al. (1994) utilizaron tiras de PVC blancas pulverizadas con siliconas como captadores para evaluar un pulverizador hidroneumático en cítricos. Como trazante utilizaron un fertilizante compuesto de NK138Fe. Estos autores evaluaron porcentaje de área cubierta, número de impactos (n) y diámetro aritmético (da), estableciendo relaciones de estos parámetros en ambas caras de las hojas.

Juste et al. (1990); Val et al. (1994) Molto et al. (2000) Molto et al. (2001) utilizaron piezas de PVC blancas recubiertas con vaselina como captadores. Éstas fueron pulverizadas con una concentración de 2 – 2,5 % de quelato de hierro que le confiere a la solución una fuerte coloración rojiza. Los dispositivos fueron fotografiados y evaluados con un analizador de imagen.

Val et al. (1994) informaron que la colocación de 6 captadores por posición fue insuficiente debido a la gran variabilidad entre zonas y entre muestras. Estos autores consideran 20% de la cobertura como mínima razonable.

Varios autores utilizaron trazantes fluorescentes con el objeto de analizar la distribución física de la pulverización. Alm et al. (1987) evaluaron el número de impactos bajo luz UV, utilizando el trazante fluorescente Uvitex (Ciba Geigy).

Menzies, Fisher (1979) utilizaron el producto fluorescente fire orange para evaluar el efecto de la variación del diámetro volumétrico mediano (DVM) y de la tasa de aplicación, sobre la distribución de la pulverización en árboles de manzanos cv Mc Intosh. Con este objetivo observaron las hojas bajo luz UV y propusieron una escala visual de 1 a 10, donde a los valores superiores a 7 los consideran sobre aplicación y a los menores a 4 sub aplicación.

Burt, Smith (1974) utilizaron los trazantes fluorescentes Fluorar 7GA y Brilliant oil Blue, mezclados con Metil Azinfos, para facilitar las mediciones del tamaño de los impactos sobre papel de Kromekote.

El papel de kromekote fue utilizado ampliamente para estudiar la distribución, penetración y propiedades físicas de la formulación de distintos agroquímicos (Sundaram, Sundaram, Leung, 1991; Skoog et al. 1968).

Parkin (1993) citando a Turner y Huntingdon, 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 producen una impronta azul que se diferencia del fondo amarillo. Con esta técnica se podrían captar gotas tan pequeñas como 10 μm .

(Parkin, 1993). Salyani, Fox (1999) reportan que los inconvenientes que se presentan en el manejo de los papeles hidrosensibles son fundamentalmente las impresiones digitales de los manipuladores y la humedad relativa ambiente elevada. Tienen además, inconvenientes para trabajar con tasas elevadas ya que comienzan a cubrirse con improntas que se superponen y las gotas no pueden ser medidas.

Cooke et al.(1993) informan que los papeles hidrosensibles aparecen a instancia de un trabajo de Turner y Huntingdon en 1970, quienes cubrieron papeles fotográficos con una solución de Bromofenol azul en acetona y Tolueno. En su forma no ionizada el trazante es amarillo pero en contacto con agua se torna azul. La desventaja de los papeles hidrosensibles es que no

pueden ser protegidos de accidentes en contacto con agua. Sin embargo, ellos tienen la gran ventaja que la impronta puede ser relacionada al tamaño de gota, sin embargo la relación es no lineal y las gotas menores de 25 μm de diámetro a menudo no producen impronta por su rápida evaporación.

Parkin (1993) menciona que el método fue mejorado y adaptado para la producción masiva por Ciba Geigy en 1985, que desarrolló comercialmente los papeles para trabajar con alta humedad relativa. El papel hidrosensible ha sido utilizado ampliamente desde su creación básicamente para evaluaciones cualitativas y ocasionalmente como una herramienta para evaluar el tamaño de gota.

Moltó et al. (1999) utilizaron papeles hidrosensibles para identificar cobertura y uniformidad sobre olivos y cítricos. Los papeles fueron evaluados por método visual a través de tres expertos. Se utilizó una escala de valoración; menor de 5% = nada de cobertura; entre 5 y 30% = pobre cobertura; entre 30 y 80% = buena cobertura; más de 80% = excesiva cobertura.

Lavers et al. (1988) utilizaron papeles hidrosensibles para evaluar la distribución de un pulverizador asistido por aire con boquillas hidráulicas y centrifugas. Los papeles fueron procesados utilizando un analizador Optomax. La variable de respuesta fue porcentaje de área cubierta. Bovolenta et al. (1997) utilizaron los papeles con el mismo fin, pero la evaluación se realizó digitalizando la imagen con un Scanner y analizando la cobertura con un programa específico.

Du Puy; Marchand; Pelossier (1985) utilizaron papeles hidrosensibles para evaluar un tratamiento aéreo de bajo y ultra bajo volumen. Observaron diámetro aritmético (d_a), diámetro volumétrico (d_v), coeficiente de homogeneidad (DVM/d_a) y (n/cm^2). Para el análisis de imagen se utilizó el equipo Quantimet 900 de Cambridge Inst.

Cross et al. (2001a 2001b 2003) digitalizaron la imagen de papeles hidrosensibles con un escáner y luego lo analizaron usando el programa para análisis de imágenes NIH (NIH – image, US National Institutes of Health)

Pezzi et al. (2000) digitalizaron los papeles hidrosensibles con un escáner y lo analizaron con el programa Ofoto 1.1. Estos autores observaron que si bien las mayores velocidades de aire producen menor cobertura sobre papeles hidrosensibles, la turbulencia provocada por las velocidades de aire más elevadas permiten obtener mayor cobertura de la cara menos expuesta y mejorar la penetración en el interior de la planta

Cross et al. (2001a) Observaron la distribución sobre papeles hidrosensibles, con 3 caudales de aplicación, 3,8; 11 y 29 l/min manteniendo la velocidad de avance constante a 5,8 km/h y el DVM en 157 μ m aproximadamente.

Los porcentajes de cobertura determinados fueron 48,4; 22,4 y 5,7 % en el primer ensayo y 37,6; 19,9 y 3,8 % en el segundo ensayo para el alto, medio y bajo caudal respectivamente

Los mismos autores reportaron diferencias importantes de cobertura entre la cara superior e inferior de las hojas, sobre papeles hidrosensibles. Esta diferencia fue de 14 veces a 2/3 de la altura total del árbol y solo de 2,5 a 3 veces en el 1/3 inferior. Atribuyen este comportamiento al ángulo de aplicación de los pulverizadores hidroneumáticos tradicionales.

Hill; Inaba (1989) Detectan que la eficiencia de captación de los papeles hidrosensibles en aplicaciones aéreas fue del 91 %. Confirman que los papeles hidrosensibles permiten la obtención de una excelente imagen para la estimación visual de depósitos de pulverización. Los mismos autores afirman que el número de improntas por cm² es un buen indicador de la cantidad de insecticida depositado sobre las hojas. Recomiendan el uso de esta herramienta par la evaluación de aplicación aérea.

Salyani et al. (1999) evaluaron tres pulverizadores, con diferentes tasas de aplicación en árboles de naranjos, utilizando papeles hidrosensibles y oleosensibles. Se analizó porcentaje de área cubierta; n; da; dv y diámetro volumétrico mediano (DVM). Las imágenes se digitalizaron a 720 x 480 pixel. Para el análisis se utilizó un programa de imagen EPIX 4MIP, asumiendo que las improntas eran circulares. Observaron una variación significativa de los patrones de distribución entre repeticiones, asociado a la colocación de los papeles en el árbol.

Los autores determinaron el coeficiente de expansión (CE) en papeles hidrosensibles a través del desarrollo de la siguiente expresión:

$$Dg = 0,95 \cdot D_s^{0,910}$$

$$CE = Di / Dg$$

Donde:

Di = diámetro de impronta (μ m)

Dg = diámetro de gota (μ m)

Concluyeron que los papeles hidrosensibles tienen un uso limitado con elevadas tasas de aplicación y que el parámetro más confiable para evaluar

aplicaciones de agroquímicos con esta herramienta es el porcentaje de área cubierta.

Cerruto et al. (1998) afirmaron que los papeles hidrosensibles aumentan la superficie cubierta 5 veces. Esto transforma en inutilizables para tratamientos superiores a 400-600 L/ha.

Baraldi et al. (1986) utilizaron papeles hidrosensibles doblados sobre el peciolo de las hojas para evaluar el número de impactos producidos por un pulverizador hidroneumático tradicional y uno modificado para acercar la emisión a la planta.

Giles et al. (1989) usaron papeles hidrosensibles para evaluar la distribución en árboles de duraznos. Colocaron 15 papeles por posición y se valieron de un colorímetro para evaluar la deposición.

4.8. Pérdidas por exoderiva y endoderiva.

Matthews (2000) citando a Himel define a la porción de pulverización que se pierde en el suelo como "endoderiva" y al producto que se deposita fuera del área tratada lo llama "exoderiva".

En perales y manzanos existe un conflicto entre uniformidad de depósitos en los árboles y reducción de la contaminación por exoderiva,. Usualmente, si la penetración se mejora incrementando el transporte de la pulverización, la deriva o las pérdidas totales se incrementan (Planas; Solanelles; Fillat; 1998).

Burt et al. (1974) demostraron que es necesario aplicar gotas mayores de 140 μm para obtener un control razonable de la deriva.

Byass; Charlton (1964) realizaron una de las primeras evaluaciones de deriva en manzanos, utilizando como trazante negrosina, que fue determinada por colorimetría. Se utilizó además el trazante fluorescente sal 3S que fue evaluada en forma visual bajo luz UV y DDT para la determinación de exoderiva en áreas vecinas. Los trazantes fueron capturados sobre hojas, vidrios y un impactador. Se concluye que con viento suave la deriva no alcanza más allá de las primeras dos filas distanciadas a 6,3 m entre ellas.

Planas, Pons (1991) evaluaron un pulverizador hidroneumático con tres tasas de aplicación (100; 400 y 1.600 L/ha) y le adjudicaron las pérdidas por endoderiva al arrastre del flujo de aire más que a la escorrentía de las hojas, en ningún caso estas pérdidas superaron el 2% del total. Las pérdidas por exoderiva fueron significativas con valores de 23 al 45,4% éste último caso para la menor tasa de aplicación.

Huijsmans, et al. (1993) observaron que un pulverizador con ventilador tangencial presentaba mayores pérdidas por endo y exoderiva que un pulverizador de túnel. Heijne et al. (1996) reportaron una disminución de la exoderiva del 80% con el uso de túnel con respecto a un pulverizador tangencial.

Doruchowski; Holownicki; Godyn (1996) evaluaron tres pulverizadores en huertos de manzanos de porte controlado:

- a) Hidroneumática tradicional
- b) De flujo transversal con ventiladores tangenciales;
- c) De flujo convergente.

Se observó que los mayores depósitos sobre los árboles los producen los pulverizadores de flujo transversal y los de flujo convergente. Con 25 m/s y 27.000 m³/h de velocidad de salida y caudal respectivamente para el primer caso y 30 m/s y 8000 m³/h para el segundo.

En este ensayo se determinó que la aplicación con el pulverizador de flujo transversal presentó mayores pérdidas de producto en el suelo que el de flujo convergente. Por su parte el pulverizador convencional presentó las mayores pérdidas por exoderiva detrás de los árboles.

Holownicki et al. (2000) compararon tres pulverizadores con ventiladores de flujo axial, pero con distinta descarga de aire en huertos de manzanos de porte controlado:

- a) Hidroneumática tradicional
- b) Flujo transversal orientado 12° hacia atrás
- c) Flujo convergente, orientado 20 y 40 ° hacia atrás

Afirman que el pulverizador de flujo convergente dispuesto 20 ° hacia atrás pierde menos producto por exo y endoderiva y permite la obtención de mayores niveles de depósito en los árboles. Sin embargo el mismo pulverizador dispuesto 40 ° hacia atrás produce mayores niveles de pérdidas por exo y endoderiva.

Fox; Brazee; Reichard, Hall (1990) evaluaron la endo y exoderiva sobre manzanos de alta densidad aplicando con un pulverizador hidroneumático tradicional. Utilizaron el trazante fluorescente Uvitex y colectores de plástico para evaluar los depósitos en el suelo. Para determinar la exoderiva se utilizaron distintos tipos de captadores (sogas, botellas, muestreadores volumétricos).

Pergher et al. (1995) evaluando un pulverizador hidroneumático tradicional en viñedos observaron que a medida que aumenta la tasa de

aplicación y el caudal de aire del ventilador, aumentan las pérdidas por deriva y disminuyen los depósitos sobre las hojas.

Huijmans et al. 1993 reportan que las pérdidas por endoderiva de un pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales, alcanzaron al 8% del total pulverizado y 4,2% por exoderiva. En el caso del túnel las pérdidas fueron de 0,6% a 4,7% por endoderiva y 0,9 a 2,8% por exoderiva. Estos autores utilizaron BSF como trazante y colectores de esponja y de algodón para recoger las pérdidas en el suelo y papeles de filtro para evaluar la exoderiva.

Fox et al. (1993) no observaron diferencias en pérdidas en el suelo entre un pulverizador hidroneumático tradicional y uno de flujo transversal con ventiladores tangenciales. Sin embargo, las pérdidas son menores para el pulverizador con ventiladores tangenciales, a partir de 3 m de altura y a medida que se incrementa la distancia al pulverizador,

La BSF por su resistencia a la fotodegradación, como ya fue señalado en párrafos anteriores, ha sido utilizada en una serie de investigaciones. (Goering; Buther 1975)

Otro colorante fluorescente comúnmente utilizado para evaluar exoderiva fue la Rodamina B (Goering et al 1975)

Existe un número importante de citas bibliográficas que reportan el uso de dispositivos de algodón denominados "pipe cleaners" o limpiadores de pipa (PC) como captadores para la evaluación de exoderiva (May et al, 1993).

Miller (1993) informa que las características ideales requeridas por los colectores de deriva son:

- Alta eficiencia de captación de pequeñas gotas a una relativamente baja velocidad de aire
- Área o volumen definido
- Facilidad para capturar, recuperar y cuantificar el producto derivado
- Fácilmente manipulable en condiciones de campo
- Costo razonable
- Capacidad para coleccionar un adecuado volumen antes de saturación.

Este autor presenta una revisión bibliográfica sobre distintos tipos de captadores pasivos de deriva y le adjudica a los PC las siguientes características:

- Alta eficiencia de colección
- Dificultad para definir área de colección adecuadamente
- Utilidad para estudios comparativos

- Discreta capacidad de captación
- Buena absorción
- Facilidad de uso en experimentos en campo

Miller, Walklate, Mawer (1989) señalaron que una de las mayores dificultades en los captadores, y fundamentalmente en los PC, es la dificultad para definir la superficie de captación. Sumado a este aspecto, la forma y pilosidad de la superficie de estos captadores hacen que varíen las condiciones de aire circundante a los mismos.

Estos autores, informan que la eficiencia de colección de los captadores pasivos es siempre inferior al 50%.

Solanelles et al. (1996) afirman que los PC son colectores adecuados para evaluar exoderiva, debido a que tienen buena eficiencia de colección y baja variación de los depósitos. Continúan diciendo que los PC son fácilmente manipulables a campo. La BSF se extrae totalmente aún una semana después de aplicada. Pezzi et al. (1999) utilizaron estos captadores detrás de la planta hasta 10 m de alto en forma continua.

Planas et al. (1997) justificaron la elección de los PC para la evaluación de deriva por su alta capacidad de saturación. Aseguraron que la capacidad de captación de los colectores plásticos, es superior a la de los PC por debajo de 5 m/s de velocidad de aire, es decir que serían más apropiados para evaluar endoderiva. No obstante el autor utiliza PC a los fines comparativos.

Numerosos autores citan la utilización de papeles de filtro de distintas dimensiones como captadores de pérdidas por endoderiva, aunque en menor medida también son utilizados como captadores de exoderiva (Cunningham et al. 1998; Cunningham et al. 1999; Fillat et al. 1994; Baraldi et al. 1986).

Para la evaluación de endoderiva es frecuente el uso de colectores plásticos circulares. (Fillat et al. 1994).

Holownicki et al. (1998) para evaluar la pérdida con distintos modelos de pulverizadores frutícolas dispusieron papeles de filtro en el suelo. Del mismo modo sobre un mástil que montaron detrás de las plantas colocaron papeles de filtro cada 0,5m hasta 4m de altura. Concluyeron que el direccionamiento del aire a 110° con respecto a la dirección de avance mejora la cantidad de depósitos y no produce mayores pérdidas. Sin embargo la orientación de 130° incrementó las pérdidas y disminuyó la cantidad de depósitos sobre las hojas. Observaron además que los pulverizadores tradicionales pueden utilizarse en algunas condiciones de cultivo sin

incrementar las pérdidas y manteniendo la cantidad de depósitos sobre el blanco.

Cross (1991) utilizó cepillos cilíndricos de material plástico para evaluar la deriva provocada por un pulverizador hidroneumático tradicional con la variación de la tasa de aplicación, tipo de boquillas régimen del ventilador. Se utilizaron como trazantes los colorantes Lissamire Green y Orange G que fueron analizados por espectrometría. El autor concluye que estos pulverizadores no son aptos para las modernas plantaciones intensivas de frutales.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Caracterización del blanco biológico

Descripción del cultivo

El huerto sobre el que se realizaron las Evaluaciones está ubicado en la localidad de J. J. Gómez provincia de Río Negro, Argentina. Dicho huerto se encuentra a 240 m sobre el nivel del mar, a una latitud sur de 39° 01' y una longitud de 67 ° 40' Oeste.

- Especie: Manzano (*Malus domestica*, Borkh)
- Cultivar: Red Delicious
- Edad: 20 años
- Patrón: Franco
- Sistema de conducción: Palmeta de brazos oblicuos, apoyada en una estructura de postes y alambres (espaldera)
- Distanciamiento entre filas: 4 metros
- Distanciamiento en la fila 4 metros
- Número de árboles por hectárea: 625
- Altura promedio de los árboles: 4,6 metros
- Ancho promedio: 2,25 metros

El control de *Cydia pomonella* (L.) se realizó con el método de confusión sexual, a través del uso de difusores de feromonas. Sólo se intervino con agroquímicos cuando la población superaba el nivel económico de daño. La última aplicación de agroquímicos había sido realizada el 20 de diciembre de 2000, utilizando el fosforado Metil Azinfos. Es decir que al momento de realizar la aplicación para evaluar la eficiencia de control, el huerto llevaba 35 días libre de toda aplicación de agroquímicos.

No obstante tener baja densidad de plantas y una altura excesiva, se optó por este huerto porque el poder residual de una aplicación anterior no interferiría con los resultados de la prueba biológica realizada. Todas las evaluaciones consideraron una altura efectiva del huerto de 3 m para indagar sobre la prestación de los equipos dentro de un rango de alturas compatibles con las modernas plantaciones

5.1.1. Análisis de área foliar

Para evaluar el área foliar de los árboles utilizados como blanco en los ensayos de distribución química y física, pérdidas y control biológico, se

ajustaron las metodologías de estimación detalladas en los puntos 5.1.1.1. y 5.1.1.2.

Con el objetivo de reducir el error experimental y con la hipótesis que el L.A.I. y la porosidad de cada uno de los árboles puede afectar los depósitos en las distintas posiciones, se realizó un estudio tentativo empleando estos valores como covariables en el análisis.

5.1.1.1. Relación entre el peso y el área de las hojas.

Se extrajeron 300 hojas por árbol: 150 de la parte baja y 150 de la parte alta. De cada altura se extrajeron 75 hojas de la parte interna y 75 de la externa. El área de las hojas se midió con un analizador de área Li-Cor Modelo LI 3100 y se pesó con una balanza de precisión con una sensibilidad de 0,01g. A continuación se determinó el peso y el área promedio de las hojas de cada árbol.

Por otra parte, se cosecharon todas las hojas de cada uno de los árboles objetivo considerando 3 niveles: 0 a 1 m; 1 a 2 m; 2 a 3 m. El total de hojas de cada nivel fue pesado con una balanza de 1 g de precisión.

Se estimó el índice de área foliar (L.A.I) analizando la relación en cada árbol del área (expresada en cm^2) por gramo de hoja y el peso total de las hojas por niveles (Fillat et al. 1994).

5.1.1.2. Análisis de imagen de los árboles frutales

Se utilizó el método de Planas et al. (1997) modificado. A cada árbol objetivo se le colocó detrás una tela blanca para mejorar el contraste y se le tomaron fotografías con una regla de referencia para facilitar su análisis posterior (figura 2).

Las fotografías fueron digitalizadas a 2400 ppi utilizando un Scanner AGFA SNAPSCAN 600. Con el programa Matrox Inspector 3.0 se analizó el porcentaje de superficie ocupado por masa foliar que no permite el pasaje de luz. Es decir, la capacidad de un árbol para interceptar la pulverización y evitar la exoderiva hacia las filas posteriores. A este valor, obtenido del análisis de la superficie ocupada por masa foliar, se le llamó "porosidad del árbol" Por (%).

La porosidad de los árboles se analizó diferenciando, como en el caso anterior, 3 niveles: 0 a 1 m; 1 a 2 m; 2 a 3 m.



Figura 2: Fotografía de un árbol para la evaluación de la porosidad (Por)

5.1.2. Volumen de la fila de árboles

Para la determinación del volumen de la fila de árboles se utilizó la siguiente expresión (Sutton et al. 1984):

$$TRV = \frac{10.000 \text{ m}^2/\text{ha} \times H \text{ (m)} \times E \text{ (m)}}{A \text{ (m)}}$$

Donde:

- TRV = Volumen de la fila de árboles (m^3/ha)
- H = Altura promedio de los árboles (m)
- E = Ancho promedio de los árboles (m)
- A = Distancia entre filas (m)

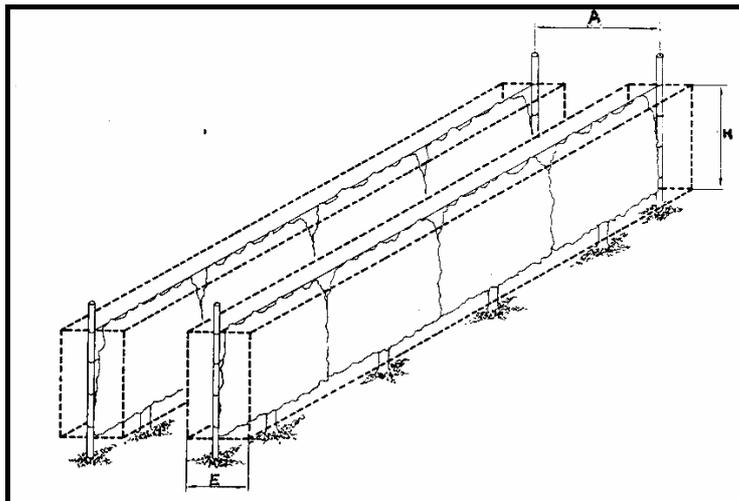


Figura 3: Esquema del huerto para el cálculo del volumen de la fila de árboles

Por lo expresado en el punto 5.1 se estableció como altura efectiva 3 m. Para determinar el ancho promedio de los árboles y la distancia entre filas, se realizaron 3 mediciones por parcela, es decir un total de 48 mediciones. Las mediciones se realizaron con una cinta métrica de 10 m. Para determinar el volumen de las filas de árboles se tomaron los valores promedio. La distancia entre filas promedio es de 4 m y el ancho 2,25 m

El valor del TRV calculado fue de 16.875 m³/ha

5.1.2.1. Tasa de aplicación de referencia

La tasa de aplicación de referencia (D), surge del siguiente producto:

$$D (L/ha) = TRV (m^3/ha) \times 0,0937 L/m^3 \text{ (Cichón et al. 1992)}$$

Por lo tanto, la tasa de aplicación de referencia fue estimada en 1581 L/ha.

5.2. Características de los pulverizadores

5.2.1. Descripción de los pulverizadores

Pulverizador hidroneumático tradicional: (Figura 4):

- Género de construcción: pulverizador hidroneumático de arrastre accionado por la toma posterior de potencia del tractor.

- Ventilador: axial 8 palas, con un diámetro de 860 mm y caja multiplicadora de dos velocidades, con relaciones de transmisión toma de potencia - ventilador de 1:3,83 y 1:2,95.
- Dimensiones de la salida del aire: 2600 mm de longitud y 140 mm de ancho. El área total de salida de aire es de 0,364 m².
- Tanque: fibra de vidrio, con una capacidad de 2000 L.
- Bomba: de tres pistones, con un caudal de 130 L/min a 56,55 rad/s
- Barra de pulverización: 14 boquillas

Pulverizador de flujo transversal: (Figura 5)

- Género de construcción: pulverizador de flujo transversal de arrastre accionado por la toma posterior de potencia del tractor
- Ventiladores: 2 ventiladores tangenciales, 1 por lado, despegue del suelo de 360 mm. La altura efectiva del pulverizador es de 3000 mm. Relación de transmisión del ventilador 1:3,5.
- Dimensiones de la salida del aire: 2500 mm de longitud por lado y 85 mm de ancho. El área total de salida de aire es de 0,2125 m² por lado. El conjunto del ventilador tiene la posibilidad de desplazarse en forma continua desde una posición en que el eje del flujo de aire es perpendicular a la fila de árboles hasta 28° hacia atrás.
- Tanque: fibra de vidrio con una capacidad de 2000 L.
- Bomba: de tres pistones con un caudal de 130 L/min 56,55 rad/s
- Barra de pulverización: 16 boquillas.



Figura 4: Pulverizador hidroneumático tradicional con ventilador axial



Figura 5: Pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales

5.2.2. Condiciones operativas de los pulverizadores

5.2.2.1 Calibración de los pulverizadores

En la calibración se buscaron condiciones operativas similares en ambas máquinas para no introducir fuentes de variabilidad, y así obtener una tasa de aplicación similar.

La presión de trabajo fue de 2067 kPa y la velocidad de trabajo de 4,51 km/ha.

En todos los ensayos se utilizó el mismo tractor a un régimen de trabajo de la toma posterior de potencia de 56,55 rad/s. Esto indica una velocidad de ventilador en la menor relación de transmisión, para el pulverizador hidroneumático tradicional de 166,8 rad/s y de 197.9 rad/s en el pulverizador de flujo transversal.

Como se observa en las figuras 4 y 5 todas las aplicaciones de campo se realizaron con el sector derecho de los pulverizadores para minimizar el efecto de deriva a las filas adyacentes.

Ambos pulverizadores se diferenciaron por el número y arreglo de las boquillas. Aquí se puso especial atención para obtener tasas de aplicación similares (tasa de referencia y reducida 20 %) para ambas máquinas.

El pulverizador hidroneumático tradicional presenta un arco portaboquillas semicircular. Para esta máquina se recomienda la utilización de caudales mayores en las dos boquillas superiores. Por este motivo se utilizan núcleos de rotación de 3 canales en este sector. Estos núcleos permiten la formación de un cono lleno, con un ángulo de pulverización más estrecho.

El pulverizador de flujo transversal con ventilador tangencial posee una barra vertical que se desplaza paralela a la fila de árboles, con 8 boquillas por lado. Debido a que todas las boquillas se encuentran a la misma distancia del árbol y la pulverización no debe recorrer distancias diferenciales (como en el pulverizador hidroneumático tradicional) todas las boquillas eran de igual diámetro de pastilla y núcleos de rotación. La particularidad de poseer una boquilla más que el pulverizador hidroneumático tradicional, permitió ajustar las tasas a valores semejantes para los dos pulverizadores.

La numeración de las boquillas fue la misma para ambos pulverizadores. Se comenzó numerando con 1 en la parte inferior y se terminó con 8 la superior, para el caso del pulverizador de flujo transversal y 1 en la parte inferior y 7 en la superior en el hidroneumático tradicional.

El arreglo de boquillas para ambos pulverizadores y para las dos tasa de aplicación seleccionadas se detallan en las tablas 5, 6, 7 y 8.

Tabla 5: Selección de pastillas y núcleos de rotación para el tratamiento A (pulverizador hidroneumático tradicional con tasa normal de aplicación)

| Número de boquilla | Pastilla (mm) | Núcleo de rotación | Caudal (L/min) |
|--------------------|---------------|--------------------|----------------|
| 1 | 1,5 | 2 | 2,8 |
| 2 | 1,5 | 2 | 2,8 |
| 3 | 1,5 | 2 | 2,8 |
| 4 | 1,5 | 2 | 2,8 |
| 5 | 1,5 | 2 | 2,8 |
| 6 | 1,5 | 3 | 4,2 |
| 7 | 1,5 | 3 | 4,2 |
| Total | | | 22,4 |

Tabla 6: Selección de pastillas y núcleos de rotación para el tratamiento B (pulverizador hidroneumático tradicional con tasa de aplicación reducida)

| Número de boquilla | Pastilla (mm) | Núcleo de rotación | Caudal (L/min) |
|--------------------|---------------|--------------------|----------------|
| 1 | 1,2 | 2 | 2,25 |
| 2 | 1,2 | 2 | 2,25 |
| 3 | 1,2 | 2 | 2,25 |
| 4 | 1,2 | 2 | 2,25 |
| 5 | 1,2 | 2 | 2,25 |
| 6 | 1,2 | 3 | 3,3 |
| 7 | 1,2 | 3 | 3,3 |
| Total | | | 17,85 |

Tabla 7: Selección de pastillas y núcleos de rotación para el tratamiento C (pulverizador de flujo transversal con tasa normal de aplicación)

| Número de boquilla | Pastilla (mm) | Núcleo de rotación | Caudal (L/min) |
|--------------------|---------------|--------------------|----------------|
| 1 | 1,5 | 2 | 2,8 |
| 2 | 1,5 | 2 | 2,8 |
| 3 | 1,5 | 2 | 2,8 |
| 4 | 1,5 | 2 | 2,8 |
| 5 | 1,5 | 2 | 2,8 |
| 6 | 1,5 | 2 | 2,8 |
| 7 | 1,5 | 2 | 2,8 |
| 8 | 1,5 | 2 | 2,8 |
| Total | | | 22,4 |

Tabla 8: Selección de boquillas y núcleos de rotación para el tratamiento D (pulverizador de flujo transversal con tasa de aplicación reducida)

| Número de boquilla | Pastilla (mm) | Núcleo de rotación | Caudal (L/min) |
|--------------------|---------------|--------------------|----------------|
| 1 | 1,2 | 2 | 2,25 |
| 2 | 1,2 | 2 | 2,25 |
| 3 | 1,2 | 2 | 2,25 |
| 4 | 1,2 | 2 | 2,25 |
| 5 | 1,2 | 2 | 2,25 |
| 6 | 1,2 | 2 | 2,25 |
| 7 | 1,2 | 2 | 2,25 |
| 8 | 1,2 | 2 | 2,25 |
| Total | | | 18 |

Las boquillas se seleccionaron de un lote de 20, descartando en una evaluación preliminar aquellas boquillas cuyo caudal se ubicó un 10 % por encima o por debajo del promedio del lote.

Una vez seleccionadas las boquillas y armadas en sus posiciones, se determinó el caudal de cada una de ellas conectando un tubo plástico desde la boquilla a un recipiente, ejecutando tres repeticiones de esta rutina. El líquido colectado se pesó en una balanza con una capacidad de 11 kg con 1 g de precisión.

5.2.2.2 Tratamientos

Como se observa en la tabla 9, y a los efectos de evaluar dosis reducidas de aplicación, la tasa de referencia fue disminuida en un 20 %, manteniendo constante la concentración del Agroquímico.

Tabla 9: Tasa de aplicación y dosis de BSF. y de Metil Azinfos para los distintos tratamientos

| Tratamiento | Pulverizador | Tasa de aplicación L/ha | Dosis /ha de BSF. | Dosis/ha Metil Azinfos |
|-------------|----------------------------|-------------------------|-------------------|------------------------|
| A | Hidroneumático tradicional | 1500 | 500 g | 1,5 kg |
| B | Hidroneumático tradicional | 1200 | 400 g | 1,2 kg |
| C | Transversal | 1500 | 500 g | 1,5 kg |
| D | Transversal | 1200 | 400 g | 1,2 kg |

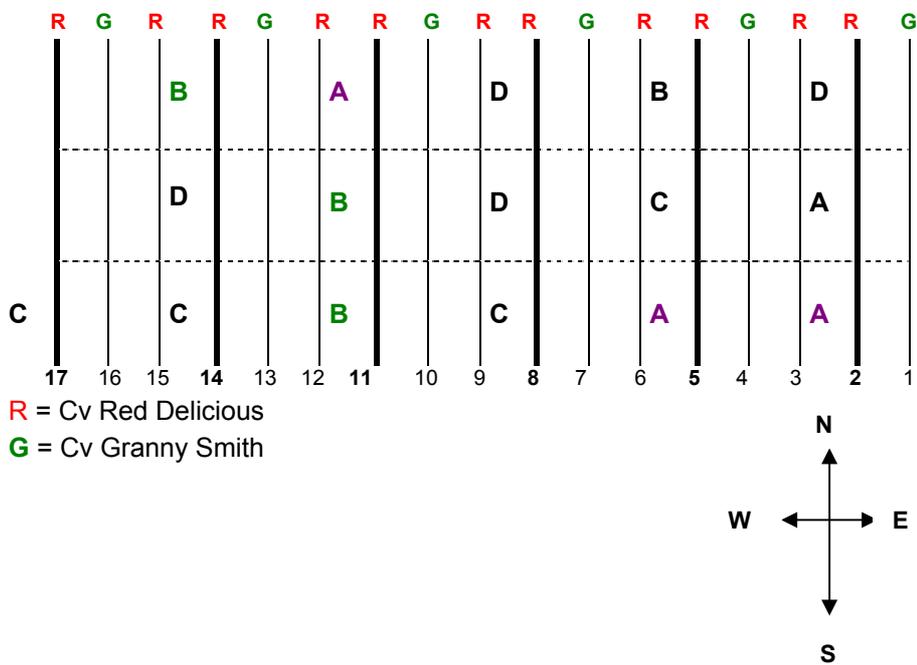


Figura 6: Representación esquemática del huerto frutal y ubicación de los tratamientos dentro del mismo

5.2.3. Flujo de aire

5.2.3.1. Caudal de aire

Para que la metodología de medición del caudal de aire erogado por los pulverizadores sea comparable, se tomaron valores de velocidad a la salida del túnel del ventilador. Del producto de las velocidades medias y del área de salida del túnel del ventilador surge la estimación del caudal de aire (ISO 2000).

El túnel del ventilador axial tiene una longitud de salida de 2400 mm y un ancho de 140 mm. El ventilador tangencial tiene una longitud de salida de 2400 mm y un ancho de 85 mm.

Se tomaron 24 estaciones de medición cada 100 mm en toda su longitud y 4 puntos por estación, totalizando 96 mediciones. Para ambos ventiladores, estas mediciones se realizaron con un anemómetro de sonda tipo molinete testo 440 digital. Este anemómetro fue comparado con uno térmico analógico, no observándose diferencias en las mediciones. Se eligió el anemómetro de sonda tipo molinete porque su sistema de registro acumula mediciones durante períodos regulares de tiempo y entrega un promedio de las mismas, dando confiabilidad a la toma de información.

Esta experiencia tuvo lugar en un local cerrado para evitar la interferencia del viento atmosférico y durante la misma se mantuvo la velocidad de rotación de la toma posterior de potencia en 56,55 rad/s.

Para el pulverizador A se realizó la determinación para la relación de transmisión con la que se operó en los ensayos a campo, es decir 1 : 2,95. En el pulverizador B las evaluaciones se realizaron en la única relación de transmisión que dispone 1 : 3,5

La temperatura y la humedad relativa durante la evaluación se registraron con un termo higrógrafo y fueron las siguientes:

Humedad relativa 49 %

Temperatura 25,2 °C

5.2.3.2. Perfil aerodinámico

Para evaluar el perfil aerodinámico se utilizó la metodología de Antonin et al. (1976).

Si bien todos los ensayos de campo se realizaron con el sector derecho de los pulverizadores, las evaluaciones aerodinámicas se efectuaron sobre ambos lados. Se adoptó este criterio con el fin de evaluar posibles

asimetrías de los ventiladores y poder así inferir el comportamiento en condiciones operativas de rutina.

Del mismo modo que para la evaluación de caudal, en el pulverizador A se realizó la determinación para la relación de transmisión con la que se operó en los ensayos a campo, es decir 1 : 2,95. En el pulverizador B las evaluaciones se realizaron en la única relación que dispone, 1:3,5.

Las mediciones de velocidad del flujo de aire se efectuaron a 500; 750; 1000; 1250; 1500; 1750; 2000; 2250 y 2500 mm de distancia horizontal del centro del pulverizador. La dirección era coincidente con la dirección del flujo de aire: perpendicular a la velocidad de avance en los pulverizadores hidroneumáticos tradicionales y orientado hacia atrás 118° con respecto a la misma dirección en los de flujo transversal. Esto fue debido a que los ensayos de campo se realizaron con el ventilador tangencial orientado en esa dirección.

La altura de medición sobre el nivel del suelo fue 500; 1000; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000 y 4500 mm de altura sobre el suelo.

Todas las determinaciones fueron realizadas en forma estática, no obstante, en cada estación de muestreo se registraron las velocidades sobre una regla de 1000 mm dispuesta en la dirección de avance del equipo. Se tomaron 11 mediciones cada 100 mm y se determinaron las velocidades promedio en cada subestación, con el objeto de determinar la velocidad media máxima.

En todos los casos se colocó el molinete del anemómetro en la dirección del flujo de aire (radiales a los ventiladores).

Esta experiencia tuvo lugar en un local cerrado por el mismo motivo que en el ensayo de caudal de aire.

Las mediciones de velocidad de aire se realizaron con un anemómetro de sonda tipo molinete testo 440 digital.

Se realizó un análisis para detectar las asimetrías del perfil aerodinámico, utilizando el procedimiento MIXED de SAS Versión 8.2. Se consideró la altura como un efecto aleatorio y las distancias de una misma altura como medidas repetidas. Se construyó un modelo considerando como efectos principales la posición (izquierda, derecha) y la distancia horizontal a los puntos de emisión.

La temperatura y la humedad relativa durante la evaluación se registraron con un termo higrógrafo y fueron las siguientes:

Humedad relativa 86 %; Temperatura 15.5 °C

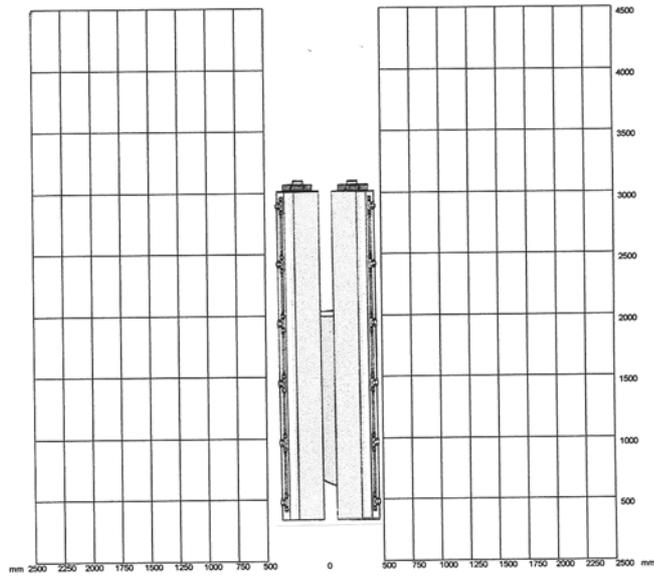


Figura 7: Puntos de medición de la velocidad de aire en el pulverizador con ventilador de flujo tangencial

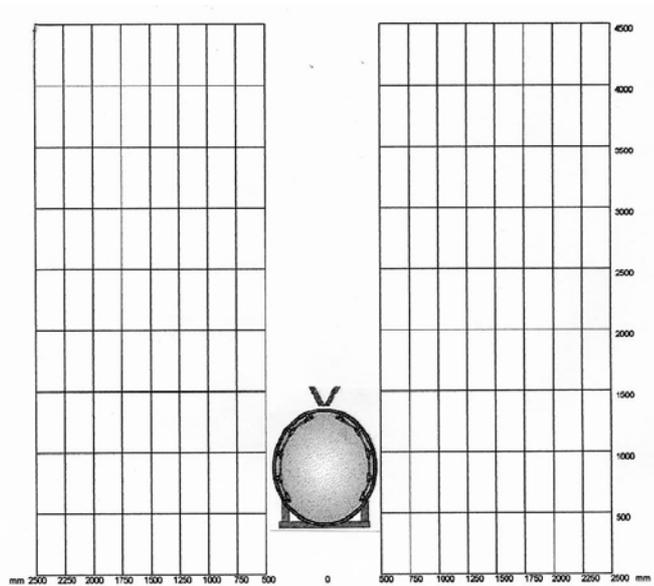


Figura 8: Puntos de medición de la velocidad de aire en el pulverizador hidroneumático tradicional.

5.2.4. Distribución vertical

Para evaluar la distribución vertical se utilizó un banco de lamelas (Kümel et al. 1991). Las dimensiones del mismo fueron de 4850 mm de alto, 1710 mm de ancho y 175 mm de espesor. El banco de lamelas está dividido horizontalmente en dieciocho módulos, con una pendiente de 5 % para facilitar el desagote del líquido captado durante la operación.

Cada módulo está compuesto por diez lamelas, que producen la separación entre la fase líquida y la interfase aire-líquido.

En un extremo de cada paquete de lamelas se colocó un recolector con una descarga conectada a un tubo plástico. Éste conducía el líquido recolectado por cada módulo a una probeta. Cada probeta tenía una capacidad máxima de 1000 ml, con una precisión de 25 ml, y se hallaban dispuestas en un bastidor que permitía la apreciación visual del perfil de distribución.

El pulverizador, previamente calibrado, se ubicó frente al banco a la mitad de la distancia existente entre las filas del huerto a tratar. Se dirigió la pulverización hacia el frente del banco durante cierto tiempo, permitiendo que la descarga del mismo sea constante. Luego se recolectó la descarga en las probetas hasta que se alcanzó el 80 % de la capacidad máxima de aquella que más volumen recogiera.

Se determinó que cuatro repeticiones fueron suficientes para reducir el error de medición. La tasa de recuperación del banco fue de 86 %.

La determinación para el pulverizador A se realizó en la relación de transmisión con la que se operó en los ensayos a campo, (1 : 2,95). Para el pulverizador B la determinación se realizó en la única relación de transmisión que dispone 1 : 3,5

5.2.5. Demanda de potencia

Se utilizó un torquímetro HBM de 2 kN.m de torque nominal y 1570,8 rad/s de régimen nominal. El mismo se acopló entre la toma posterior de potencia del tractor, y el árbol cardánico del pulverizador.

Se trabajó con la bomba a descarga libre y se desconectó el agitador. La potencia absorbida por los ventiladores resultó de restar a la potencia total registrada (ventilador más bomba), la potencia absorbida por la bomba.

Para el pulverizador A se realizó la determinación para la relación de transmisión con la que se operó en los ensayos a campo, es decir 1 : 2,95.

En el pulverizador B las evaluaciones se realizaron en la única relación de transmisión que dispone 1 : 3,5

La potencia se estimó a través de la siguiente expresión:

$$P = T * \omega$$

Donde:

P = Potencia calculada (W)

T = Par motor (Nm)

ω = Velocidad angular (rad/s)

Los registros de potencia se tomaron cada 5,23 rad/s a partir de los 31,42 rad/s de la toma posterior de potencia.

Se midió además en forma estática, la potencia total absorbida por los pulverizadores en condiciones operativas. Es decir, a un régimen de 56,55 rad/s y con la presión de servicio empleada durante los ensayos de campo, con el agitador conectado.

5.3. Evaluación de daños de *Cydia pomonella*, (L.)

El diseño adoptado fue un experimento factorial 2 x 2, completamente aleatorizado con 3 repeticiones. La unidad experimental consistió en el árbol central de una fila de 36 m. Las filas de manzanos cv Red Delicious seleccionadas fueron divididas en 3 parcelas iguales, las mismas se encuentran distanciadas de las otras filas con parcelas experimentales por dos filas una cv Red Delicious y otra cv Granny Smith, consideradas como borduras. La ubicación de los tratamientos con sus repeticiones dentro del huerto pueden observarse en la figura 6.

Las repeticiones coincidieron con las de los ensayos químicos y físicos, de forma de utilizar los mismos árboles objetivo. Debido a que en las evaluaciones de daño de *Cydia pomonella*, (L.) se realizó una repetición menos que en los casos anteriores por cuestiones operativas, no se cosecharon las parcelas correspondientes a la cuarta repetición (filas 11 tratamiento A; fila 14 tratamiento B y D fila 17 tratamiento C)

La variable evaluada fue daño de *Cydia pomonella*, (L.) en manzanas.

Se evaluaron 3 alturas del árbol: Altura I (1 m) Altura II (2 m) Altura III (3 m) y 2 profundidades del árbol. a (externo) y b (interno). Lo que totalizaron 6 posiciones de muestreo por parcela.

Después de realizada la aplicación con Metil Azinfos se cosechó 20 frutos por posición de muestreo. Las manzanas fueron recolectadas cuidando de tomarlas por el pedúnculo para no modificar los depósitos de agroquímicos.

Posteriormente fueron trasladadas al laboratorio en bandejas de celulosa identificadas.

Los frutos fueron llevados a la cámara de cría y colgados por el pedúnculo en estanterías montadas para este fin. Para la prueba biológica se utilizó material biológico de la cría producida en el INTA Estación Experimental Alto Valle (Cichón et al. 1992).

Sobre cada manzana fueron colocadas dos larvas neonatas de *Cydia pomonella*, (L.). La evaluación de mortalidad se efectuó a las 72 horas (figura 9).

El número de frutos dañados se analizó ajustando un modelo Lineal generalizado con distribución Binomial para la respuesta y enlace logístico. Se utilizó el procedimiento GENMOD del paquete estadístico SAS.

Las condiciones climáticas promedio durante la aplicación se registraron con un termo higrógrafo y un anemógrafo, y fueron las siguientes:

Humedad relativa 86 %

Temperatura 15.5 °C

Viento en calma



Figura 9: Colocación de larvas neonatas de *Cydia pomonella* (L.) sobre manzanas en la prueba biológica.

5.4. Evaluación de depósitos en hoja

El diseño adoptado fue un experimento factorial 2 x 2, completamente aleatorizado con 4 repeticiones. La unidad experimental consistió en el árbol

central de una parcela de 36 m. Las filas de manzanos cv Red Delicious seleccionadas fueron divididas en 3 parcelas iguales, las mismas se encuentran distanciadas de las otras filas con parcelas experimentales por dos filas, una cv Red Delicious y otra cv Granny Smith, consideradas como borduras. La ubicación de los tratamientos con sus repeticiones dentro del huerto pueden observarse en la figura 6



Figura 10: Cosecha de hojas de manzanos para la determinación de depósitos de BSF

Se evaluaron los depósitos en hoja de BSF, cuantificados en μg del trazante por cm^2 de hoja. Se utilizó BSF debido a sus excelentes características como trazante para evaluar aplicaciones de agroquímicos (Hall et al. 1993; Huijsmans et al. 1993; Smelt et al. 1993; Cooke et al. 1993; Pergher et al. 1995; Solanelles et al. 1996; Planas et al. 1997; Pezzi et al. 1999; Smith et al. 2000)

Después de la aplicación con el trazante fluorescente, y una vez seco el follaje, se cosecharon 30 hojas por posición (Juste et al. 1990; Salyani et al. 1990; Whitney et al. 1991; Hogmire et al. 1991). Estas fueron colocadas en

recipientes de vidrio de 1 litro de capacidad, los que debidamente identificados fueron llevados al laboratorio (figura 10).

A los recipientes se les añadió 250 ml de agua desionizada, se los dejó media hora en reposo y luego se agitaron enérgicamente durante 1 minuto.

La concentración de la solución obtenida fue analizada con un fluorímetro marca Kontron SFM 25.

El fluorímetro fue programado con una frecuencia de excitación de 390 nm y una frecuencia de emisión de 500 nm.

El área foliar de cada muestra se determinó con un analizador Li-Cor Modelo LI 3100.

Los depósitos expresados en $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de hoja (variable de respuesta) surgen de dividir la cantidad determinada de BSF por el área foliar de la muestra respectiva.

Las condiciones climáticas promedio durante la aplicación se registraron con un termo higrógrafo y un anemógrafo, y fueron las siguientes:

Humedad relativa 70 %

Temperatura 25.5 ° C

Viento en calma

5.5. Evaluación Física

5.5.1. Cobertura

El diseño adoptado y la distribución de las parcelas fue coincidente con las de la evaluación química. Las evaluaciones se realizaron sobre el árbol central de cada parcela experimental de 36 m. Las filas de manzanos cv Red Delicious seleccionadas fueron divididas en 3 parcelas iguales, las mismas se encuentran separadas de las otras filas con parcelas experimentales por dos filas, una cv Red Delicious y otra cv Granny Smith, consideradas como borduras. La ubicación de los tratamientos con sus repeticiones dentro del huerto pueden observarse en la figura 6.

Las variables evaluadas fueron:

- 1 - Porcentaje de cobertura (%), sobre papeles hidrosensibles en la cara más expuesta (α)
- 2 - Porcentaje de cobertura (%), sobre papeles hidrosensibles en la cara menos expuesta (β) de las hojas.

3 - Coeficiente de Uniformidad (CH) definido como la razón entre la cara (β) / la cara (α).

Se evaluaron 3 alturas del árbol: Altura I (1 m) Altura II (2 m) Altura III (3 m) y 2 profundidades del árbol. a (externo), y b (interno), totalizando 6 posiciones de muestreo. Para tal fin se colocaron 6 papeles hidrosensibles de 26 x 50 mm, por estación de muestreo. Los papeles se doblaron y se abrocharon a hojas escogidas al azar dentro de la estación. El objetivo de esta práctica fue evaluar la pulverización en la cara más expuesta de la hoja (α) y la menos expuesta (β). Después de realizada la aplicación, y una vez que los papeles estuvieron secos, se las identificó y se las colocó en un deshumidificador para evitar que la humedad ambiental provoque un viraje de color posterior al ensayo.

Las imágenes de los papeles fueron digitalizadas con un Scanner SnapScan AGFA 600 a 2400 ppi y luego analizadas con el programa de análisis de imágenes Matrox Inspector versión 3.0

Sobre el árbol seleccionado en cada unidad experimental se realizaron varias observaciones correspondientes a distintas posiciones. Y debido al interés en estudiar la interacción entre los valores de las distintas variables evaluadas en dichas posiciones y los tratamientos comparados, es que se realizó un análisis de varianza de medias repetidas.

Los efectos de las posiciones, y la interacción entre tratamiento y posición, fueron evaluados mediante la prueba multivariada de Wilk Lambda empleándose un nivel de significación del 0.05 Los datos se analizaron con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS

Las condiciones climáticas promedio durante el ensayo fueron:

Humedad relativa 60 %

Temperatura 28 ° C

Viento en calma

5.6. Análisis descriptivo

Se realizó un análisis multivariado para observar a través de un método descriptivo sencillo la relación existente entre las distintas variables (depósitos de BSF sobre hojas; daños de *Cydia pomonella* (L); distribución física sobre papeles hidrosensibles en las caras α y β y densidad de los árboles expresadas a través del L.A.I. y Por)

Este análisis de componentes principales (CP) permite expresar en un número reducido de nuevas variables la información contenida en los datos

originales. La representación de los individuos en el plano de las 2 primeras CP permitiendo interpretar relaciones entre los mismos.

Este análisis de CP comprende un procedimiento matemático que transforma un conjunto de variables correlacionadas de respuesta en un conjunto menor de variables no correlacionadas, llamadas CP. El análisis se realiza con las unidades experimentales promedio de repeticiones existentes.

5.7. Pérdidas por endo y exoderiva

El diseño adoptado fue un experimento factorial 2 x 2, completamente aleatorizado con 4 repeticiones. Las evaluaciones se realizaron sobre el árbol central de cada parcela experimental de 36 m. Las filas de manzanos cv Red Delicious seleccionadas fueron divididas en 3 parcelas iguales, las mismas se encuentran separadas de las otras filas con parcelas experimentales por dos filas, una cv Red Delicious y otra cv Granny Smith, consideradas como borduras. La ubicación de los tratamientos con sus repeticiones dentro del huerto pueden observarse en la figura 6

Las condiciones climáticas promedio durante la aplicación se registraron con un termo higrógrafo y un anemógrafo, y fueron las siguientes:

Humedad relativa 70 %

Temperatura 25.5 °C

Viento en calma

5.7.1. Pérdidas en el suelo

Los depósitos del trazante fueron evaluados en μg de BSF por cm^2 de suelo.

Las pérdidas por escorrentía y arrastre de ventilador de cada parcela se recogieron sobre ocho captadores plásticos circulares colocados sobre el suelo. Se dispusieron 4 captadores sobre la fila dos hacia el norte y dos hacia el sur a 1 y 2 m de los árboles (1 S, 2 S, 1 N, 2 N) y otros 4 sobre el interfilas: dos hacia el este y dos al oeste a 1 y 2 m e los árboles(1 E, 2 E, 1 W, 2 W) figura 11)

El diámetro interno de los captadores plásticos circulares fue de 88,21 mm lo que hace una superficie de captación total de $6111,19 \text{ mm}^2$



Figura 11: posición de los captadores plásticos circulares para la evaluación de endoderiva.

Una vez finalizada la aplicación se recogieron los captadores. Estos fueron cerrados e identificados, y llevadas al laboratorio. Allí se les añadió 20 ml de agua desionizada, se los dejó media hora en reposo y luego se agitaron enérgicamente durante 1 minuto.

La concentración de la solución obtenida fue analizada con un fluorímetro marca Kontron SFM 25.

El fluorímetro fue programado con una frecuencia de excitación de 390 nm y una frecuencia de emisión de 500 nm.

Los depósitos expresados en $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de suelo (variable de respuesta) surgen de dividir la cantidad determinada de BSF por el área del captador plástico circular.

5.7.2. Pérdidas por deriva

Los depósitos del trazante fueron evaluados en μg de BSF por muestreador. Éstos consistieron en elementos denominados limpiadores de pipa (PC), que consisten en un hilo metálico cubierto de fibras de algodón.



Figura 12: Lavado de los PC para extraer la BSF

Las dimensiones fueron de 150 mm de largo por 1,3 mm de ancho, lo que indica un área total de captación de 612 mm². Estos elementos permitieron evaluar las pérdidas por deriva detrás de la planta y sobre el nivel superior de las mismas.

Se colocó un mástil a 1m por detrás del árbol objetivo de cada parcela. Los muestreadores se sujetaron al mástil por medio de grapas de amarre y se dispusieron cada 500 mm, desde 500 mm hasta 3000 mm de la superficie del suelo, (500; 1000, 1500; 2000; 2500; 3000 mm). Del mismo modo se dispusieron a 3 m de altura sobre el interfilas 3 muestreadores a 1000; 1500 y 2000 mm del eje de la planta (figura 13). En total se colocaron nueve muestreadores numerados desde la parte inferior a la superior.

Se realizó la aplicación en uno de los sectores de la planta, y se retiró el mástil con los muestreadores. Éstos fueron colocados en recipientes plásticos, identificados y llevados al laboratorio. Allí se les añadió 20 ml de agua desionizada, se los dejó media hora en reposo y luego se agitaron enérgicamente durante 1 minuto (figura 12).

La concentración de la solución obtenida fue analizada con un fluorímetro marca Kontron SFM 25.

El fluorímetro fue programado con una frecuencia de excitación de 390 nm y una frecuencia de emisión de 500 nm.

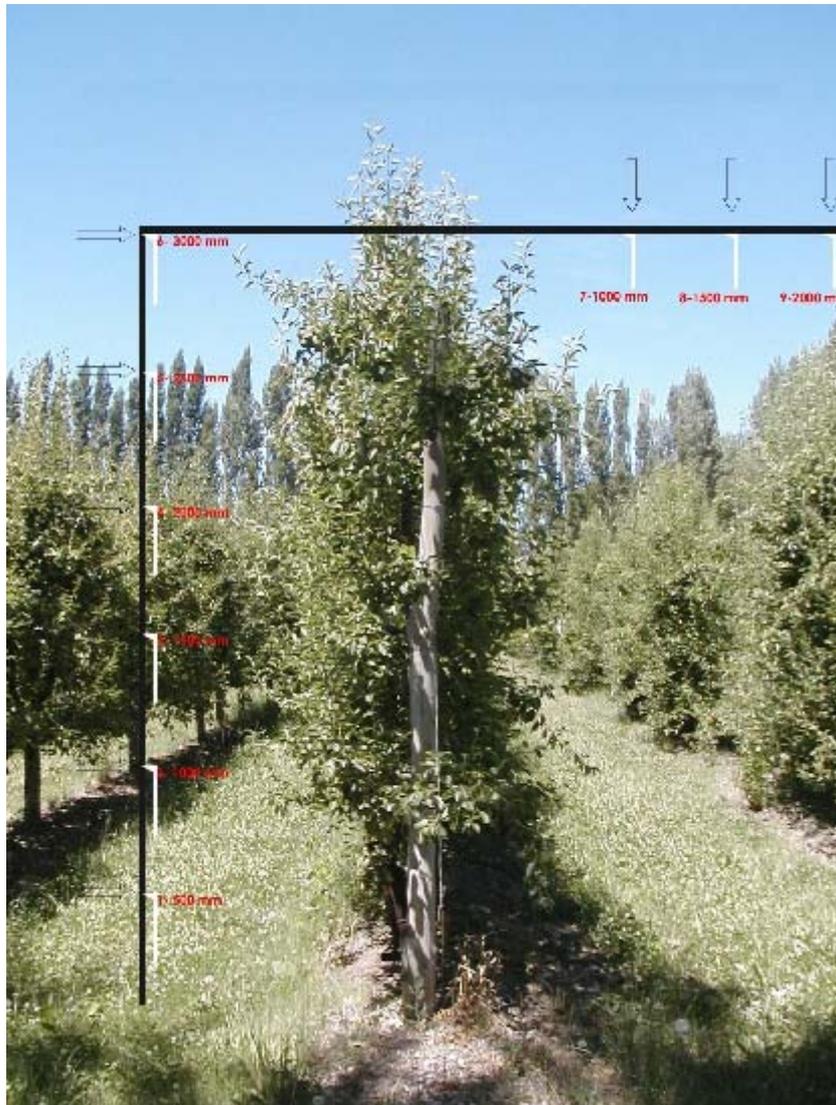


Figura 13: posición de los PC para la captación de exoderiva.

6. RESULTADOS

6.1. Caracterización del blanco biológico

En la tabla 10 se detallan los valores obtenidos por cada planta objetivo en la estimación del L.A.I. y de la porosidad de los árboles.

La correlación entre los valores de L.A.I. y porosidad, responden a una ecuación con la siguiente expresión:

$$\text{Por} = 57,577 + 21,976 \text{ L.A.I. } (R^2 = 83.36)$$

Tabla 10: Peso total de las hojas; L.A.I. estimado y porosidad del árbol evaluado en cada parcela experimental discriminados por alturas.

| Tratamiento – Repetición | Altura | Peso total de las hojas (kg) | cm ² de hoja promedio /g | L.A.I. estimado | Porosidad del árbol % |
|--------------------------|------------------|------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| A – 1 | I | 0,710 | 48,816 | 0,217 | 63,71 |
| A – 1 | II | 2,304 | 48,816 | 0,703 | 70,12 |
| A – 1 | III | 4,000 | 48,816 | 1,220 | 85,05 |
| A – 1 | Total / Promedio | | | 2,140 | 72,76 |
| A – 2 | I | 0,553 | 46,895 | 0,162 | 64,86 |
| A – 2 | II | 2,583 | 46,895 | 0,757 | 72,05 |
| A – 2 | III | 3,853 | 46,895 | 1,129 | 81,89 |
| A – 2 | Total / Promedio | | | 2,048 | 72,93 |
| A – 3 | I | 0,204 | 44,41 | 0,057 | 57 |
| A – 3 | II | 2,104 | 44,41 | 0,584 | 70,79 |
| A – 3 | III | 3,758 | 44,41 | 1,043 | 82,23 |
| A – 3 | Total / Promedio | | | 1,684 | 70 |
| A – 4 | I | 0,386 | 40,201 | 0,097 | 65,58 |
| A – 4 | II | 1,963 | 40,201 | 0,493 | 70,08 |
| A – 4 | III | 1,648 | 40,201 | 0,414 | 65,87 |
| A – 4 | Total / Promedio | | | 1,004 | 67,17 |
| B – 1 | I | 2,432 | 40,579 | 0,617 | 73,57 |
| B – 1 | II | 3,320 | 40,579 | 0,842 | 77,19 |
| B – 1 | III | 4,150 | 40,579 | 1,053 | 82,82 |
| B – 1 | Total / Promedio | | | 2,512 | 77,86 |

| Tratamiento – Repetición | Altura | Peso total de las hojas (kg) | cm ² de hoja promedio /g | L.A.I. Estimado | Porosidad del árbol % |
|--------------------------------|------------------|------------------------------------|---|--------------------|-----------------------------|
| B – 2 | I | 0,268 | 42,190 | 0,071 | 63,79 |
| B – 2 | II | 3,686 | 42,190 | 0,972 | 78,770 |
| B – 2 | III | 3,900 | 42,190 | 1,028 | 80,260 |
| B – 2 | Total / Promedio | | | 2,071 | 74,27 |
| B – 3 | I | 0,567 | 40,376 | 0,143 | 68,390 |
| B – 3 | II | 2,200 | 40,376 | 0,555 | 68,00 |
| B – 3 | III | 3,004 | 40,376 | 0,758 | 77,62 |
| B – 3 | Total / Promedio | | | 1,456 | 71,33 |
| B – 4 | I | 0,528 | 40,889 | 0,135 | 66,68 |
| B – 4 | II | 3,452 | 40,889 | 0,882 | 79,18 |
| B – 4 | III | 1,321 | 40,889 | 0,338 | 71,40 |
| B – 4 | Total / Promedio | | | 1,335 | 72,42 |
| C – 1 | I | 0,732 | 44,182 | 0,205 | 68,93 |
| C – 1 | II | 1,100 | 44,812 | 0,308 | 62,27 |
| C – 1 | III | 3,957 | 44,812 | 1,108 | 82,80 |
| C – 1 | Total / Promedio | | | 1,621 | 71,33 |
| C – 2 | I | 0,702 | 42,658 | 0,187 | 63,45 |
| C – 2 | II | 3,871 | 42,658 | 1,032 | 79,32 |
| C – 2 | III | 4,403 | 42,658 | 1,174 | 80,72 |
| C – 2 | Total / Promedio | | | 2,393 | 74,49 |
| C – 3 | I | 1,668 | 40,855 | 0,426 | 70,89 |
| C – 3 | II | 1,581 | 40,855 | 0,404 | 63,36 |
| C – 3 | III | 0,720 | 40,855 | 0,184 | 57,52 |
| C – 3 | Total / Promedio | | | 1,013 | 63,92 |
| C – 4 | I | 0,754 | 36,070 | 0,170 | 56,49 |
| C – 4 | II | 1,750 | 36,070 | 0,395 | 65,36 |
| C – 4 | III | 2,100 | 36,070 | 0,473 | 59,42 |
| C – 4 | Total / Promedio | | | 1,038 | 60,42 |
| D – 1 | I | 0,983 | 45,384 | 0,279 | 59,64 |
| D – 1 | II | 3,512 | 45,384 | 0,996 | 78,91 |
| D – 1 | III | 4,500 | 45,384 | 1,276 | 88,00 |
| D – 1 | Total / Promedio | | | 2,551 | 75,51 |

| Tratamiento – Repetición | Altura | Peso total de las hojas (kg) | cm ² de hoja promedio /g | L.A.I. Estimado | Porosidad del árbol % |
|--------------------------|--------|------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| D – 2 | I | 3,123 | 44,839 | 0,875 | 74,07 |
| D – 2 | II | 3,155 | 44,839 | 0,884 | 75,18 |
| D – 2 | III | 4,000 | 44,839 | 1,121 | 82,25 |
| Total / Promedio | | | | 2,880 | 77,16 |
| D – 3 | I | 0,593 | 39,417 | 0,146 | 62,79 |
| D – 3 | II | 4,120 | 39,417 | 1,015 | 83,91 |
| D – 3 | III | 3,425 | 39,417 | 0,844 | 77,6 |
| Total / Promedio | | | | 2,005 | 74,76 |
| D – 4 | I | 1,499 | 39,977 | 0,375 | 73,73 |
| D – 4 | II | 1,101 | 39,977 | 0,275 | 65,07 |
| D – 4 | III | 1,321 | 39,977 | 0,330 | 68,43 |
| Total / Promedio | | | | 0,980 | 69,07 |

Al estudiar la correlación existente entre los valores de L.A.I. y de la porosidad surgen para cada altura las expresiones incluidas en la Tabla 11.

Tabla 11: Relación entre L.A.I. y porosidad para cada altura evaluada.

| Altura | Porosidad | R ² |
|--------|------------------------|----------------|
| I | 61.281 + 17,558 L.A.I. | 0,4821 |
| II | 55.873 + 23.934 L.A.I. | 0,9137 |
| III | 54.924 + 24.981 L.A.I. | 0,9014 |

Tanto en la regresión total como en las alturas II y III se obtienen expresiones similares con un elevado nivel de ajuste lineal. La ecuación presentada para la altura I es discordante con las demás ecuaciones y presenta un bajo nivel de ajuste a un modelo lineal.

Con los valores de la tabla 10 se puede calcular que el peso fresco de las hojas por el área de las mismas varía entre 20,485 mg/cm² y 27,7238 mg/cm² y el peso seco entre 8,380 mg/cm² y 11,341 mg/cm² considerando en este último caso que el porcentaje de materia seca para un sistema similar fue de 40,91 % (Raffo 2003)

6.2 Características de los pulverizadores

6.2.3 flujo de aire

6.2.3.1 Caudal de aire

En la tabla 12 se observan los caudales de aire estimados para ambos pulverizadores.

Tabla 12: caudales estimados de aire para los equipos evaluados.

| Ventilador | Velocidad Media (m/s) | | Sección de Salida (m ²) | Caudal de aire (m ³ /h) |
|------------|-----------------------|-------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Tangencial | Derecha | 16,36 | 0,212 | 12485,9 |
| | Izquierda | 16,60 | 0,212 | 12669,1 |
| Axial | Derecha | 19,24 | 0,182 | 12606,0 |
| | Izquierda | 19,22 | 0,182 | 12592,9 |

Se observa una marcada simetría en el caudal estimado para ambos ventiladores, la velocidad de salida del aire en el ventilador axial es superior al ventilador tangencial, no obstante el caudal de aire se compensa con una mayor sección de salida.

6.2.3.2 Perfil aerodinámico

En el análisis estadístico no se observó interacción significativa entre la posición (izquierda y derecha) y la distancia horizontal a los ventiladores, para ninguno de los pulverizadores. Esto nos permite detenernos en el análisis de los efectos principales

Se observa un efecto significativo de la posición para el ventilador axial, lo que está indicando una marcada asimetría entre el lado derecho e izquierdo del pulverizador. Este efecto no fue observado en el pulverizador de flujo transversal, lo que indica una mayor simetría del mismo.

En las tablas 13, 14, 15 y 16 se observa claramente esta mayor asimetría entre puntos análogos en el pulverizador con ventilador axial.

El ventilador tangencial presenta solo el 25,9 % de los valores que superan el 10 % de asimetría entre puntos análogos, y no se registraron valores que superen el 20 % de asimetría. En el caso del ventilador axial el 64,1 % de los valores superaron el 10 % de asimetría, el 40,7 % el 20 % de asimetría y el 18,5 % el 30 % de asimetría.

Ambos pulverizadores presentaron, como era esperable, diferencias significativas en el efecto distancia, lo que indica una disminución de la velocidad del flujo de aire a medida que aumenta la distancia al ventilador

Como se observa en la tabla 14 los ventiladores tangenciales evaluados, tienen un área de acción que no supera los 3 m de altura

6.2.4. Distribución vertical

Según se observa en la figura 14, Los pulverizadores muestran patrones de distribución diferentes. El pulverizador transversal presenta una distribución más uniforme con una altura de trabajo limitada a los 3,10 m.

El pulverizador hidroneumático tradicional, presenta un menor volumen de agua colectada entre 1,5 y 2,8 m.

En la figura 14 se puede observar además que el pulverizador hidroneumático tradicional distribuye un volumen importante de líquido por encima de los 3 m que supera el 15 % del total erogado, es decir de la acumulación del volumen recogido de las estaciones de muestreo de la N° 13 a la N° 17.

Tabla 13: Perfil aerodinámico del pulverizador hidroneumático tradicional (valores en m/s).

| Altura (mm) | 500 | 1.000 | 1.500 | 2.000 | 2.500 | 3.000 | 3.500 | 4.000 | 4.500 |
|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Distancia al centro del pulverizador (mm) | | | | | | | | | |
| Lado derecho | | | | | | | | | |
| 500 | 34,7 | 27,8 | 14,3 | 19,7 | 15,6 | 14,5 | 13,9 | 10,1 | 5,8 |
| 750 | 29,3 | 20,3 | 12,5 | 15,6 | 12,3 | 11,4 | 11,4 | 10,0 | 8,2 |
| 1.000 | 27,7 | 18,4 | 20,4 | 18,4 | 12,4 | 9,1 | 8,5 | 9,4 | 9,3 |
| 1.250 | 22,6 | 15,8 | 19,1 | 12,1 | 12,3 | 9,3 | 8,6 | 6,3 | 6,6 |
| 1.500 | 17,8 | 14,8 | 14,9 | 14,6 | 9,2 | 9,4 | 7,1 | 6,5 | 5,7 |
| 1.750 | 15,8 | 11,2 | 11,6 | 11,1 | 9,3 | 9,0 | 7,4 | 7,2 | 5,1 |
| 2.000 | 11,1 | 10,7 | 12,6 | 11,9 | 8,2 | 7,9 | 7,5 | 6,5 | 5,9 |
| 2.250 | 11,0 | 10,1 | 9,4 | 10,4 | 7,6 | 7,2 | 6,1 | 6,4 | 5,1 |
| 2.500 | 9,0 | 7,3 | 9,4 | 9,7 | 8,1 | 6,8 | 6,2 | 5,8 | 5,8 |
| Lado izquierdo | | | | | | | | | |
| 500 | 38,3 | 46,9 | 34,0 | 20,1 | 20,4 | 13,4 | 8,6 | 9,1 | 8,6 |
| 750 | 29,4 | 37,1 | 31,1 | 15,9 | 14,5 | 16,2 | 14,6 | 10,6 | 8,1 |
| 1.000 | 27,1 | 27,0 | 30,4 | 19,0 | 15,5 | 11,0 | 11,7 | 12,5 | 8,5 |
| 1.250 | 23,2 | 17,1 | 18,1 | 17,0 | 15,1 | 13,4 | 9,2 | 7,8 | 6,9 |
| 1.500 | 17,2 | 15,0 | 18,0 | 14,3 | 14,4 | 15,0 | 8,8 | 7,0 | 4,7 |
| 1.750 | 13,2 | 11,7 | 16,2 | 14,5 | 11,9 | 11,1 | 9,5 | 8,2 | 6,5 |
| 2.000 | 9,3 | 9,5 | 12,9 | 11,8 | 14,7 | 10,0 | 9,6 | 9,4 | 6,7 |
| 2.250 | 9,4 | 8,2 | 11,3 | 10,0 | 12,3 | 10,0 | 9,8 | 8,2 | 6,2 |
| 2.500 | 8,3 | 9,8 | 8,5 | 7,6 | 7,2 | 7,2 | 6,4 | 5,8 | 4,8 |

Tabla 14: Porcentaje de diferencia entre puntos análogos del perfil aerodinámico del pulverizador hidroneumático tradicional

| Altura (mm) | 500 | 1.000 | 1.500 | 2.000 | 2.500 | 3.000 | 3.500 | 4.000 | 4.500 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dist. al centro del pulveriz (mm) | | | | | | | | | |
| 500 | 9,4 | 40,72 | 57,94 | 1,99 | 23,53 | 7,59 | 38,13 | 9,9 | 32,56 |
| 750 | 0,34 | 45,28 | 59,81 | 1,89 | 15,17 | 29,63 | 21,92 | 5,66 | 1,22 |
| 1.000 | 2,17 | 31,85 | 32,89 | 3,16 | 20,0 | 17,27 | 27,35 | 24,8 | 8,6 |
| 1.250 | 2,59 | 7,6 | 5,24 | 28,82 | 18,54 | 30,6 | 6,52 | 19,23 | 4,35 |
| 1.500 | 3,37 | 1,33 | 17,22 | 2,05 | 36,11 | 37,33 | 19,32 | 7,14 | 17,54 |
| 1.750 | 16,46 | 4,27 | 28,4 | 23,45 | 21,85 | 18,92 | 22,11 | 12,2 | 21,54 |
| 2.000 | 16,22 | 11,21 | 2,33 | 0,84 | 44,22 | 21,0 | 21,88 | 30,85 | 11,94 |
| 2.250 | 14,55 | 18,81 | 16,81 | 3,85 | 38,21 | 28,0 | 37,76 | 21,95 | 17,74 |
| 2.500 | 7,7 | 25,51 | 9,57 | 20,62 | 11,11 | 5,55 | 3,12 | 0 | 17,24 |

Tabla 15: Perfil aerodinámico del pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales (valores en m/s)

| Altura (mm) | 500 | 1.000 | 1.500 | 2.000 | 2.500 | 3.000 | 3.500 | 4.000 | 4.500 |
|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Distancia al centro del pulverizador (mm) | | | | | | | | | |
| Ventilador tangencial lado derecho | | | | | | | | | |
| 500 | 13,8 | 14,7 | 10,4 | 14,8 | 12,0 | 5,5 | 1,3 | 0 | 0 |
| 750 | 10,8 | 12,7 | 9,8 | 14,0 | 9,6 | 5,2 | 1,1 | 0 | 0 |
| 1.000 | 10,9 | 11,2 | 9,9 | 14,5 | 9,2 | 5,6 | 1,3 | 0 | 0 |
| 1.250 | 10,1 | 10,9 | 10,3 | 13,7 | 9,0 | 5,5 | 1,1 | 0 | 0 |
| 1.500 | 11,0 | 10,8 | 9,5 | 12,8 | 8,8 | 5,3 | 1,1 | 0 | 0 |
| 1.750 | 9,1 | 9,3 | 9,2 | 10,5 | 8,8 | 4,3 | 1,5 | 0 | 0 |
| 2.000 | 9,0 | 8,9 | 9,0 | 10,1 | 8,6 | 4,0 | 1,2 | 0 | 0 |
| 2.250 | 8,8 | 8,5 | 8,7 | 9,2 | 7,6 | 3,9 | 1,6 | 0 | 0 |
| 2.500 | 7,9 | 7,9 | 7,7 | 9,0 | 6,7 | 3,7 | 1,9 | 0 | 0 |
| Ventilador tangencial lado izquierdo | | | | | | | | | |
| 500 | 12,8 | 14,9 | 10,4 | 14,9 | 11,9 | 5,4 | 1,1 | 0 | 0 |
| 750 | 10,4 | 14,2 | 10,0 | 14,7 | 10,2 | 5,1 | 1,0 | 0 | 0 |
| 1.000 | 10,4 | 13,7 | 10,8 | 14,9 | 10,3 | 5,1 | 1,3 | 0 | 0 |
| 1.250 | 10,2 | 13,4 | 10,9 | 13,6 | 10,3 | 5,9 | 0,9 | 0 | 0 |
| 1.500 | 12,3 | 13,1 | 10,3 | 12,1 | 10,5 | 4,9 | 1,0 | 0 | 0 |
| 1.750 | 10,7 | 9,3 | 9,1 | 9,6 | 10,4 | 4,3 | 1,4 | 0 | 0 |
| 2.000 | 10,2 | 10,7 | 8,6 | 10,0 | 10,1 | 4,3 | 1,1 | 0 | 0 |
| 2.250 | 9,1 | 9,5 | 7,5 | 8,0 | 8,7 | 4,0 | 1,5 | 0 | 0 |
| 2.500 | 7,3 | 6,8 | 7,3 | 7,2 | 6,2 | 3,6 | 1,8 | 0 | 0 |

Tabla 16: Porcentaje de diferencia entre puntos análogos del perfil aerodinámico del pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangencial.

| Altura (mm) | 500 | 1.000 | 1.500 | 2.000 | 2.500 | 3.000 | 3.500 | 4.000 | 4.500 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dist. al centro del pulveriz. (mm) | | | | | | | | | |
| 500 | 7,25 | 1,34 | 0 | 0,67 | 0,83 | 1,82 | 15,38 | 0 | 0 |
| 750 | 3,7 | 10,56 | 2,0 | 4,76 | 5,88 | 1,92 | 9,09 | 0 | 0 |
| 1.000 | 4,59 | 18,25 | 8,33 | 2,68 | 10,68 | 8,93 | 0 | 0 | 0 |
| 1.250 | 0,98 | 18,66 | 5,5 | 0,73 | 12,62 | 6,78 | 18,18 | 0 | 0 |
| 1.500 | 10,57 | 17,56 | 7,7 | 5,47 | 16,19 | 7,55 | 9,09 | 0 | 0 |
| 1.750 | 14,95 | 0 | 1,09 | 8,57 | 15,38 | 0 | 6,67 | 0 | 0 |
| 2.000 | 11,76 | 16,82 | 4,44 | 0,99 | 14,85 | 6,98 | 8,33 | 0 | 0 |
| 2.250 | 3,3 | 10,53 | 13,79 | 13,04 | 12,64 | 2,5 | 6,25 | 0 | 0 |
| 2.500 | 7,59 | 13,92 | 5,19 | 20,0 | 7,46 | 2,7 | 5,26 | 0 | 0 |

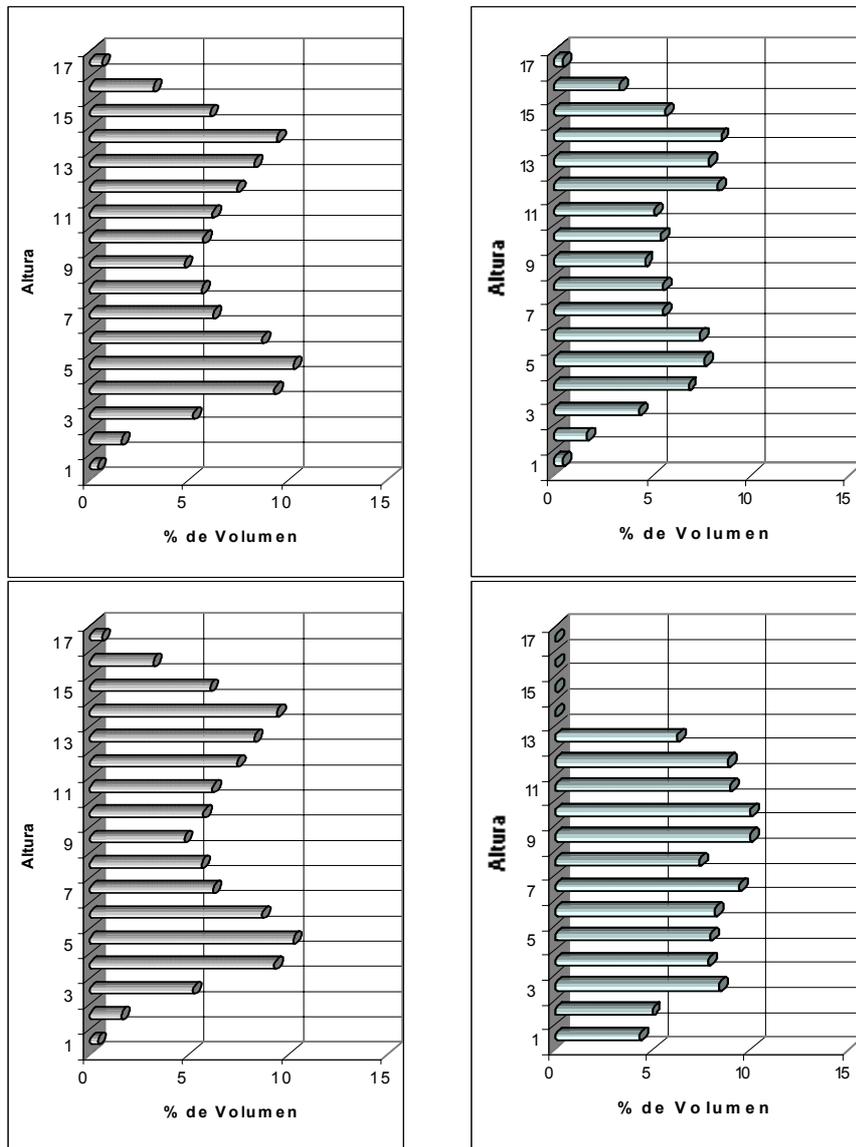


Figura 14: Distribución vertical en el banco de lamelas en los 4 tratamientos (Tratamiento A: arriba-izquierda; Tratamiento B: arriba-derecha; Tratamiento C: abajo-izquierda; Tratamiento D: abajo-derecha)

6.2.5. Potencia absorbida por los pulverizadores

En condiciones operativas a 56,55 rad/s con una presión de trabajo de 2067 kPa la potencia total demandada por el pulverizador hidroneumático tradicional fue de 10,35 kW. Para el pulverizador de flujo transversal esta demanda fue de 10,18 kW.

En las tablas 17 y 18 se observa la potencia absorbida por los ventiladores a diferentes regímenes de trabajo. En el ventilador axial no pudo observarse el comportamiento por debajo de 47,12 rad/s de régimen debido a que el mismo posee un embrague centrífugo que se acopla superando ese régimen.

Tabla 17: Potencia absorbida por el ventilador axial (Pulverizador hidroneumático tradicional)

| Velocidad de giro rad/s | Par motor Nm | Potencia kW. |
|----------------------------|-----------------|-----------------|
| 47,12 | 85 | 4,01 |
| 52,36 | 104 | 5,45 |
| 56,55 | 119 | 6,73 |

Tabla 18: Potencia absorbida por los ventiladores tangenciales (Pulverizador de flujo transversal)

| Velocidad de giro Rad/s | Par motor Nm | Potencia kW |
|----------------------------|-----------------|----------------|
| 31,42 | 52 | 1,63 |
| 36,65 | 64 | 2,35 |
| 41,89 | 78 | 3,27 |
| 47,12 | 89 | 4,19 |
| 52,36 | 104 | 5,44 |
| 56,55 | 120 | 6,79 |

6.3. Evaluación de daños de *Cydia pomonella*, (L.)

Con respecto al porcentaje de frutos dañados, resultaron significativos los efectos de la posición. El porcentaje de frutos dañados en la parte interna de los árboles fue del 7,64 % y el de la parte externa de 3,6 %

Resultó significativa la interacción pulverizador * tasa de aplicación (p = 0,0236). Por lo tanto los pulverizadores permiten un control diferente de acuerdo a la tasa de aplicación empleada. Esta afirmación se corrobora

analizando las proporciones ajustadas con sus intervalos de confianza donde surge que el pulverizador hidroneumático tradicional con la menor tasa de aplicación presenta un mayor porcentaje de daño que el resto de los tratamientos (figura 15). Se observa además una mayor variabilidad en los tratamientos con menor tasa de aplicación.

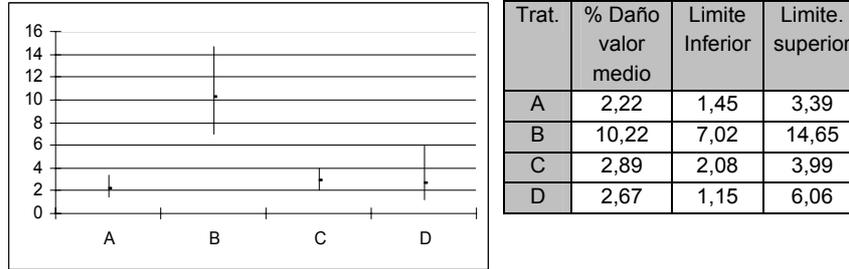


Figura 15: Porcentaje de daño de *Cydia pomonella* (L.) (intervalos de confianza)

Del mismo modo se analizaron los intervalos de confianza para cada posición (figura 16). Se puede visualizar claramente un mayor porcentaje de daño de *Cydia Pomonella* (L.) en la aplicación con el pulverizador hidroneumático tradicional a la menor tasa, siendo más notorio este efecto en la parte interna de los árboles.

En la parte alta interna en todos los casos se diferencia de los sectores bajos y externos de los árboles. Este efecto se observa también en el sector medio e interno con el pulverizador de flujo transversal a tasa normal

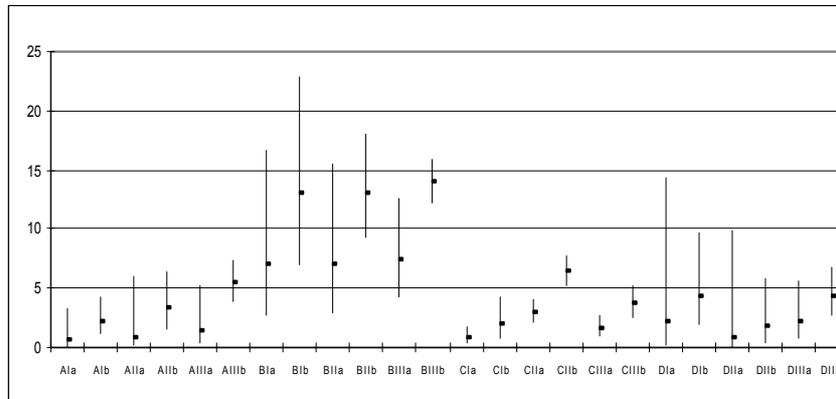


Figura 16: Porcentaje de daños de *Cydia pomonella* (L.) en frutos por tratamiento y posición.

Tabla 19: Intervalos de confianza de los daños de *Cydia pomonella* (L.) sobre frutos por tratamiento y posición (expresado en %)

| Trat. | Alt. | Pos. | Valor Medio | Límite inferior de confianza | Límite superior de confianza |
|-------|------|------|-------------|------------------------------|------------------------------|
| A | I | A | 0,0053 | 0,0008 | 0,0328 |
| A | I | B | 0,0215 | 0,0110 | 0,0417 |
| A | II | A | 0,0080 | 0,0010 | 0,0598 |
| A | II | B | 0,0322 | 0,0158 | 0,0644 |
| A | III | A | 0,0135 | 0,0034 | 0,0518 |
| A | III | B | 0,0534 | 0,0382 | 0,0742 |
| B | I | A | 0,0695 | 0,0273 | 0,1659 |
| B | I | B | 0,1305 | 0,0706 | 0,2288 |
| B | II | A | 0,0695 | 0,0294 | 0,1554 |
| B | II | B | 0,1305 | 0,0933 | 0,1796 |
| B | III | A | 0,0744 | 0,0431 | 0,1253 |
| B | III | B | 0,1390 | 0,1218 | 0,1583 |
| C | I | A | 0,0081 | 0,0037 | 0,0175 |
| C | I | B | 0,0185 | 0,0081 | 0,0419 |
| C | II | A | 0,0289 | 0,0205 | 0,0405 |
| C | II | B | 0,0644 | 0,0529 | 0,0782 |
| C | III | A | 0,0163 | 0,0098 | 0,0271 |
| C | III | B | 0,0370 | 0,0256 | 0,0531 |
| D | I | A | 0,0215 | 0,0028 | 0,1440 |
| D | I | B | 0,0433 | 0,0186 | 0,0975 |
| D | II | A | 0,0083 | 0,0006 | 0,0983 |
| D | II | B | 0,0171 | 0,0048 | 0,0589 |
| D | III | A | 0,0215 | 0,0079 | 0,0570 |
| D | III | B | 0,0433 | 0,0272 | 0,0685 |

6.4. Evaluación de depósitos en hoja

En la tabla 20 se observan los depósitos medios de BSF ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) para cada uno de los tratamientos en las diferentes alturas y posiciones.

La interacción triple altura * pulverizador * tasa de aplicación ($p = 0,0248$) resultó significativa. Las interacciones triples pulverizador * altura * profundidad ($p = 0,0581$) y tasa de aplicación * altura * profundidad ($p = 0,0729$), no alcanzaron a ser significativas. La interacción tasa de aplicación * pulverizador * profundidad ($p = 0,4176$) no mostró diferencias significativas.

No obstante, debido a que existe un efecto significativo en las interacciones altura * pulverizador ($p = 0,0457$) altura * profundidad ($p = 0,0030$), profundidad * pulverizador ($p = 0,0068$) podemos afirmar que los depósitos no son iguales a distintas alturas y para cada profundidad, según el pulverizador considerado. Por lo tanto se analizó de manera independiente la parte interna y externa de los árboles.

Tabla 20: Depósitos medios de BSF ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) en hoja para los distintos tratamientos, alturas y posiciones.

| Trat. | Altura I (a)externo | Altura I (b) interno | Altura II (a)externo | Altura II (b) interno | Altura III (a)externo | Altura III (b) interno | C.V. |
|-------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------|
| A | 1,1398 | 0,8632 | 1,6498 | 0,9682 | 1,8266 | 0,8099 | 41,1 |
| B | 1,3465 | 0,9739 | 1,2299 | 1,0205 | 1,2751 | 0,5135 | 31,47 |
| C | 1,3954 | 1,4552 | 1,8050 | 1,4671 | 1,6469 | 1,2414 | 26,78 |
| D | 1,1357 | 1,2018 | 1,7909 | 1,5805 | 1,3600 | 0,9334 | 30,91 |

En la parte externa de los árboles existe interacción significativa entre altura * pulverizador * tasa de aplicación ($p = 0,0459$) es decir que en esta profundidad los efectos del pulverizador varían con las alturas y las tasas utilizadas. Como se observa en la tabla 20, en la altura I los depósitos no varían entre tratamientos. No obstante en la altura II el pulverizador hidroneumático tradicional con la menor tasa de aplicación produce depósitos inferiores a los otros tratamientos. En la altura III los depósitos de los dos pulverizadores con tasas reducidas son inferiores a los obtenidos con tasas normales.

En la parte exterior de los árboles considerando las tres alturas, no se observan diferencias significativas entre los pulverizadores ($p = 0,3865$) y las tasas de aplicación ($p = 0,1060$) por lo que podemos decir que, los pulverizadores difieren no en la cantidad promedio de depósitos sino en la distribución de los mismos según la altura del árbol.

En el sector interno de los árboles no existe interacción de pulverizador * altura ($p = 0,4911$). El pulverizador de flujo transversal deposita una cantidad significativamente superior de BSF ($p = 0,0048$) en este sector. En la tabla 20 se observa que en todas las alturas los depósitos obtenidos con el pulverizador de flujo transversal son superiores, lo que confirma una mayor

aptitud de este tipo de ventiladores para mejorar la penetración en el interior de la copa.

A esta profundidad, los depósitos varían con la altura según la tasa utilizada, este efecto queda demostrado con la interacción significativa entre altura * tasa de aplicación ($p = 0,0443$). Se puede afirmar además que los depósitos varían significativamente con la altura de forma cuadrática, siendo inferiores en la altura III.

El coeficiente de variación de los depósitos de BSF fue mayor para la aplicación realizada con el pulverizador hidroneumático tradicional observándose una mayor diferencia con la tasa de aplicación más elevada

Al considerar L.A.I. y porosidad de los árboles como covariables y al realizar el análisis de depósitos en las distintas alturas y profundidades se observó que no se logró reducir el error experimental como para modificar el resultado del análisis de depósitos. Esto permite inferir que dentro de los límites de este ensayo la densidad foliar de los árboles expresada como L.A.I. o porosidad de los árboles no afecta significativamente la cantidad y la distribución de los depósitos de BSF.

El porcentaje de captación de BSF por parte de los árboles fue muy variable desde 29,6 % a 70,8 %. Si bien el patrón de comportamiento no respondió a ningún modelo, como fue indicado en el párrafo anterior, se señala que, en términos generales los árboles con mayor área foliar poseen mayor capacidad de captación

6.5. Evaluación Física

En las tablas 21 y 22 se presentan los porcentajes de cobertura promedio en la cara más expuesta (α) y menos expuesta de las hojas (β), en las distintas posiciones de árboles

En la parte externa de los árboles, en la cara α de la hoja se observa que existe una interacción altura * pulverizador * tasa de aplicación significativa $p = (0,0404)$. En la figura 17 se puede observar que el pulverizador hidroneumático tradicional con la menor tasa de aplicación presenta una distribución marcadamente desuniforme.

En el sector interno del árbol las interacciones altura * pulverizador * tasa de aplicación no son significativas ($p = 0,1042$). Sin embargo, se observa una disminución significativa del porcentaje de cobertura con la altura ($p = 0,0015$). Esta diferencia es también significativa entre los pulverizadores ($p =$

0,0052), siendo la distribución del pulverizador de flujo transversal más uniforme que el hidroneumático tradicional.

Tabla 21: Porcentajes de cobertura medias en la cara (α) de la hoja en distintas posiciones de los árboles.

| Trat. | Altura I (a)externo | Altura I (b) interno | Altura II (a)externo | Altura II (b) interno | Altura III (a)externo | Altura III (b) interno | C.V. |
|-------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------|
| A | 94.32 | 87.31 | 89.77 | 62.71 | 81.91 | 53.07 | 50,72 |
| B | 99.59 | 88.96 | 74.45 | 83.78 | 46.9 | 26.92 | 34,47 |
| C | 92.82 | 91.24 | 95.86 | 94.32 | 91.41 | 79.58 | 18,99 |
| D | 93.74 | 87.07 | 90.74 | 80.40 | 84.69 | 53.72 | 31,84 |

Tabla 22: Porcentajes de cobertura medias en la cara (β) de las hojas en distintas posiciones de los árboles.

| Trat. | Altura I (a)externo | Altura I (b) interno | Altura II (a)externo | Altura II (b) interno | Altura III (a)externo | Altura III (b) interno | C.V. |
|-------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------|
| A | 52.26 | 33.18 | 31,45 | 14.66 | 32.5 | 13.19 | 95,39 |
| B | 51.28 | 29.95 | 21,15 | 37.39 | 14.48 | 4.11 | 85,01 |
| C | 44.8 | 33.83 | 46.09 | 45.39 | 45.760 | 32.01 | 60,95 |
| D | 41.61 | 42.97 | 30.72 | 29.99 | 19.850 | 13.63 | 81,33 |

En el análisis de la cara β se puede mencionar que no existen interacciones altura * profundidad * pulverizador * tasa de aplicación ($p = 0,5898$) ni de ninguna de las combinaciones de las interacciones triples ($p = 0,0846$; $p = 0,0984$; $p = 0,5193$; $p = 0,1582$). Pero se observan diferencias significativas en altura ($p = 0,0005$), con una marcada reducción de la cobertura a medida que se incrementa la altura. Del mismo modo se observa una diferencia significativamente menor en porcentaje de cobertura en la parte interna de los árboles comparados con la parte externa ($p = 0,0099$).

Se puede mencionar además, una interacción significativa pulverizador * tasa de aplicación ($p = 0,0358$) lo que indica un mejor comportamiento en

cuanto a la distribución del pulverizador de flujo transversal con la tasa de aplicación mayor (figura 17).

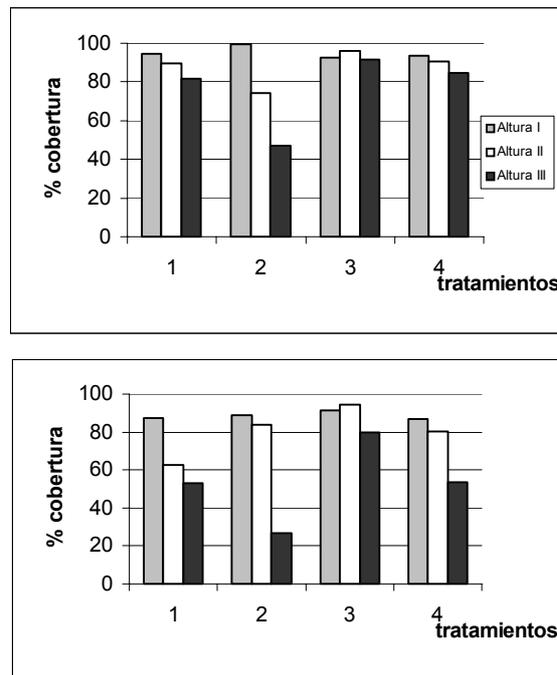


Figura 17: Porcentaje de cobertura sobre papeles hidrosensibles colocados en la cara α de las hojas en el sector externo (arriba) e interno (abajo) de los árboles de manzano

Analizando la cara β de la hoja en el sector externo del árbol, se observa que la cobertura disminuye en forma significativa con la altura ($p = 0,0087$) y hay interacción pulverizador * tasa de aplicación ($p = 0,0265$) lo que pone de manifiesto una distribución más uniforme en del pulverizador de flujo transversal.

En la parte interna existe interacción altura * tasa de aplicación ($p = 0,0048$) lo que indica una cobertura significativamente distinta con las dos tasas de aplicación en las tres alturas. Mientras en la altura I no se observan diferencias en la altura II existe una mejor cobertura de la tasa de aplicación más elevada, en la altura 3 existe una cobertura marcadamente superior con el pulverizador de flujo transversal con la tasa de aplicación mayor. También en

esta posición se confirma un comportamiento significativamente superior ($p = 0,0064$) del pulverizador de flujo transversal

El coeficiente de variación del porcentaje de la cobertura sobre papeles hidrosensibles fue mayor en la cara β comparada con la cara α .

En ambas caras el pulverizador hidroneumático tradicional con la tasa de aplicación más elevada tuvo el mayor coeficiente de variación (95,39 y 50,72 % en las caras β y α respectivamente). Contrariamente el pulverizador de flujo transversal con la mayor tasa de aplicación, tuvo el menor coeficiente de variación de los tratamientos evaluados (60,95 y 18,99 % en las caras β y α respectivamente).

Ambos pulverizadores con la menor tasa de aplicación tuvieron una variabilidad semejante en ambas caras de la hoja

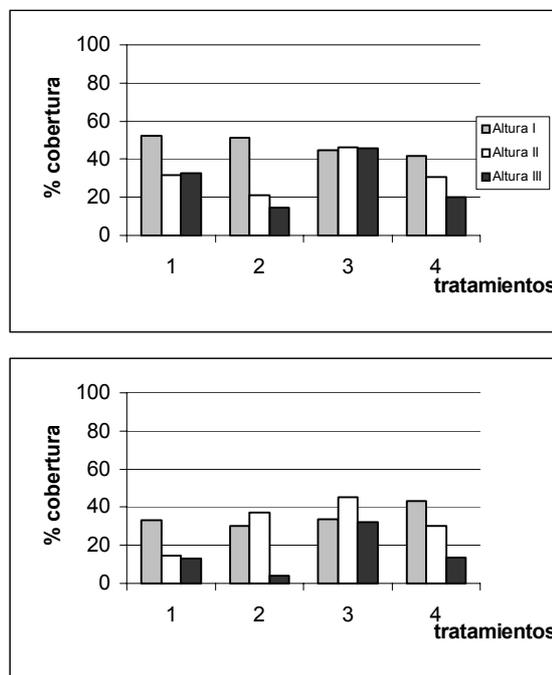


Figura 18: Porcentaje de cobertura sobre papeles hidrosensibles colocados en la cara β de las hojas de manzanos en el sector externo (arriba) e interno (abajo) de los árboles

Con el objeto de evaluar la uniformidad de la aplicación en las dos caras de las hojas, se propuso el coeficiente de homogeneidad (CH) que responde a la siguiente expresión:

$$CH = \frac{\% \text{ de Cobertura en la cara } \beta \text{ de la hoja}}{\% \text{ de Cobertura en la cara } \alpha \text{ de la hoja}}$$

En la tabla 23 se presentan los valores de CH promedios para las distintas posiciones y tratamientos

Se puede señalar la existencia de una interacción triple significativa profundidad * pulverizador * tasa de aplicación ($p = 0,0348$) lo que indica una uniformidad distinta entre pulverizadores según la tasa de aplicación y la profundidad considerada.

Tabla 23: Coeficientes de homogeneidad medios en distintas posiciones de los árboles.

| Trat. | Altura I (a)externo | Altura I (b) interno | Altura II (a)externo | Altura II (b) interno | Altura III (a)externo | Altura III (b) interno |
|-------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| A | 0,55 | 0,39 | 0,37 | 0,25 | 0,43 | 0,31 |
| B | 0,52 | 0,36 | 0,24 | 0,46 | 0,33 | 0,30 |
| C | 0,49 | 0,38 | 0,48 | 0,48 | 0,51 | 0,38 |
| D | 0,45 | 0,53 | 0,35 | 0,36 | 0,22 | 0,29 |

En el sector externo de los árboles se observa una interacción significativa pulverizador * tasa de aplicación ($p = 0,0297$). Al analizar la tabla 23 surge que el pulverizador de flujo transversal con la mayor tasa de aplicación presenta un CH similar en las distintas alturas mientras que con la tasa menor de aplicación el CH disminuye con la altura (figura 19).

En el sector interno (figura 19) de los árboles existe una interacción significativa altura * tasa de aplicación ($p = 0,0054$) Se observa que con la menor tasa de aplicación el CH decrece con la altura.

Tanto en el sector interno como externo (figura 19) del árbol el pulverizador de flujo transversal mantiene una mayor uniformidad con la altura.

El conteo de impactos n/cm^2 y la estimación de DVM, y (da), no permitió la obtención de resultados consistentes debido a que el elevado porcentaje de cobertura por sobresaturación de impactos sobre los papeles hidrosensibles en la cara α no permitió la medición de las improntas individuales

En la cara β si bien se pudo observar un mayor porcentaje de papeles hidrosensibles que permiten el conteo de impactos y el cálculo de los diámetros de las improntas el número de las mismas, que superaron porcentaje de cobertura apropiado siguió siendo elevado, lo que no permitió asegurar la consistencia y la utilidad de la información

En la tabla 24 se puede observar que más del 30 % de los papeles evaluados superaba el 40 % de cobertura.

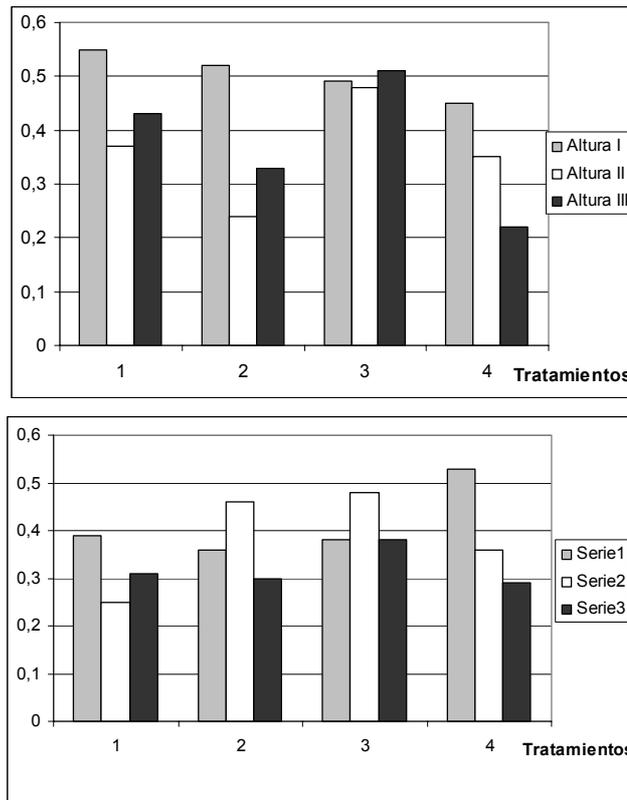


Figura 19: Coeficientes de Homogeneidad medios sobre papeles hidrosensibles en el sector externo (arriba) e interno (abajo) de los árboles

Tabla 24: Porcentaje de papeles hidrosensibles de la cara β por rango porcentual de cobertura.

| Rango porcentual de Cobertura | Porcentaje de papeles por rango |
|-------------------------------|---------------------------------|
| - 10 % | 25 % |
| 10 – 20 % | 16 % |
| 20 – 30 % | 15 % |
| 30 – 40 % | 10 % |
| 40 – 50 % | 7 % |
| * 50 % | 27 % |

6.6. Análisis descriptivo

En la tabla 25 se observa a partir de la matriz de correlación de las variables originales la significativa correlación positiva observada en los pares de variables cara α – cara β (0.84) y L.A.I. – porosidad (0.95). Se aprecian además, correlaciones negativas apreciables en las variables L.A.I. y porosidad con respecto a las variables cara α – cara

Tabla 25: Matriz de correlación

| | cara α | cara β | Depósitos | Daño | L.A.I. | Por |
|---------------|---------------|--------------|-----------|------|--------|------|
| Cara α | 1.00 | | | | | |
| Cara β | 0.84 | 1.00 | | | | |
| Depósitos | 0.50 | 0.35 | 1.00 | | | |
| Daño | -0.30 | -0.29 | -0.47 | 1.00 | | |
| L.A.I. | -0.66 | -0.69 | -0.0032 | 0.07 | 1.00 | |
| Por | 0.70 | -0.75 | -0.06 | 0.15 | 0.95 | 1.00 |

Las correlaciones de las componentes principales con las variables originales permiten identificar las componentes con grupos de variables, es así como la primer componente que contiene un 58 % de la variabilidad total se relaciona principalmente con las variables cara α y cara β en sentido negativo con L.A.I. y porosidad en sentido opuesto. Esta observación indicaría que la cobertura disminuye en ambas caras de la hoja con el aumento de la densidad foliar.

La segunda componente principal que contiene un 24 % de la variabilidad total se correlaciona principalmente, en sentidos opuestos, con las variables depósitos y porcentaje de daño. Si bien esta componente explica

6.7.1. Pérdidas por endo y exoderiva

6.7.1. Pérdidas en el suelo

Del análisis de los datos de la tabla 26 surge que las interacciones cuádruples y triples no son significativas. No obstante mostraron diferencias significativas las interacciones dobles distancia * pulverizador ($p = 0,0264$); dirección * pulverizador ($p = <0,0001$) tasa de aplicación * pulverizador ($p = 0,0222$).

Con el objeto de observar los efectos principales se realizaron análisis por separando de las pérdidas por posición, es decir en la fila (S y N) y en el interfilas (E y W)

En la fila, se observa un efecto significativo del tipo de pulverizador ($p = < 0,0001$) lo que se manifiesta en mayores pérdidas en los tratamientos realizados con el pulverizador de flujo transversal (figura 21). Estas pérdidas fueron hasta cuatro veces superiores a las del pulverizador hidroneumático tradicional.

En el interfilas, se observa una interacción significativa pulverizador * tasa de aplicación. ($p = 0,0077$) lo que indica menores pérdidas con el pulverizador de flujo transversal con tasa de aplicación reducida.(figura 22)

Tabla 26: Pérdidas por escorrentía y arrastre del ventilador (μg de BSF/cm² de captador) en la fila y en el interfilas

| Treat. | E1 | W1 | N1 | S1 | E2 | W2 | N2 | S2 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A | 0,0578 | 0,0480 | 0,0242 | 0,0224 | 0,0562 | 0,0516 | 0,0163 | 0,0228 |
| B | 0,0659 | 0,0592 | 0,0194 | 0,0192 | 0,0626 | 0,0524 | 0,0187 | 0,0152 |
| C | 0,0686 | 0,0615 | 0,0715 | 0,0685 | 0,0574 | 0,0529 | 0,0669 | 0,0528 |
| D | 0,0499 | 0,0623 | 0,0642 | 0,0633 | 0,0500 | 0,0435 | 0,0519 | 0,0387 |

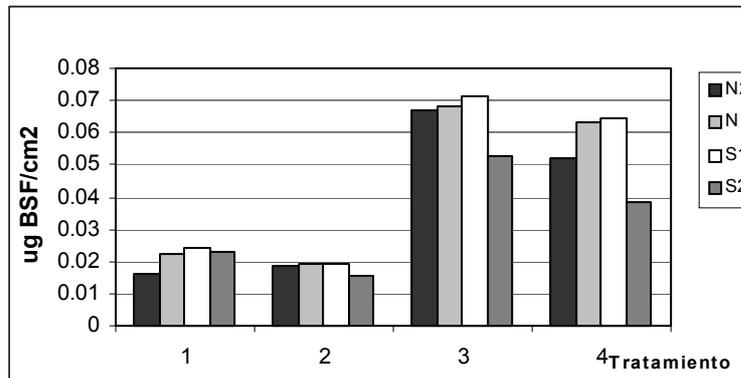


Figura 21: Pérdidas por escorrentía y arrastre del ventilador en la fila (μg de BSF/cm² de captador)

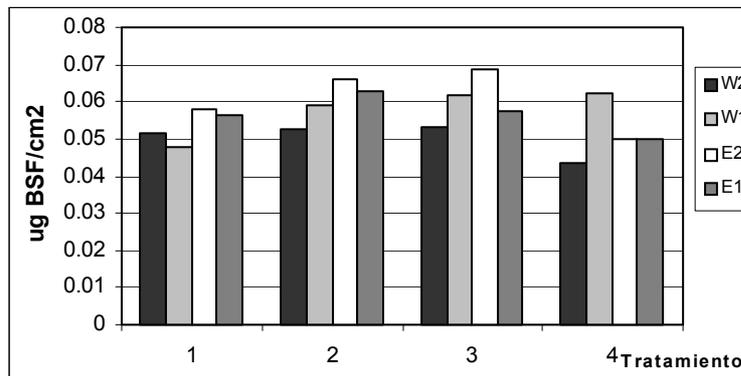


Figura 22: Pérdidas por escorrentía y arrastre del ventilador en el interfilas (μg de BSF/cm² de captador)

6.7.2. Pérdidas por deriva

Se observa una interacción significativa altura * pulverizador ($p = 0,0058$) lo que indica un comportamiento distinto de los pulverizadores en las pérdidas por deriva a las distintas alturas. (Tabla 27).

En la figura 23 se observan mayores pérdidas del pulverizador de flujo transversal a la tasa de aplicación más elevada a 0,5 m de altura.

El pulverizador hidroneumático tradicional presenta mayores pérdidas sobre el nivel superior de los árboles, detectados en las estaciones de captación N° 7; 8; y 9. En este sector las pérdidas provocadas por el pulverizador hidroneumático tradicional son de cinco a ocho veces superior a las del pulverizador de flujo transversal.

Tabla 27: Pérdidas por deriva (μg de BSF por captador) a distintas alturas y distancias del eje del árbol.

| Trat. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | 0,5 m de altura | 1 m de altura | 1,5 m de altura | 2 m de altura | 2,5 m de altura | 3 m de altura | 1 m del eje del árbol | 1,5 m del eje del árbol | 2 m del eje del árbol |
| A | 1,450 | 2,515 | 2,060 | 2,315 | 1,385 | 1,535 | 3,485 | 2,460 | 2,505 |
| B | 1,780 | 2,905 | 3,235 | 2,370 | 1,730 | 1,245 | 2,925 | 2,980 | 3,230 |
| C | 3,060 | 2,720 | 3,365 | 2,385 | 1,620 | 1,925 | 0,415 | 0,500 | 0,440 |
| D | 1,840 | 2,760 | 2,265 | 1,480 | 2,230 | 1,460 | 0,755 | 0,550 | 0,585 |

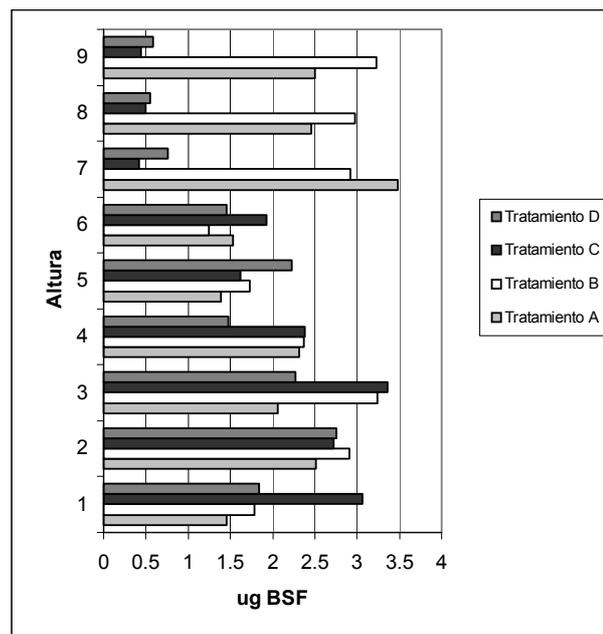


Figura 23: Pérdidas por deriva (expresadas en μg de BSF por captador) en altura 1 a 6 (de 0,5 m a 3 m cada 0,50 cm). Altura de 7 a 9; captadores situados a 3 m sobre el interfilas y a 1; 1,5 y 2 m desde el eje del árbol.

7. DISCUSIÓN

7.1. Blanco biológico

Como se observa en la tabla 10 los valores de L.A.I. calculados en esta evaluación variaron de 0,98 a 2,88. Los mismos parecen coincidir con los registrados por otros autores para huertos de dimensiones similares (Fillat et al. 1994; Pezzi et al. 1999; Huijsmans et al. 1993; Bovolenta et al. 1997).

Baraldi et al. (1984); Huijsmans et al. (1993); Pezzi et al. (1999) no detallan la metodología de estimación del índice de área foliar lo que no permite hacer una comparación metodológica de los resultados.

Fillat et al. (1994) utilizaron la misma metodología empleada en esta investigación para la determinación del L.A.I., lamentablemente no se menciona el número de árboles que constituyeron la muestra ni la variabilidad obtenida.

Por su parte Planas et al. (1996) establecieron una metodología de comparación similar a la detallada en el presente trabajo, correlacionando el L.A.I. con el análisis de la imagen de la densidad de hojas.

Los coeficientes de correlación obtenidos por Planas et al. (1996) fueron menores a 0,5 lo que señala una diferencia con la presente investigación en donde se obtuvieron valores de R^2 elevados sobre todo en los dos niveles superiores: altura 2 – ($R^2 = 0,9137$) altura 3 – ($R^2 = 0,90$).

Sin embargo en el nivel inferior se obtuvo un valor de $R^2 = 0,4821$. En este nivel la superficie cubierta por el tronco y las ramas estructurales de los árboles en la imagen de determinación de la “porosidad” afectó negativamente el coeficiente de correlación.

El menor peso seco de las hojas de los niveles inferiores del árbol, señalado por Barrit et al. (1997) podría ser otro motivo de distorsión del coeficiente de correlación señalado. Se menciona como error metodológico para la determinación del L.A.I. a través de la relación entre el peso y el área, tomar un promedio de hojas de diferentes sectores. Esta práctica llevaría a sobrestimar el área foliar en los niveles superiores y subestimarla en los niveles inferiores.

La estimación de peso seco promedio por cm^2 de hoja, afectando a los valores de materia fresca obtenidos en este trabajo por los porcentajes de materia seca en hoja reportados por Raffo (2003) para las condiciones de la Norpatagonia, se observan valores levemente superiores a los determinados por Barrit et al. (1997). No obstante este autor encuentra variaciones de casi un 100 % entre las hojas del nivel inferior y las del superior.

Cross et al. (2001a) obtiene valores de área foliar de las hojas muy similares a los determinados en este trabajo, con una importante variabilidad entre muestreos.

Tanto lo observado por Barrit et al. (1997) Cross et al. (2001a) y los resultados de la presente investigación indicarían que la estimación del L.A.I. a través del peso de las hojas, traería implícita una alta variabilidad.

Los valores de L.A.I. calculados para las unidades experimentales de esta investigación, pondrían de manifiesto la precariedad de estimar el total de agroquímico captado por los árboles, como el producto entre L.A.I. * G_x , tal como citan entre otros autores Trefan (1985) y Bovolenta et al. (1997). El motivo es que el L.A.I. parece ser altamente variable, aún entre árboles aparentemente semejantes de una misma parcela, y los métodos de estimación implican considerar factores con una alta variabilidad.

Cunningham et al. (1998; 1999) Byers (1984) utilizaron un método de estimación indirecto del L.A.I. a través de un infiltrómetro de luz, sólo con el fin de caracterizar el blanco de aplicación. Cross et al. (2001a; 2001b y 2003) utilizó un método similar denominado LIDAR. Estos métodos al igual que el propuesto en el presente trabajo permite mayor repetitividad y rapidez lo que haría factible tomar mayor número repeticiones.

Lavers et al. (1988) evaluó el efecto de la densidad foliar realizando aplicaciones durante la temporada en distintos estados fenológicos, sin identificar los blancos. Byers (1989) realizan la misma rutina en distintos sistemas de conducción, solo caracterizando los blancos de aplicación por sus dimensiones y el TRV. Travis et al. (1987b) utiliza un método subjetivo de identificación de la densidad foliar caracterizándola como densa, normal o laxa.

Sin embargo no se ha registrado en la bibliografía consultada investigaciones que consideren la identificación particular de cada uno de los árboles objetivos y el efecto del L.A.I sobre el tenor de depósitos.

Tampoco se registran antecedentes que señalen la fuerte variabilidad entre árboles en los valores de L.A.I que se reportan en este trabajo.

La variación del L.A.I. entre unidades experimentales podría deberse a que el huerto utilizado presenta esta particularidad intrínseca, o que esta variabilidad no fue registrada por otros autores. Esta última hipótesis se basa en que el proceso de estimación del L.A.I. por métodos directos requiere de evaluaciones tediosas. Los autores consultados toman sólo una muestra aparentemente representativa de árboles al realizar el ensayo, no

considerando la variabilidad. Por lo tanto, estarían cometiendo un importante error experimental al generalizar a toda la superficie esa estimación.

Los métodos de estimación de blancos de aplicación a través del análisis de la imagen de la densidad de hojas llamados en este trabajo "porosidad" parece ser una metodología de estimación más rápida y adecuada que la evaluación del L.A.I. por métodos directos.

Dentro de las condiciones de la presente investigación no se observaron diferencias en la cantidad y el patrón de distribución de los depósitos, por causa de las distintas densidades foliares de los árboles. Esta observación no coincide con lo señalado por Byers et al. (1984); Travis et al. (1987b) y Labers et al. (1988) Byers et al. (1989). El intento metodológico de reducir el error experimental utilizando como covariable el L.A.I. y la porosidad no permitió modificar significativamente los resultados del análisis de depósitos.

Este comportamiento podría ser consecuencia de la elevada variabilidad de los resultados obtenidos en las pruebas biológicas, en la distribución de BSF y en la evaluación física lo que estaría ocultando el efecto provocado por las distintas densidades foliares de los árboles considerados unidades experimentales.

El efecto de la densidad de los árboles sobre la alteración de la cantidad y distribución de los depósitos y el ajuste de la tasa de aplicación por medio del índice propuesto por Sutton et al. (1984), requerirá de nuevas evaluaciones donde la reducción de los errores experimentales permitan la observación de este factor.

No obstante y de acuerdo a la variabilidad en la densidad foliar observada en este ensayo, la aplicación a campo de estos ajustes estarían condicionados a la determinación rápida de la densidad foliar por medio de dispositivos electrónicos y al ajuste de los pulverizadores en tiempo real, tal lo propuesto por Giles et al. (1987); Moltó et al. (2000; 2001).

7.2 Flujo de aire

Los pulverizadores utilizados en esta evaluación presentan un caudal de aire y consumo de potencia similares. Por lo tanto no se verifica lo señalado por Baraldi et al. (1986) que considera como una de las ventajas de los pulverizadores con deflectores verticales el menor consumo de potencia, producto de la posibilidad de acercar la emisión de la pulverización a las plantas

Tanto el caudal como las velocidades de aire medias en la salida del ventilador tangencial determinadas en este ensayo no coinciden con las calculadas por Siegfried et al. (1990), y por Doruchowski et al. (1996) para un pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales de igual marca y modelo. Sin embargo, ninguno de estos autores mencionó la metodología de evaluación utilizada, ni el régimen de trabajo del ventilador.

El ventilador tangencial parece tener mejor aptitud para el logro de una distribución más uniforme de agroquímicos con relación al ventilador axial. A continuación se detallan algunos de los aspectos observados.

Se confirma lo determinado por Di Prinzio et al. (1994) con respecto a la marcada asimetría en el perfil aerodinámico del ventilador axial. El efecto de esta asimetría sobre la deposición de los depósitos no fue corroborado en esta investigación debido a que se realizaron los ensayos con un sector del pulverizador. No obstante, de acuerdo a lo observado por Blandini et al. (1994) y Cunningham et al. (1998) esta característica de los ventiladores axiales le conferirían una particularidad negativa para lograr una distribución uniforme de los agroquímicos, entre árboles tratados con el sector derecho e izquierdo del pulverizador.

Por su parte el ventilador tangencial permite obtener un perfil más uniforme, lo que se manifestaría en una distribución más homogénea en ambas caras de los árboles.

En concordancia con lo mencionado por Reichard et al. (1979) el flujo de aire provisto por el ventilador axial cae rápidamente con la distancia. Este fenómeno es más atenuado en el ventilador tangencial.

Esta observación es coincidente con lo reportado por Fox et al. (1992) quienes afirmaron que el flujo de aire producido por un ventilador tangencial tiene una acción a mayor distancia que un ventilador axial. También Randall (1971) señaló que la velocidad de flujo entregado por un pulverizador a alta velocidad decrece a una tasa mayor que los de baja velocidad.

Como se puede observar en las tablas 13 y 15 el ventilador axial produce velocidades de aire elevadas en proximidades de la salida, es decir en los sectores bajos de los árboles, pero debido a la rápida caída de la velocidad de aire mencionada en el párrafo anterior, su magnitud en los sectores más alejados de la máquina, es decir parte alta de los árboles disminuye sensiblemente.

La velocidad de salida del ventilador tangencial es significativamente inferior a la del axial, pero por la característica mencionada por Van Ee et al.

(1988) de concentrar el aire directamente en la planta, mantiene velocidades de aire más uniformes en todo el perfil de los árboles. El pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales posee la característica de acercar la interfase aire-líquido a la planta, esta particularidad permitiría mejorar la distribución del agroquímico, según lo observado por Fillat et al. (1994) y Baraldi et al. (1986).

Se confirma en esta investigación que los ventiladores tangenciales evaluados poseen una menor velocidad de aire con una mayor sección de salida que el ventilador axial, con un mismo caudal de aire. A esta característica de los ventiladores tangenciales Miller et al. (1991) le atribuyen la formación de una cortina de aire con flujo de baja turbulencia lo que les confiere su aptitud para el transporte y la penetración de la pulverización.

Ambos pulverizadores presentaron velocidades de aire mayores a 3m/s dentro de los 3 m de altura y 2 m de distancia del centro del pulverizador, valores estos que fueron señalados como mínimos para la obtención de un correcto transporte y penetración del agroquímico dentro del árbol (Antonin et al. 1976; Trefan 1985;).

Las velocidades de aire menores y más uniformes presentadas a la salida del ventilador tangencial permitiría una menor distorsión del espectro de pulverización que con el ventilador axial, de esta forma se mantendría un mayor control sobre el tamaño y número de gotas erogadas por las boquillas escogidas (Reichard et al. 1977; Blandini et al. 1994)

Cross et al. (2001a) y Doruchowski et al. (1996) atribuyen a los ventiladores axiales de los pulverizadores hidroneumáticos tradicionales la condición de ser aptos para un amplio rango de plantaciones, no obstante, la fruticultura moderna se desarrollará sobre la base de árboles de porte controlado, para los que el pulverizador con ventiladores de flujo tangencial pareciera ser más apropiado. El pulverizador de flujo transversal tendría además mayor versatilidad que los pulverizadores de túnel, sobre todo en regiones como la Norpatagonia en donde uno de los métodos más efectivos para la defensa contra heladas tardías es el riego por aspersión, cuya instalación requiere la colocación de los aspersores por encima de los árboles, aspecto este que causaría inconvenientes en el uso de los pulverizadores de túnel.

7.3. Control de *Cydia Pomonella* (L.)

Existen algunos antecedentes de la respuesta biológica de *Cydia pomonella* (L.) como metodología para evaluar calidad de la aplicación de agroquímicos (Hogmire et al. 1991; Campbell et al. 1988; Cross et al. 1990). No obstante, estos antecedentes se remiten al análisis de daño a campo, lo que implica una alta variabilidad en la distribución de la plaga. Este factor parece minimizarse con la evaluación por medio de pruebas biológicas como las realizadas en el presente trabajo.

En esta investigación se observaron niveles de daño de *Cydia pomonella* (L.) significativamente superiores en la parte interna (7,64%) con respecto a la parte externa (3,6%). Este comportamiento pareciera coincidir con lo citado por diferentes autores, respecto de la distribución de agroquímicos en los árboles (Juste et al. 1990; Cunningham et al. 1998; Val et al. 1994; Whitney et al. 1991).

La aplicación con el pulverizador hidroneumático tradicional a la menor tasa presentó el peor control de *Cydia pomonella* (L.). El resto de los tratamientos no se diferenciaron entre sí. Esto indica una coincidencia con lo observado por Van Ee et al. (1988) quienes afirmaron que un pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales permitiría una distribución de agroquímicos igual o superior a un pulverizador hidroneumático tradicional, aún con tasas reducidas.

La reducción del control con la disminución de la tasa de aplicación también fue observada por otros autores en diferentes plagas (Baraldi, 1984).

Por otra parte Campbell et al. (1988) observaron que a medida que aumenta la tasa de aplicación entre 200 y 1000 L/ha se incrementa el control de *Cydia pomonella* (L.). Esta afirmación coincide parcialmente con lo observado en el presente trabajo, ya que el menor control se produce con la reducción de la tasa de aplicación con el sistema tradicional. No obstante no se observó menor control con la reducción de la tasa de aplicación con el pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales.

7.4. Depósitos de agroquímico en las hojas

El tenor de depósitos fue distinto según el pulverizador, la altura y la profundidad en el árbol.

En general se observó un menor tenor de depósitos en el sector interno de los árboles, lo que es coincidente con un mayor porcentaje de daño de *Cydia pomonella* (L.) detectados en las pruebas biológicas en este sector.

En la parte baja y externa de los árboles no se observaron diferencias entre los tratamientos, lo cual es coincidente con lo observado por (Doruchowski et al. 1996; Withney et al. 1991; Cunningham et al. 1998) entre otros autores.

En los sectores medios y altos en las aplicaciones con el pulverizador hidroneumático tradicional y en la parte alta con el pulverizador de flujo transversal con tasas reducidas se producen depósitos inferiores a los otros tratamientos. Este comportamiento se repite frecuentemente en las aplicaciones de agroquímicos en fruticultura (Juste et al. 1991; Withney et al. 1991; Val et al. 1994; Cunningham et al. 1998).

En el sector interno de los árboles en todas las alturas las aplicaciones realizadas con el pulverizador de flujo transversal presentaron mayores tenores de depósitos que las realizadas con el pulverizador hidroneumático tradicional. Esta aptitud del pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales es coincidente con lo observado por Van Ee (1988) quien atribuyó mayor capacidad de transporte y penetración a los ventiladores tangenciales.

En el sector interno de los árboles al igual que en el externo el nivel de depósitos se redujo con la altura y con la tasa de aplicación. Este efecto fue menos marcado con el pulverizador de flujo transversal. La reducción de los depósitos con el incremento de la altura en los árboles con la utilización de pulverizadores hidroneumáticos tradicionales fue señalada por un importante número de autores (Juste et al. 1990; Cunningham et al. 1998; Doruchowski et al. (1996); Val et al. 1994; Whitney et al. 1991).

La mejor distribución del agroquímico en las distintas alturas del árbol con el pulverizador transversal con ventiladores tangenciales, podría estar determinada por la aptitud del mismo para acercar la pulverización (interfase aire-líquido) a la planta como ya fue mencionado por Fillat et al. (1994); Ade et al. (1986) y Giles et al. (1989).

Otro factor que pareciera determinar un aumento en la deposición es la posibilidad de orientar el flujo de aire hacia atrás (Perghers et al. 1997; Pezzi et al. 2000). No obstante, debido a que no se incluyó un tratamiento con el pulverizador con ventiladores tangenciales con el flujo de aire orientado de forma normal a la fila de los árboles esta afirmación no podría confirmarse dentro de los alcances de este proyecto.

El patrón de distribución del pulverizador hidroneumático tradicional analizado en el banco de lamelas se caracteriza por presentar un porcentaje

importante de líquido en el sector bajo del blanco. Esta observación es coincidente con la realizada por Holownicki et al. (2000)

La distribución vertical más uniforme del pulverizador de flujo transversal observada en el patrón obtenido en el banco de lamelas, podría estar condicionando favorablemente el mejor comportamiento a campo de este pulverizador.

En la presente evaluación se obtuvieron coeficientes de variación inferiores a los obtenidos por Whitney et al. (1991) evaluando pulverizadores tangenciales e hidroneumáticos tradicionales. Estos autores observaron coeficientes de variación superiores a 100% y mayores deposiciones con el pulverizador hidroneumático tradicional. En esta evaluación se establecieron coeficientes de variación que variaron de 26,78 a 41,1%. Las diferencias entre ambas determinaciones podrían deberse a la mayor densidad foliar de las plantas de cítricos en comparación con los árboles de pomáceas, además de la metodología de evaluación utilizada.

Los coeficientes de variación determinados para la distribución de BSF en los árboles podrían indicar una distribución homogénea para todos los tratamientos evaluados (Trefan, 1985)

En la presente investigación el pulverizador hidroneumático tradicional presentó la mayor variabilidad en la distribución física y en la química con la tasa más elevada de aplicación, no obstante, permitió un control adecuado de *Cydia pomonella* (L.). Esta afirmación no coincide con lo observado por Hall (1997) que atribuyó la reducción del efecto biológico a la variabilidad de los depósitos.

7.5. Evaluación física de la aplicación

Los resultados de la distribución física sobre papeles hidrosensibles parecen confirmar lo mencionado en párrafos anteriores. El pulverizador tradicional con ventilador axial presenta una disminución del porcentaje de cobertura a medida que se incrementa la altura de muestreo; este efecto es más importante con la tasa de aplicación reducida.

Si este efecto lo asociamos a la distribución menos uniforme en el banco de lamelas, al mayor nivel de daño de *Cydia pomonella* (L.) y a la menor uniformidad de la distribución de los depósitos, podríamos ser concluyentes con respecto al comportamiento de ambos pulverizadores. Existe coincidencia con lo observado por Salyani et al. (1990) en que el parámetro de evaluación más confiable con elevadas tasas de aplicación es el porcentaje de área cubierta.

Los resultados de esta evaluación parecieran coincidir con los observados por Ceruto et al. (1998) sobre la inconveniencia de utilizar papeles hidrosensibles para evaluaciones con tasas de aplicación superiores a los 400-600 L/ha. Con las tasas de aplicación utilizadas en esta investigación se corrobora la imposibilidad de realizar la evaluación de número y diámetro de impactos sobre papeles hidrosensibles, no obstante la evaluación de cobertura ha permitido incorporar interesantes elementos al análisis para complementar la información de las pruebas biológicas y del análisis de depósitos.

Salyani et al. 1999 también observaron una elevada variabilidad de los patrones de cobertura vinculados a la colocación de los papeles en el blanco. En la presente evaluación los coeficientes de variación se ubicaron entre 18,99 y 95,39%, siendo mayores para el pulverizador hidroneumático tradicional con la mayor tasa de aplicación.

La elevada variabilidad entre sectores del árbol de los parámetros evaluados no permiten correlacionar los porcentajes de cobertura sobre papeles hidrosensibles con la mortalidad de *Cydia pomonella* (L.).

No obstante considerando que en el sector interno se obtuvo un control significativamente inferior de la plaga y que este control fue significativamente inferior con el pulverizador hidroneumático tradicional a la tasa menor, se podría hipotetizar que los niveles mínimos de cobertura se ubicarían entre el 20 y 30%. Valores semejantes a los mencionados fueron reportados por Val et al. (1994) quienes mencionaron como valores mínimos razonables al 20% de cobertura y por Moltó et al. (1999) que citaron como buena cobertura valores ubicados entre 30 y 80%.

El coeficiente de variación determinado sobre los papeles hidrosensibles parece corresponderse con los de la distribución de BSF. En ambos casos el menor coeficiente de variación corresponde al pulverizador de flujo transversal con la mayor tasa de aplicación y la mayor variabilidad corresponde al pulverizador hidroneumático tradicional con la tasa mayor de aplicación. Para los daños de *Cydia pomonella* (L.), los mayores niveles de variabilidad se observan con la tasa reducidas, fundamentalmente con el pulverizador hidroneumático tradicional. Este comportamiento podría deberse a que una pequeña disminución de la dosis de agroquímico en los sectores más comprometidos del árbol podría ser consecuencia de la aplicación de una dosis subletal y consecuentemente de un aumento en los daños en estos sectores. Para los tratamientos con altas tasas de aplicación, la cobertura mínima estaría garantizada como consecuencia de una sobre dosificación en

los sectores bajos de los árboles es decir de una mayor ineficiencia. El pulverizador de flujo transversal, por su capacidad de distribuir más uniformemente el agroquímico pareciera alcanzar un balance entre eficiencia y control de *Cydia pomonella* (L.)

Es oportuno destacar que los valores mencionados se deben considerar solo para aplicaciones diluidas, con altas tasas de aplicación. La reducción de tasas de aplicación con la consecuente concentración de principio activo permitirá la evaluación de otros parámetros de calidad incluyendo el número de gotas y el diámetro de las mismas.

El coeficiente de uniformidad propuesto en el presente trabajo permite obtener otra mirada sobre la uniformidad de la microdistribución, es decir la distribución sobre un sector determinado, en este caso cara α y β de las hojas.

Este indicador muestra una mayor uniformidad de aplicación por parte del pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales en las distintas alturas y en ambas profundidades.

Existe coincidencia con lo observado por Cross et al. (2001a) quienes afirmaron que la diferencia entre cara α y β fue de 2 a 3 veces en el tercio inferior del árbol. En esta investigación la diferencia en el tercio superior alcanzó las 5 veces en los pulverizadores hidroneumáticos tradicionales y tres veces en los de flujo transversal. Cross et al. (2001a) atribuyen este comportamiento al ángulo de aplicación de los pulverizadores hidroneumáticos tradicionales.

7.6. Pérdidas por exo y endoderiva

Con respecto a las pérdidas por endoderiva se puede observar que el nivel de pérdidas en la fila es significativamente superior con el pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales. Esta observación es coincidente con lo reportado por Doruchowski et al. (1996).

Las pérdidas de BSF podrían ser consecuencia de la orientación del ventilador, Peghers et al. (1997) observaron este incremento leve de las pérdidas como consecuencia de orientar 118° hacia atrás a un ventilado de flujo transversal.

Holownicki et al. (2000) contrariamente observó que con 20° de inclinación hacia atrás no se incrementan las pérdidas significativamente, pero aumenta la cantidad media de depósitos en la planta

Las pérdidas parecen ser consecuencia del fenómeno explicado por Planas et al. (1991) quienes atribuyeron estas pérdidas al arrastre del flujo de aire del ventilador más que a la escorrentía en las hojas.

Fox et al. (1993) difieren de lo observado en esta evaluación pues no detecta diferencias en pérdidas en el suelo entre el pulverizador hidroneumático tradicional y uno con ventiladores tangenciales.

Las pérdidas presentadas en la presente investigación podrían minimizarse fácilmente con un deflector que limite el flujo de aire al follaje de los árboles o a través de un leve giro de los ventiladores que pasarían a formar un ángulo levemente superior a 90° con el suelo, lo que permitiría la elevación del flujo, disminuyendo de esta forma la pérdida en la fila.

En el interfilar el ventilador tangencial con la menor tasa de aplicación, presenta las menores pérdidas, lo que es coincidente con lo observado por Fox et al. (1993). Las pérdidas por exoderiva por sobre el nivel del cultivo fueron significativamente superiores con el pulverizador hidroneumático tradicional. Este comportamiento podría ser explicado observando la distribución en el banco de lamelas.

Las pérdidas observadas con la utilización del pulverizador hidroneumático tradicional no parecen ser fácilmente controladas por el uso de un deflector en la parte superior del ventilador. Esta observación es coincidente con lo observado por Fox et al. (1993) para una comparación entre pulverizadores similares.

8. CONCLUSIONES

8.1. Prestaciones comparativas

Los resultados obtenidos en la presente investigación ponen en evidencia un mejor comportamiento de un pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales con relación a otro hidroneumático tradicional, a través de los aspectos relevantes que se detallan a continuación.

El pulverizador de flujo transversal con ventiladores tangenciales posee mejores características aerodinámicas que el pulverizador hidroneumático tradicional, que se manifiestan a través de un perfil más uniforme. Por otra parte, el pulverizador de flujo transversal evaluado tiene la ventaja de poseer el flujo de aire limitado a la altura de los árboles con menores velocidades de aire a la salida, lo que le confieren condiciones adecuadas para las modernas plantaciones de frutales.

En términos generales el control de *Cydia pomonella* (L.) es más dificultoso en el interior de los árboles que en la parte externa de los mismos, lo que se manifiesta en niveles de daño que duplican a los obtenidos en el exterior de los árboles. No obstante, el pulverizador de flujo transversal presenta mejor penetración en el interior de la copa de los árboles tratados.

El pulverizador de flujo transversal permite una aplicación más uniforme en los distintos niveles en altura de la copa. Este comportamiento se verifica por medio de la distribución del químico utilizado como trazante y del análisis físico de la cobertura evaluado por medio de papeles hidrosensibles.

El pulverizador de flujo transversal con la tasa más elevada presentó una microdistribución, más uniforme en todos los sectores del árbol, considerando que *Cydia pomonella* (L.) deambula unos pocos centímetros antes de penetrar en el fruto, una mayor heterogeneidad en la microdistribución podría ser causa de aparición de formas resistentes.

El pulverizador hidroneumático tradicional presenta niveles de depósito y cobertura alrededor de dos veces superiores en la parte baja de los árboles, comparadas con los sectores altos e internos de los mismos. Este comportamiento no se verifica con el pulverizador de flujo transversal sobre todo en las aplicaciones con tasas más elevadas.

La mejor distribución del agroquímico realizada por el pulverizador de flujo transversal, permite obtener niveles adecuados de control de *Cydia pomonella* (L.) aún con tasas de aplicación reducidas.

Esta posibilidad de utilizar una dosis reducida en el 20 % hace posible disminuir los costos de aplicación significativamente, además de la contaminación ambiental y los riesgos para la salud humana.

El pulverizador de flujo transversal evaluado permite reducir de 5 a 8 veces las pérdidas por deriva por sobre el nivel superior de los árboles.

El pulverizador con ventiladores tangenciales utilizado presentó mayores pérdidas por endoderiva en el interfilar, este aspecto debe ser estudiado en futuras investigaciones, con el objeto de evaluar alternativas para reducir estas pérdidas. La orientación de los ventiladores y la colocación de deflectores podrían disminuir significativamente las pérdidas por endoderiva

A los pulverizadores hidroneumáticos tradicionales, se les atribuye una gran versatilidad en la utilización, ya que la fruticultura tradicional se desarrollaba sobre árboles de gran porte y densidad. En la actualidad la fruticultura moderna se desarrolla sobre árboles de porte controlado, en ese contexto los pulverizadores de flujo transversal poseen mayor eficiencia en el control de plagas, sin perder la versatilidad, simplicidad y bajo coste.

8.2. Aportes metodológicos

Desde el punto de vista metodológico se pueden señalar los siguientes aportes:

- Se confirmó la imposibilidad de uso de papeles hidrosensibles para evaluar tamaños de impactos con altas tasas de aplicación. No obstante el uso de los mismos para determinar porcentaje de cobertura, resulta una información de interés al momento de realizar un análisis integral de la aplicación. Por otro lado los papeles hidrosensibles son la herramienta más adecuada para evaluar la microdistribución de la aplicación, ya que la utilización de trazantes químicos en este tipo de evaluación sería metodológicamente engorrosa.
- La concordancia entre pasaje de luz en el árbol y área foliar determinados en este trabajo, puede ser una información útil para el desarrollo de sistemas electrónicos de control activo que permitan el ajuste de la tasa de aplicación a tiempo real.
- La evaluación de la aplicación de agroquímicos por medio de ensayos biológicos, químicos y físicos permite un análisis holístico del proceso. Debido a la complejidad del proceso de control de plagas y enfermedades, las conclusiones surgidas del análisis de estos factores en forma aislada pueden conducir a errores de interpretación.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ADE, G. 1986. Prestazioni dei ventilatori assiali per le irroratrici. Italia, ATTI Giornate Fitopatologiche. (2) : 499–508.
- ALM, S.R.; REICHARD, D.L.; HALL, F.R. 1987. Effects of Spray Drop Size and Distribution of Drops Containing Bifenthrin on *Tetranychus urticae* (Acari:Tetranychidae). J. of Econ. Ent. (80) 2 : 517-520.
- ALM, S.R.; REICHARD, D.L.; WILLIAMS, R.N.; HALL, F.R. 1989. Mortality of first-instar grape berry moths (Lepidoptera: Tortricidae) due to dosage and size of spray drops containing fenprothrin. J. of Econ. Ent. 82 (4) : 1180-1184.
- ANTONIN, Ph.; FELLAY, D. 1976 L'influence du type de pulvérisateur sur l'efficacité des traitements antiparasitaires en arboriculture. Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic. 8: 111-131
- BAIN, Ch.; BERVARD, J. L.; FOURGEROUX, A. 1995. Protection des cultures et travail des homes. Edit. Le Carrousel. 260 p.
- BALSARI, P.; TAMAGNONE, M. 1998. The necessity to determine the correct amount of air to use in airblast sprayer. Oslo, AgEng. A-0.75.
- BARALDI, G.; ADE, G.; CESARI, A.; BERTINI, M. 1984. Evaluation of apple tree spraying systems in Italy. UK, British Protection Conference. 981-986.
- BARALDI, G.; ADE, G.; SERVADIO, P.; COMAI, M. 1986. Caratteristiche della distribuzione di irroratrici modificate Italia, Atti Giornate Fitopatologiche. (2) : 491-498.
- BARRIT, B.; ROM, C.; GUELICH, K.; DRAKE, S.; DILLEY, M. 1987. Canopy position and light effects on spur leaf, and fruit characteristics of "delicious" apple. HortScience. 22 (3) : 402-405.

- BERENBAUM, M. R. 1998. Bugs in the System. Insects and Their Impact on Human Affairs. Massachusetts: Perseus Books.
- BLANDINI, G.; SCHILLACI, G. 1994. Parameters influencing spray deposition in citrus pest control. Fruit, nut and vegetable production engineering cultural systems, mechanical and robotic harvesting. 1 : 133-140.
- BOVOLENTA, S.; PEZZI, F.; RONDELLI, V. 1997. Due metodi di irrorazione ad aeroconvezione per frutteto. Rivista di Ing. Agr. 2 : 73-78.
- BURT, E.; SMITH, D. 1974. Effect of droplet sizes on deposition of ULV spray. J. of Econ. Ent. 67 (6) : 751-754.
- BYASS, J. CHARLTON, G. 1964 Spray drift in apple orchards. J. of Agr. Engng. Res. 9 (1) : 48-59.
- BYERS, R.E.; LYONS, C.G.; YODER, K.S.; HORSBURGH, R.L.; BARDEN, J.A.; DONOHUE, S.J. 1984. Effects of apple tree size and canopy density on spray chemical deposit. HortScience. 19 (1) : 93-94.
- BYERS, R.E.; HOGMIRE, H.W.; FERREE, D.C.; HALL, F.R.; DONAHUE, S.J. 1989. Spray chemical deposits in high-density and trellis apple orchards. HortScience 24(6) : 918-920.
- CAMPBELL, M.M.; LOVELESS, R.T.; EVANS, P.T. 1988. Effects of spraying volume and chemical rate on the control of apple scab (*Venturia inaequalis*) and codling moth (*Cydia pomonella*) in an apple orchard. Crop Protection. (7) : 112-117.
- CARSON, R. 1962. Silent Spring. Nueva York: Houghton Mifflin Company, 368 p.
- CERRUTO, E.; D'AMICO, R.; FAILLA, S.; SCHILLACI, G. 1998. Effects of axial fan and ground speed on spray coverage and impacts number in citrus groves. Oslo, AgEng, 98-a-020.

- CERRUTO, E.; FAILLA, S. 1999. Comportamento di un'irroratrice in un agrumeto. *Rivista di Ing. Agr.* 3 : 175-183.
- CHIBA, M. 1973. Distribution of Spray Deposits in Peach Trees and Number of Leaves that Constitute an Adequate Sample. *J. of Econ. Ent.* 67 (4) : 529-534.
- CICHON, L.; DI MASI, S.; FERNÁNDEZ, D.; MAGDALENA, J.C.; RIAL, E.; ROSSINI, M. 1996. Guía ilustrada para el monitoreo de plagas y enfermedades en frutales de pepita. General Roca: INTA Alto Valle, 72 p.
- CICHÓN, L.; MAGDALENA J.; 1992 Avances en la determinación de volúmenes apropiados a pulverizar, en los distintos montes de manzanos, en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén. *Rivista di agricoltura subtropicale e tropicale* 86(2): 357 – 362.
- COOKE, B.K.; HISLOP, E.C. 1993. Spray Tracing Techniques. Application Technology for Crop Protection. U.K, CAB International. Cap 2 : 85-100.
- CORY, W.T.W 1990. Fan noise prediction and practice. Woods of Colchester Ltd. 13 p.
- COWELL, C; LAVERS, A; TAYLOR, W. 1988. A preliminary evaluation of a surface deposit fluorimeter for assessing spray deposition in the field. *Annales International Symposium on pesticide application*. París, ANPP. Session 1 : 19-29.
- CROSS, J.V.; BERRIE, A.M. 1990. Efficacy of reduced volume and reduced dose rate spray programmes in apple orchards. *Crop Protection*. 9 : 207-217.
- CROSS, J.V. 1991. Patterning of spray mass flux form axial fan airblast sprayers in the orchard. En: *Air-assisted spraying in crop protection*. BCPC Mono, N° 46.

- CROSS, J.V.; DICKLER, E. 1994. Guidelines for Integrated Production of Pome Fruits in Europe. IOBC Technical Guide III. 2^a ed. Bologna: J.V. Cross & E. Dickler: 17 (9) 40 p.
- CROSS, J.V.; WALKLATE, P.J.; MURRAY R.A.; RICHARDSON G.M. 2001a. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 1. Effects of spray liquid flow rate. *Crop Protection* 20 : 13 – 30
- CROSS, J.V.; WALKLATE, P.J.; MURRAY R.A.; RICHARDSON G.M. 2001b. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality. *Crop Protection* 20 : 333 – 343
- CROSS, J.V.; WALKLATE, P.J.; MURRAY R.A.; RICHARDSON G.M. 2003. Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 3. Effects of air volumetric flow rate. *Crop Protection* 22 : 381 - 394
- CUNNINGHAM, R.T.; BRANN, J.L.; FLEMING, G.A. 1962. Factors Affecting the Evaporation of Water from Droplets in Airblast Spraying. *J. of Econ. Ent.* 55 (2) : 192-199.
- CUNNINGHAM, G.P.; HARDEN, J. 1998. Reducing spray volumes applied to mature citrus trees. *Crop Protection*. 17 (4) : 289-292.
- CUNNINGHAM, G.P.; HARDEN, J. 1999. Sprayers to reduce spray volumes in mature citrus trees. *Crop Protection*. 18 : 275-281.
- DI PRINZIO, A.P.; MAGDALENA, J.C.; AYALA, C.D.; FRASSETTO, E. 1994. Evaluación del sistema de transporte de una Pulverizadora Hidroneumática. Documento de trabajo. General Roca, Universidad Nacional del Comahue - INTA EEA Alto Valle, 18 p.
- DORUCHOWSKI, G.; HOLOWNICKI, R.; GODYN, A. 1996. Deposit and loss of spray in orchard as affected b spray discharge system and air jet setting. *International Conference on IFP*. 383-384.

- DORUCHOWSKI, G.; SVENSSON, S.A.; NORDMARK, L.. 1996. Spray deposit within apple trees of differing sizes and geometry at low, medium and high spray volumes. International Conference on IFP. 289-294.
- DU PUY, J.; MARCHAND, M.; PELOSSIER, R. 1985. Approche methodologique de l'evaluation biologique d'un fongicide colza en traitement aeriew UBV et BV. Annales International Symposium on pesticide application. Paris, ANPP, 5 : 275-280.
- EBERT, T.A.; TAYLOR, R.A.J.; DOWNER, R.A.; HALL, F.R. 1999. Deposit structure and efficacy of pesticide application. 2 : trichoplusia ni control on cabbage with fipronil. Pesticide Science. 55 : 793-798.
- F.A.O. 1998. Anuarios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Serie de estadísticas mundiales de producciones y precios de manzanas y peras.
- FILLAT, A.; PLANAS, S.; BOSCH, M.; PONS, L.; SOLANELLES, F. 1994. Measuring contamination (loses to the soil & drift) of pesticide application on fruit orchards. En: Fruit, nuit and vegetables production engineering. Vol 1: cultural systems mechanical and robotic harvesting. 1 : 195-203.
- FISHER, R.; MENZIES, D.; HERNE, D.; CHIBA, M. 1974. Parameters of Dicofol Spray Deposit in Relation to Mortality of European Red Mite. J. of Econ. Ent. 67 (1) : 124-126.
- FOX, R.; BRAZEE, R.; REICHARD, D. 1985. A model study of the effect of wind on air sprayer jets. Transactions of the ASAE. 28 (1) : 83 - 88.
- FOX, R.; BRAZEE, R.; REICHARD, D.; HALL, F. 1990. Downwind residue from air spraying of a dwarf apple orchard. En: Transactions of the ASAE. 33 (4) : 1104-1108.
- FOX, R.; BRAZEE, R.; SVENSSON, S.; REICHARD, D. 1992. Air Jet velocities from a cross-flow fan sprayer. Transactions of the ASAE. 35 (5) : 1381-1384.

- FOX, R.; REICHARD, D.; KRAUSE, C.; BRAZEE, R.; SVENSSON, S.; HALL, F. 1993. Effects of sprayer type on downwind deposits from spraying orchards. Paper 931078 ASAE, 17 p.
- GASPARETO, E; MACCHI, E; FEBO, P; PESSINA, D. 1987a. Prove di laboratorio su un modello di ventilatore trasversale. Rivista di Ing. Agr. (2) : 104-113.
- GASPARETO, E; MACCHI, E; FEBO, P; PESSINA, D. 1987b. Prove di laboratorio e di campo su un modello di ventilatore a flusso trasversale. Rivista. di Ing. Agr. (4) : 193 – 204.
- GIL SIERRA, J.; ORTIZ-OÑAVATE, J.; RIQUELME SANHUEZA, J. 1998. Effects of air speed and location of nozzles on the deposition of droplets in the canopy of apple trees in high density orchards. Oslo, AgEng. 98-a-100.
- GILES, D. ; DELWICHE, M.; DODD, R. 1987. Control of Orchard Spraying Based on Electronic Sensing of Target Characteristics. Transaction of the ASAE 30 (6) : 1624-1630.
- GILES, D.; DELWICHE, M.; DODD, R. 1989. Spatial Distribution of Spray Deposition from an air-Carrier Sprayer. Transaction of The ASAE 32 (3) : 807-811.
- GOERING, C. BUTLER, J. 1975 Paired field studies of herbicide drift. Transactions of the ASAE. USA: ASAE, 18 (1) : 27 - 34.
- HALE, D. 1978. Performance of air jets in relation to orchard sprayers. J. of Agr. Engng. Res. 23 (1) : 1 -16.
- HALL, F.; REICHARD, D. 1978. Effects of spray droplet size, dosage, and solution per ha rates on mortality of twospotted spider mite. J. of Econ. Ent. 71 (2) : 279-282.

- HALL, F. 1991. Influence of Canopy Geometry in Spray Deposition and IPM. HortScience. 26 (8) : 1012-1017.
- HALL, F.. 1993. Application to plantation crops. En: Application technology for crop protection. U.K., CAB International. Cap 3 : 187-214.
- HALL, F.; KIRCHNER, L.; DOWNER, R. 1993. Some practical limitations of fluorescent tracers used to measure off-target pesticide deposition. Pesticide formulations and application system : 247-255.
- HAYDEN, J.; AYERS, G.; GRAFIUS, E.; HAYDEN, N. 1990. Two Water-Soluble Optically Resolvable Dyes for Comparing Pesticide Spray Distribution. J. of Econ. Ent. 83 (6) : 2411-2413.
- HEIJNE, B.; VAN HERMON, E.; SMELT, J.; HUIJSMANS, J. 1993. Biological evaluation of crop protection with tunnel sprayers with reduced emission to the environment in apple growing. Strasbourg, Annales International Symposium on pesticides application. BCPC. 3 : 321-330.
- HEIJNE, B.; PORSKAMP, H. 1996. Scab and mildew control with emission reducing sprayers in apple growing. Cedzyna, International Conference on IFP. 279-283.
- HERRERA-AGUIRRE, E.; UNRATH, C. 1980. Chemical Thinning Response of "Delicious" Apples to Volume of Applied Water. HortScience: 15 (1) : 43-44.
- HILL, B.; INABA, J. 1989 Use of water-sensitive paper to monitor the deposition of aerially applied insecticides. J. Econ. Entomol. 82 (3) : 974-980.
- HIMEL, CH. 1969. The optimum size for insecticide spray droplets. J. of Econ. Ent. 62 (4) : 919-925.
- HISLOP, E.; WESTERN, N. 1993. Air assisted spraying of cereal plants under controlled conditions. Strasbourg, Annales International Symposium on pesticides application. BCPC. 3 : 289-296.

- HOGMIRE, H.; DIENER, R.; CRIM, V. 1991. Comparison of boom and airblast sprayers on T-trellis apples. *Journal of Agricultural Science* 116 : 253-257.
- HOLOWNICKI, R.; DORUCHOWSKI, G.; GODYN, A.; SWIECHOWSKI, W. 1998. Spray deposit within apple tree canopy as affected by the air-jet direction. Oslo, AgEng. 98-a-021.
- HOLOWNICKI, R.; DORUCHOWSKI, G.; GODYN, A.; SWIECHOWSKI, W. 2000. Variation of spray deposit and loss with the air-jet direction applied in orchards. *J.agric. Engng. Res.* 77(2) : 129 -136
- HUIJSMANS, J.; PORSKAMP, H.; HEIJNE, B. 1993. Orchard tunnel sprayers with reduced emission to the environment. Strasbourg, *Annales International Symposium on pesticides application.* BCPC, 3 : 297-304.
- I.N.T.A. 2001. Estadísticas climatológicas. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. Comunicación personal. 1p.
- IRAM 2000. Norma IRAM 31-0 Magnitudes, unidades y sus símbolos. Parte 0: Principios generales. 1º Ed. 35p
- ISO 2000 Norma 9898 equipment for crop protection – Test methods for air assisted sprayers for bush and tree crops.
- JUSTE, F.; SANCHEZ, S.; IBAÑEZ, R.; VAL, L.; GARCIA, C. 1990. Measurement of spray deposition and efficiency of pesticide application in citrus orchards. *J. Agric. Engng. Res.* 46 : 187-196.
- JUSTE, F.; SÁNCHEZ, S.; IBAÑEZ, R.; VAL, L.; GARCÍA, C. 1994. Measurement of spray deposition and efficiency of pesticide application in citrus orchards. *J. Agric. Engng. Res.* 46 : 187-196.
- KOCH, H. 1993. Application rate and spray deposit on targets in plant protection. Strasbourg, *Annales International Symposium on pesticides application.* BCPC. 2 : 175-182.

- KÜMEL, K.; GÖHLICH, H.; WESTPHAL, O. 1991. Development of practice – oriented control test methods for orchard spray machines by means of a vertical test stand BCPC Mono N° 46 Air – Assisted Spraying in Crop Protection : 27-23.
- LAVERS, A.; COWELL, C. 1988. A preliminary investigation into the efficiency of air assisted sprayers París,. Annales International Symposium on pesticide application. ANPP. 4 : 193-208.
- MAGDALENA, J.C. 2001. Determinación de la tasa de aplicación de agroquímicos en pomáceas (Trabajo presentado para la obtención de la suficiencia investigativa) Universidad Politécnica de Valencia Departamento de Mecanización y Tecnología Agraria) 93 p.
- MATTHEWS, G. 1984. Pest management. First Edition Edit. Longman Group Ltd. 221 p.
- MATTHEWS, G. 2000. Pesticide application methods 3rd Edition Edit. Blackwell Science Ltd. 432 p.
- MAY, M.; STEVENS, D. 1993. Disease control and placement of spray in winter wheat using sleeve boom and twin fluid nozzle spayers. Strasbourg, Annales International Symposium on pesticides application. BCPC
- MENZIES, D. R.; FISHER, R.W. 1979. The Effect of Droplet Volume Median Diameter and Application Rate per Hectare on Coverage Uniformity in Apple Trees. Canadian Agricultural Engineering. 21 (1) : 15-18.
- MERLO, M. V. 2001. Análisis técnico económico de la Cadena Agroindustrial Frutícola en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén. General Roca: INTA Alto Valle, 96 p.
- MILLER, P.; WALKLATE, P.; MAWER, C. 1989. A comparison of spray drift collection techniques. Brighton crop protection conference-weeds-1989. 669-676.

- MILLER, P.; HOBSON, P. 1991. Methods of creating air-assisting flows for use in conjunction with crop sprayers. BCPC Mono. Air-assisted spraying in crop protection. 35-43.
- MILLER, P. 1993. Spray drift and its measurement. Application Technology for Crop Protection. 101-122.
- MOLTÓ, E.; MARTÍN, B.; FABADO, F.; GUTIÉRREZ, A.; RAMOS, P. 1999. Two microcontroller based systems for precise application of pesticides in mediterranean orchards. Precision Agriculture'99. Part 2. 789-796.
- MOLTÓ, E.; MARTÍN, B.; GUTIÉRREZ, A. 2000 Design and testing of an automatic machine for spraying at constant distance from the tree canopy. J. of Agr. Engng. Res. 77 (4) : 379 – 384.
- MOLTÓ, E.; MARTÍN, B.; GUTIÉRREZ, A. 2001 Pesticide Loss reduction by automatic adaptation of spraying on globular trees. J. of Agr. Engng. Res. 78 (1) : 35 -41.
- MUNTHALI, D.; SCOPES, N. 1982. A technique for studying the biological efficiency of small droplets of pesticide solutions and a consideration of the implications. Pesticide Science. (13) : 60-62.
- NEUQUEN (provincia) Subsecretaría de Producción Agraria. 1995. Censo Frutícola 1994. Neuquén : Ministerio de Producción y Turismo, 26 p.
- OSBORNE, W. 1977. Fans. 2da ed.UK : Pergamon Press Ltd., 225 p.
- PALLADINI, L. 2000. Metodología para avaliação da deposição em pulverizações. Tese (doutorado) Universidade Estadual Paulista, Botucatu 111p
- PARKIN, C. 1993. Methods for measuring spray droplet sizes. En: Application technology for crop protection. U.K., CAB International. Cap 2 : 57-84.

- PERGHER, G.; GUBIANI, R. 1995. The effect of spray application rate and airflow rate on foliar deposition in a Hedgerow Vineyard. *J. Agric. Engng. Res.* (61) : 205-216.
- PERGHER, G.; GUBIANI, R. 1997. Analisis della deposizione fogliare e delle perdite di distribuzione di una irroratrice ad aeroconvezione a deflettori orientabili. *Rivista di Ing. Agr.* (1) : 3-10:
- PERGHER, G.; FOGAR, E.; ZUCCHIATTI, N. 2000. Confronto fra diversi tipi di captatori per la determinazione del diagramma di distribuzione delle irroratrici ad aeroconvezione. *Rivista di Ing. Agr.* 1 : 55-62.
- PETERSON, D.; HOGMIRE, H. 1994. Tunnel sprayer for dwarf fruit trees. *Transactions of the ASAE.* 37 (3) : 709-715.
- PEZZI, F.; ADE, G. 1999. Studio dell'erogazione su un prototipo di irroratrice per frutteto. *Rivista di Ing. Agr.* 1: 39-45.
- PEZZI, F.; RONDELLI, V. 2000 The performance of an Air-assisted Sprayer operating in Vines. *J. Agric. Engng Res.* (76) : 331 – 340
- PLANAS, S.; PONS, L. 1991. Practical Considerations Concerning Pesticide Application in Intensive Apple and pear Orchards. (46) : 45-52.
- PLANAS, S.; SOLANELLES, F.; FILLAT, A.; PIFARRÉ, C. 1996. A proposal of methodology for air-assited sprayer assessment in apple orchards. *International conference on agricultural engineering.* vol 1. *AgEng* 96-a-149.
- PLANAS, S.; SOLANELLES, F.; FILLAT, A.; WALKLATE, P.; MIRALLES, A.; ADE, G.; PEZZI, F.; VAL, L.; ANDERSEN, P. 1998 Advances on air-assisted spraying on the mediterranean orchards (fruit, vine and citrus) *AgEng Oslo 98.* Paper N° 98-a-019. 11 p.
- PLANAS, S.; SOLANELLES, F. 1999. Reduction of pesticide inputs to fruit and vineyard crop production by improving the control, operation and

- design of spray application equipment. Final Report. Research Project (CE.DGVI) 32 p.
- RAFFO D. 2003 Intercepción y distribución de la radiación fotosintéticamente activa en manzanos cv Fuyi bajo cuatro sistemas de conducción. Informe de Beca. INTA Alto Valle. 35 p
- RANDALL, J. 1971. The Relationships Between Air Volume and Pressure on Spray Distribution in Fruit Trees. J. Agric. Engng. Res. 16 (1) : 1-31.
- REICHARD, D. RETZER, H. LILJELDAHL, L. HALL, R. 1977. Spray droplet size distributions delivered by air blast orchard sprayers. Transactions of the ASAE. 20 (2) : 232-237.
- REICHARD, D.; FOX, R.; BRAZEE, R.; HALL, F. 1979. Air velocities delivered by orchard air sprayer. Transactions of the ASAE. 22 (1) : 69-74.
- RÍO NEGRO (provincia). 1994. Censar '93. Ministerio de Economía: Subsecretaría de Fruticultura Río Negro. 82 p.
- ROMOSER, W.; STOFFOLANO Jr, J. The Science of Entomology: Wm. C. Brown Publishers 3rd ed
- SALYANI, M. 1988. Droplet size effect on spray deposition efficiency of citrus leaves. Transactions of the ASAE. 31 (6) : 1680-1684.
- SALYANI, M.; WHITNEY, J. 1988. Evaluation of Methodologies for Field Studies of Spray Deposition. Transactions of the ASAE. 31 (2) : 390-395.
- SALYANI, M.; MC COY, C. 1989. Deposition of different spray volumes on citrus trees. Proc. Fla. State Hort. Soc. 102 : 32-36.
- SALYANI, M.; WHITNEY, J. 1990. Ground Speed Effect on Spray Deposition Inside citrus Trees. Transaction of the ASAE. 33 (2) : 361-366.

- SALYANI, M. 1993. Degradation of fluorescent tracer dyes used in spray applications. Pesticide formulations and application systems: 13 th Volume, ASTM STP 1183 Philadelphia 215-226.
- SALYANI, M.; HOFFMAN, W. 1996. Air and spray distribution from an air-carrier sprayer. Applied Engineering in Agriculture. ASAE: 12 (5) : 539-545.
- SALYANI, M.; FOX, R. 1999. Evaluation of spray quality by oil-and water-sensitive papers. Transactions of the ASAE. 42 (1) : 37-43.
- SALYANI, M. 2000. Optimization of deposition efficiency for airblast sprayers. Transactions of the ASAE: 43 (2) : 247-253.
- SIEGFRIED, W.; KREBS, Ch.; RAISIGL, U. 1990. Technique d'application en arboriculture fruitière. Comparaison de différents pulvérisateurs pneumatiques. Revue suisse Vitiv.Arboric.Hortic. 22 (3) : 191-199.
- SIEGFRIED, W.; HOLLIGER, E. 1996. Application technology inf fruit-growing and viticulture. Field Trial Report. 111 p.
- SKOOG, F.; COWAN, F. 1968. Analysis of Spray Deposit on Cards Dyed with Sudan Black BR: Their Preparation and Use. J. of Econ. Ent. 61 (1) : 40-43.
- SMELT, J.; SMIDT, R.; HUIJSMAN, J 1993. Comparison of spray deposition on apple leaves of captazn and the dye brilliant sulfoflavine. Strasbourg, Annales International Symposium on pesticides application. BCPC, 2 : 191-198.
- SMITH, D.; ASKEW, S.; MORRIS, W.; SHAW, D.; BOYETTE, M. 2000. Droplet size and leaf morphology effects on pesticide spray deposition. Transactions of the ASAE. 43 (2) : 255-259.
- SOLANELLES, F.; FILLAT, A.; PIFARRÉ, C.; PLANAS, S. 1996. A method of drift measurement for spray applications in tree crops. Oslo:

- International conference on agricultural engineering, AgEng. 1 : 96-a-133.
- STANILAND, I. 1959. Fluorescent Tracer Techniques for The Study of Spray and Dust Deposit. J. of Agric. Engng. Res. 4 (2) : 110-128.
- SUNDARAM, A.; SUNDARAM, K.; LEUNG, J. 1991. Droplet spreading and penetration of non-aqueous pesticide formulations and spray diluents in kromekote ® cards. Transactions of the ASAE. 34 (5) : 1941-1951.
- SUTTON, T.; UNRATH, C. 1984. Evaluation of the tree-row-volume concept with density adjustments in relation to spray deposits in apple orchards. Plant diseases. 68 (6) : 480-484.
- TRAVIS, J.; SKROCH, W.; SUTTON, T. 1987a. Effect of travel speed, application volume, and nozzle arrangement on deposition and distribution of pesticides in apple trees. Plant disease. 71 (7) : 606-612.
- TRAVIS, J.; SKROCH, W.; SUTTON, T. 1987b. Effect of canopy density on pesticide deposition and distribution in apple trees. Plant disease. 71 (7) : 613-615.
- TREFAN, L. 1985. Possibilità di valutare la distribuzione dei prodotti antiparassitari in frutticoltura. m&ma: 5 : 17-25.
- VAL, L.; MIGUEL, E. DE. 1994. The use of air assisted equipments spraying citrus orchards in the Valencia region. Fruit, nut and vegetable production engineering. Vol 1: cultural systems mechanical and robotic harvesting. 1 : 187-194.
- VAN EE, G.; LEDEBUHR, L. 1988. Performance Evaluation of the "Air.Curtain" Orchard Spraying Concept. Paper 88.043, AgEng; 9 p.
- WHITNEY, J.; SALYANI, M. 1991. Deposition Characteristics of two Air-Carrier Sprayers in Citrus Trees. Transaction of the ASAE. 34 (1) : 47-50.