

**PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD Y
CALIDAD DE APLICACIÓN EN BOQUILLAS DE ASPERSIÓN**

ELIZABETH DE LA PEÑA CASAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para

obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EN RIEGO Y DRENAJE



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

SEPTIEMBRE 2006

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

TESIS

POR
ELIZABETH DE LA PEÑA CASAS

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría
y aprobada como requisito parcial para optar al grado

MAESTRO EN CIENCIAS
EN RIEGO Y DRENAJE

COMITE PARTICULAR

Asesor Principal:

Dr. Martín Cadena Zapata

Asesor:

MC. Gregorio Briones Sánchez

Asesor:

Dr. Felipe de Jesús Ortega Rivera

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Septiembre de 2006.

AGRADECIMIENTOS

“ A Dios le doy gracias por la vida, la salud, el amor, la familia y amistades, además de los triunfos y tropiezos que me puso en el camino y los cuales me han hecho crecer como ser humano”.

A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, por brindarme la oportunidad de trabajar y superarme profesionalmente.

A mi asesor principal Dr. Martín Cadena Zapata por su desinteresado e incondicional apoyo en la realización de la investigación que sustenta este trabajo de tesis y especialmente por la paciencia con la que me dirigió.

Al Dr. Felipe de Jesús Ortega Rivera y principalmente al MC. Gregorio Briones Sánchez por su apoyo y colaboración en la realización de este trabajo.

A mis maestros del Departamento de Riego, Dr. Juan Francisco Pizani, Dr. Felipe Ortega, MC. Sergio Garza Vara, Dr. Alejandro Zermeño, MC. Gregorio Briones Sánchez, por brindarme los conocimientos y ser una guía importante durante mi formación.

A mis compañeros de trabajo, Tomás Gaytán Muñiz, Martín Cadena Zapata, Jesús R. Valenzuela García, Aguinaldo García Santos, Juan Arredondo Valdez y Juan A. Guerrero Hernández, por su amistad y el apoyo que me brindan.

DEDICATORIA

A mi esposo e hijos:

Tomás Escobedo Rodríguez

Tomás Alejandro Escobedo de la Peña

Maximiliano Escobedo de la Peña

Por ser los motores que me impulsaron a cumplir una más de mis metas, proporcionándome apoyo y comprensión durante el desarrollo de mi preparación.

A mis padres:

David de la Peña de la Peña

Ma. Blanca Casas Ibarra

Por el apoyo, comprensión y entusiasmo que me han brindado desde que me dieron la vida, durante la cual me han inculcado los principios para ser una persona de bien.

A mi hermana:

Sofía de la Peña Casas

Con inmenso agradecimiento por su apoyo y ser la madre de mis hijos durante mi preparación.

A mis hermanos con Cariño y Gratitud:

Florencio y David

COMPENDIO

**Procedimiento de Evaluación de la Uniformidad y Calidad de
Aplicación en Boquillas de Aspersión**

Por

ELIZABETH DE LA PEÑA CASAS

MAESTRIA EN
RIEGO Y DRENAJE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Septiembre de 2006.

Dr. Martín Cadena Zapata. – Asesor –

Palabras Clave: Tamaño de gota, boquillas rociadoras, procedimientos de pruebas.

R E S U M E N

El equipo agrícola desempeña un papel importante hoy en día en la agricultura mexicana, siendo de gran importancia en la agricultura el control de plagas, animales y vegetales que atacan a los cultivos evitando su óptimo desarrollo y provocando grandes pérdidas económicas a los

productores, aunado a la utilización de equipo de importación que no fue diseñado para las condiciones de los sistemas de producción del país, surge la necesidad de aplicar procedimientos Mexicanos para evaluar su desempeño. En el presente trabajo se realizó un primer experimento evaluando cinco boquillas hidráulicas de aspersion (AI110015VS, TXB8001VK, TX-VG4, Disco D-1 y Disco D-2), con el fin de evaluar la uniformidad de aplicación, bajo condiciones de laboratorio a presiones controladas (40 a 120 lb.pulg⁻²) y diferentes alturas de aplicación (40, 60, 80, 100 y 120 cm). Las boquillas que presentaron mejores resultados fueron: la AI110015VS (abanico) con una buena uniformidad de distribución de 80 a 120 lb.pulg⁻² y distancias de aplicación sobre el objetivo entre 100 y 120 cm; la Disco D-2 (cono Hueco) con núcleo DC31 a presiones de 80 y 100 lb.pulg⁻² y altura de aplicación sobre el objetivo de 80 cm. Los anteriores resultados sirvieron para preparar el segundo experimento, caracterizando la calidad de la aspersion en base al tamaño de gota, los resultados obtenidos demuestran que la boquilla más eficiente para aplicaciones de insecticidas y fungicidas es la de cono hueco (Disco D-2) ya que está diseñada para trabajar a presiones más altas de las que se utilizaron y por consiguiente se puede aumentar la presión y regular la separación de boquillas si se desea, para obtener un tamaño determinado de gotas en relación al objetivo al que se desea aplicar.

ABSTRACT

Procedure for the Evaluation of the Uniformity and Quality of Application in Fuzes of Aspersion

By

ELIZABETH DE LA PEÑA CASAS

MASTER IN

IRRIGATION AND DRAINAGE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, September de 2006.

Dr. Martín Cadena Zapata. – Advisor –

Key words: Size of drop, sprinkler fuzes, procedures of tests

The agricultural equipment nowadays has an important role in Mexican agriculture, for this reason that's why it presents a great importance in agriculture the control of plagues, animals and vegetables that attack the cultivations avoiding their optimal development and causing great economic loss to the producers, combined to the use of imported

equipment that was not designed for conditions of the production systems of the country, the necessity to apply Mexican procedures in order to evaluate their performance. In the present work a first experiment was made evaluating five hydraulic fuzes of aspersion (AI110015VS, TXB8001VK, Tx-vg4, Disc D-1 and Disc D-2), with the purpose of evaluating the application uniformity, under conditions of laboratory to controlled pressures (40 to 120 lb.pulg⁻²) and different heights of application (40, 60, 80, 100 and 120 cm). The fuzes that presented better results were: the AI110015VS with a good uniformity of distribution from 80 to 120 lb.pulg⁻² and distances of application on the objective between 100 and 120 cm; Disc D-2 with nucleus DC31 to pressures of 80 and 100 lb.pulg⁻² and height of application on the objective of 80 cm. The previous results served to prepare the second experiment, being characterized the quality of the aspersion on the basis of the size of drop, the obtained results demonstrate that the most efficient fuze for applications of insecticides and fungicides is the one of hollow cone (D-2 Disc) since it is designed to work to higher pressures than those than were used and therefore the pressure can be increased and the separation of fuzes can be regulated if it is desired, to obtain a determined size of drops in relation to the objective to which it will be applied.

Índice

Índice de Cuadros.....	.xi
Índice de Figuras.....	.xi
I. INTRODUCCIÓN	1
Evaluación de la tecnología del Equipo Agrícola.....	3
Objetivo e Hipótesis	8
II. REVISIÓN DE LITERATURA	9
El problema de las plagas en los cultivos	9
Importancia del Control Químico en la Agricultura.....	10
El Control químico en cultivos.....	12
La formación de las gotas.....	15
Métodos de aplicación de aspersión de pesticidas.....	16
Aplicación en campo.....	17
Variables a considerar para la aplicación.....	18
Equipo de aspersión.....	20
Aspersora de Alto Volumen.....	20
Aspersora de Bajo Volumen.....	21
Aspersora Universal.....	22
Aspersora neumática.....	23
Aspersora aérea.....	24
Aspersora autopropulsada de alto despeje.....	25
Alcance y Cobertura de Aplicación de Aspersión.....	26
Tipos de Boquillas Pulverizadoras.....	29
Boquilla de turbulencia o chorro cónico.....	30
Boquilla de ranura o chorro plano (de abanico).....	30
Boquilla de espejo (de choque).....	32
Boquilla de tres salidas.....	33
Descripción de los elementos de las boquillas.....	33
Selección de Boquillas	35
Perfiles de Distribución.....	38
Ancho de Aplicación de Aspersión.....	39
Patrones de Aspersión.....	40
Factores que Afectan la Aspersión.....	42
Vida Útil.....	43
Desgaste	44
Análisis del Tamaño de Gota	44
Importancia del Tamaño de Gota.....	47
Velocidad Terminal de gotas en ausencia de viento.....	51
Tamaño de gotas en función del tipo de tratamiento	52
Métodos para Analizar el Espectro de Gota.....	55
Métodos e Instrumentos para analizar la aspersión.....	57
Determinación del Tamaño de Gota por el Método DVM y DNM	65
Calidad de Aplicación.....	69
Tarjetas sensibles al agua.....	74

Descripción del sistema.....	75
a).- En campo.....	75
b).- En laboratorio.....	76
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	77
Experimento I.- Evaluación de cinco boquillas rociadoras utilizando un verificador de perfil de aspersion.....	77
Sistema de Aspersión.....	77
Estructura y boquillas rociadoras	78
a).- Estructura.....	78
b).- Boquillas rociadoras.....	79
c).- Verificador de Perfil.....	79
Etapas del Experimento I.	81
Primera.....	81
Segunda.....	81
Tercera.....	81
Experimento II.- Evaluación de las dos mejores boquillas	82
Metodología de Evaluación en Laboratorio	83
Cálculo del DVM y dm	83
Primera Toma de muestras	84
Segunda Medición.....	84
Tercera Análisis.....	87
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	88
Resultados del Experimento I.....	88
Estadístico e interpretación de los datos obtenidos de la evaluación.	89
Evaluación de los Diferentes Arreglos Seleccionados.	92
Experimento II	95
Resultados de la uniformidad en el tamaño de las gotitas.	98
A).-Para la boquilla 1 (cono hueco).....	99
B).-Para la boquilla 2 (Abanico)	99
Resultados del tamaño óptimo de gotitas según los objetivos de los pesticidas.	101
A).-Para la boquilla 1 (Disco D-2, con núcleo DC31)	101
B).-Para la boquilla 2 AI110015-VS (Abanico)	102
Resultado del Análisis de las Boquillas 1 y 2	103
V. CONCLUSIONES	104
VI. LITERATURA CITADA.....	105
ANEXOS.....	109
A-1 110_Descripción de componentes del sistema de aspersion.....	110
A-2 Descripción de medidas del diseño de la estructura	114
A – 3 Valores de diámetro medio (Dm) y numero medio de gotas	117
A – 4 Software para Análisis de Espectro de Pulverización_CIR 1.5. 120	

Índice de Cuadros

Cuadro No.	Descripción	Pag.
2.1	Velocidad Terminal de la gota asperjada.....	51
2.2	Exigencias en gotas por unidad de superficie y tamaño de las mismas según el tratamiento.....	52
2.3	Gotas con tendencia a la deriva.....	54
4.1	Comparación de medias de los coeficientes de variación del volumen aplicado (análisis factorial 5x5x5).	89
4.2	Comparación de medias del análisis factorial 2X2 (AI 110015 VS).....	90
4.3	Comparación múltiple de medias del diseño Factorial (AI110015VS).	91
4.4	Comparación de medias del análisis Factorial (Disco D-2).	92
4.5	Comparación múltiple de medias del diseño Factorial (Disco D-2).	93
4.6	Comparación de medias del análisis Factorial de los arreglos a diferentes separaciones entre las boquillas (AI 110015VS).....	94
4.7	Comparación de medias del análisis Factorial de los arreglos a diferentes separaciones entre las boquillas (Disco D2 cono hueco).	95
4.8	Datos del 1er cm ² de la tarjeta 1111	96
4.8-b	Datos del 2º cm ² de la tarjeta 1111	97

Índice de Figuras

Figura No.	Descripción	Pag.
2.1.	Aspersora motorizada de alto volumen (TeeJet, 1998).	20
2.2.	Aspersora motorizada de bajo volumen (TeeJet, 1998).	21
2.3.	Aspersora motorizada universal (TeeJet 1998).	22
2.4.	Aspersora manual o de mochila (Swissmex, 2003).	23
2.5.	Aspersora aérea (TeeJet 1998).	24
2.6.	Aspersora autopropulsado de alto despeje.....	25
2.7.	Comparación de resultados obtenidos con puntas de pulverización con buen y mal funcionamiento.	27
2.8.	Patrones de distribución.....	28
2.9.	Boquilla de chorro hueco.	30
2.10.	Boquilla de abanico.....	31
2.11.	Barra de pulverización con boquillas o aguilón.	31
2.12.	Boquilla de espejo.....	32
2.13.	Boquilla de tres salidas.	33
2.14.	Elementos estándares.	34
2.15.	Puntas de pulverización.	34
2.16 a.	Guía para la selección de boquillas.	36
2.16 b.	Guía para la selección de boquillas, Spraying Sistem 2003.	37
2.17.	Separación entre Boquilla.	39
2.18 -a	Analizador electrónico de proyección de imagen.	58
2.18-b	Componentes del Analizador Malvern de Partículas	60

2.18–c Espectrómetro PMS Modelo OAP – 2D GA2	63
2.18–d Componentes del Analizador Aerometrics PDPA	64
2.19 Diagrama de Representación del DVM.....	67
3.1 Banco de aspersión (Experimento I).....	78
3.2 Estructura.....	79
3.3 Verificador de perfil (TeeJet).....	80
3.4 Estructura y Sistema de aspersión (Experimento II).....	82
3.5 Posición de las tarjetas sobre la planta.....	83
3.6 Tarjeta hidrosensibles Asperjada a) Colocación en la planta, b) cm ² con sus divisiones, c) Tarjeta completa con sus dos secciones de análisis.....	84
3.7 Tarjetas asperjadas escaneadas con denotación de los cuadros.	86
4.1 Representación de las medias de los porcentajes donde se caracteriza la distribución obtenida en el verificador de perfil.	88
4.2 Valores de dm para los centímetros cuadrados de la tarjeta 1111.....	98
4.3 Uniformidad de tamaño de gota de boquilla Disco D-2.....	99
4.4 Uniformidad de tamaño de gota de boquilla Abanico.....	100

I. INTRODUCCIÓN

Se considera a México dentro de la cuarta y más elevada categoría de países en desarrollo, debido a el sector agropecuario proporciona ocupación al 40 por ciento de la población económicamente activa y aporta alrededor del 22 por ciento del producto interno bruto (PIB) nacional, por lo que a pesar de contar con regiones de alta productividad agrícola como el Noroeste y El Bajío, es en términos generales, un país con baja productividad agrícola. Por lo que se debe procurar encausar los esfuerzos hacia la obtención de más altos rendimientos por unidad de superficie cultivada, es decir, un aumento de la productividad (Thornhill y Matthews 1996).

El equipo agrícola es un factor determinante hoy en día en la agricultura mexicana y su uso ha traído como consecuencia una mejor calidad en cuanto a las oportunidades de labores, así como un incremento significativo en la producción del cultivo y la mano de obra, por otro lado esto también refleja significativamente destrucción del medio ambiente.

Durante los últimos veinte años los fabricantes han desarrollado equipos cada vez más sofisticados, donde los componentes electrónicos van sustituyendo a los sistemas mecánicos en el control de las variables

de trabajo. Por otro lado la seguridad y ergonomía en el manejo de las máquinas agrícolas toma un papel relevante en el diseño, sin duda impuesto por los continuos accidentes que año tras año se vienen produciendo entre los agricultores.

Un estudio realizado por Monro (FAO 1976), menciona que se desperdicia alrededor de un 50 por ciento de los plaguicidas aplicados debido a la mala selección de equipo de pulverización, así como a la aplicación inadecuada, provocando desperdicio y contaminación del medio ambiente .

La organización para la agricultura y la alimentación de las naciones unidas (Thornhill y Matthews 1996), establece que la mecanización agrícola comprende la manufactura, distribución, operación, evaluación y adaptación de todo tipo de herramientas, implementos, máquinas y equipos para la incorporación de tierras al cultivo, producción agrícola cosecha y procesamiento primario de productos agrícolas. Esto incluye tres fuentes principales de potencia: humana, animal y mecánica (tecnología de herramientas manuales, tecnología para tracción animal y tecnología de potencia mecánica).

La calidad de pulverizado es importante para lograr la cobertura adecuada del objetivo, ya sea este el follaje o el suelo y para minimizar la derivación del pulverizado hacia otros organismos. Las boquillas se sufren

desgaste de tal manera que la descarga de cada una, debería verificarse regularmente y reemplazarse para evitar caudales de aplicación excesivos. El tamaño del orificio de la boquilla debería ser seleccionado para un determinado caudal a la presión requerida y así obtener la calidad de pulverizado recomendable. Se debe evitar ajustar la presión ya que afecta el espectro de gota.

Existe un amplio rango de diferentes tipos de boquillas rociadoras disponibles para pulverizadores mecanizados como son: 1) De abanico principalmente son utilizadas para pulverizar herbicidas y también otros pesticidas en cultivos tales como trigo; 2) De cono para insecticidas y funguicidas cuando se pulveriza el follaje de cultivos de hoja tales como papas; 3) De abanico uniforme para aplicar una estrecha banda de pulverizado; y 4) Con preorificio son empleadas cuando la derivación debe ser minimizada, pero debe entenderse que un cambio en el diámetro de volumen medio no elimina todas las pequeñas gotas derivables.

Evaluación de la tecnología del Equipo Agrícola.

La tecnología de evaluación en países en desarrollo como México tiene problemas de adaptación y funcionamiento de una región a otra, esto se debe a que, cuando se realiza el desarrollo de la misma, sólo se consideran las condiciones que se presentan en determinado lugar

(Schumacher, 1974), por lo general el área de influencia donde se realiza el diseño y/o fabricación del equipo.

Como consecuencia al momento de comercializar la tecnología se tienen problemas de adaptación, debido a que el entorno agrícola tiene mucha diversidad en el país, por lo cual las expectativas de muchos agricultores no son cubiertas en su totalidad, principalmente en lo referente a calidad, eficiencia y vida útil del equipo agrícola.

Lo anterior constituye en gran medida a que la competitividad del sistema de producción sea baja y los costos elevados por lo que los especialistas en ingeniería agrícola deben de poner aguda atención en la tecnología que engloba a toda la agricultura de precisión y los problemas que presenta aplicado principalmente en el equipo de dosis variables como sistemas de siembra, fertilización y aplicación de pesticidas.

En la aplicación de pesticidas desde la perspectiva ambiental, la precisión puede ofrecer la reducción del riesgo ambiental asociado con el tratamiento uniforme de los terrenos agrícolas (Espinoza, 2001).

Por otro lado al no contar con la tecnología adecuada y el usar métodos tradicionales con los que se cuentan, crea una situación problemática en las aplicaciones de pesticidas. Estas aplicaciones no son eficientes debido a la poca uniformidad a lo largo de toda la planta, ni en

su penetración, además existe la necesidad de tomar en cuenta que sea la cantidad correcta del líquido que se aplicará en el cultivo. La excesiva y deficiente aplicación de estos productos causan contaminación en el medio ambiente, así como enfermedades en las personas, debido al contacto directo que se tiene, por el acarreo de los pesticidas causado por el viento y por las malas aplicaciones de los mismos (Smith y Sims 1990).

En México, se consideran como tareas prioritarias de políticas agropecuarias, la modernización de la explotación agrícola y el mejoramiento del estatus social y económico de los habitantes de zonas rurales, a través del aumento de la productividad por el fomento de la mecanización de las labores agrícolas de los productores de pequeña escala. Por lo tanto, para promover el equipo agrícola, es necesario establecer un sistema de pruebas y evaluación de las máquinas agrícolas, para asegurar la calidad, la durabilidad y la funcionalidad de estas máquinas que se usan en el campo, así como la seguridad de las mismas.

Para promover la solución a todos estos factores (Hoyos *et al*, 2001), es necesario establecer un sistema de pruebas y de evaluación de equipo agrícolas, para asegurar la calidad y la funcionalidad del mismo en campo.

El gobierno mexicano en coordinación con el de Japón estableció una Cooperación Técnica Tipo Proyecto con el fin de implementar y

fortalecer un sistema de pruebas y de evaluación de equipo agrícola. El proyecto contempla la elaboración y aplicación de normas, y que es coordinado por el Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA) organismo que se encuentra dentro de INIFAP, y en el mismo también participan otras instituciones como Universidades, Asociaciones de productores y Fabricantes relacionadas con el área de mecanización agrícola.

La UAAAN a través del Departamento de Maquinaria Agrícola participa en el proyecto de evaluación de equipo agrícola coordinado por el CENEMA entre otras determinaciones realiza la validación de algunos aspectos de las Normas Mexicanas como es la NMX-O-179-SCFI-2002 para aspersoras (Aguilar 2002); misma que incluye el método y técnicas de prueba donde se establecen las condiciones, materiales, equipos y metodología de prueba y evaluación de las mismas como lo menciona. Para el caso específico de evaluación de aspersoras se menciona en su manual de pruebas la importancia de cuantificar la influencia que tienen los factores como: presión, tipo de boquillas, tamaño de gota y alturas, así como la calidad y eficiencia de aplicación de productos químicos (Torres *et al* 2002).

Al validar la norma se obtiene la información con la cual se pueda calificar el desempeño y la calidad de la máquina; esto es de suma importancia, ya que con los datos derivados de las pruebas y evaluaciones

de boquillas, se generará una herramienta que podrá utilizar el usuario final (agricultor), para seleccionar el equipo, la técnica y la parte económica que le garantice el mejor resultado en su sistema de producción.

Los especialistas en Ingeniería Agrícola deben de poner aguda atención en la tecnología que engloba a toda la agricultura de precisión y los problemas que presentan las máquinas de dosis variables como sistemas de siembra, fertilización y aplicación de pesticidas.

En las prácticas fitosanitarias, la calidad de aplicación de las boquillas en cultivos de espaldera es la principal dificultad que se presenta cuando estos cultivos son invadidos por alguna plaga o enfermedad. En la época de aplicación se puede perder en el suelo hasta un tercio de la sustancia aplicada al cultivo.

Los productores agrícolas se interesan en la introducción de equipo agrícola, sin embargo tienen que correr mucho riesgo al intentar adquirirlos ya que no existe un sistema confiable de aseguramiento de la calidad y de la funcionalidad del mismo.

Objetivo e Hipótesis

Objetivo

Evaluación de la calidad de aplicación, uniformidad de distribución, cobertura de boquillas rociadoras utilizadas con diferentes arreglos y presiones.

Hipótesis

La uniformidad de aplicación de boquillas se ve afectada por la variación de la presión, velocidad de aplicación y diferentes arreglos espaciales de boquillas.

A mayor presión menor tamaño de gota y viceversa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

El problema de las plagas en los cultivos

Desde los inicios de la historia, la humanidad ha sido importunada con los estragos ocasionados por las plagas sobre las plantas de cultivo, también registra el impacto de las plagas de las plantas hortícolas sobre el destino de gran número de personas. La enfermedad epidémica del tizón que atacó a los cultivos de papa en Irlanda ocasionó la hambruna de 1849, que dio como resultado la migración de muchos irlandeses hacia el Hemisferio Occidental.

La supervivencia del ser humano se ve afectada por el conjunto de pequeños seres como: hongos, bacterias, virus, nemátodos, insectos, etc. La influencia de estos organismos puede ser constructiva cuando hablamos de penicilina extraída de un hongo (*Penicillium notatum*), así como de la cera de miel de la abeja producida por un insecto (*Apis mellifera*). También en algunos casos resulta destructiva cuando hablamos de miles y millones de pesos que se pierden año con año con el ataque de uno o ambos de estos organismos a nuestros animales domésticos, nuestras plantas alimenticias, nuestros bosques, etc. (De la Fuente, 1968).

Por lo anterior el control de plagas continúa siendo uno de los principales problemas no solamente del agricultor, si no de la humanidad en general.

Las pérdidas debidas a las plagas de los cultivos hortícolas ascienden a billones de dólares anuales en todo el mundo. Esta pérdida está integrada no solo por los campos de cultivo destruidos por las plagas, sino también por los gastos adicionales para combatirlas y las horas extra de trabajo necesarias para controlarlas. Todo esto significa costos y pérdidas, los cuales no estarían implicados si las plagas no constituyeran un problema universal.

Importancia del Control Químico en la Agricultura.

El control químico se acepta dentro del Manejo Integrado de Plagas como una herramienta de apoyo, representando en ocasiones la única medida eficaz para controlar infestaciones graves. Sin embargo, con frecuencia las aplicaciones no consiguen el efecto deseado, muchas veces debido a un problema en la calidad de la aplicación, la que se repite hasta obtener un resultado satisfactorio, medida que además de aumentar los costos de insumos y operaciones, genera un efecto negativo sobre el ambiente. Las aplicaciones repetidas de un producto ejercen una presión de selección sobre una plaga, eliminando los individuos más susceptibles y los más resistentes se convierten en los progenitores de las próximas

generaciones, provocando eventualmente el problema de resistencia a los pesticidas disponibles en el mercado (FAO, 2000).

Es reconocido que los herbicidas son un componente necesario de programas de manejo de malezas en sistemas de intensivos y extensivos de cultivos. Hasta hace aproximadamente una década, los herbicidas se percibían como la panacea para el control de las malezas. Los beneficios para los agricultores, derivados del uso de herbicidas, incluyen: incremento en los rendimientos de los cultivos y en la calidad de las cosechas, debido a la reducción de la competencia de las malezas; manejo de especies de malezas difíciles de controlar por otros medios diferentes a los herbicidas; reducción de la labranza; mantenimiento del banco de semillas de malezas a bajos niveles de población; facilidad de la cosecha; reducción de costos (de energía) y maximización de los ingresos. Esta larga lista de beneficios explica por que los herbicidas han resultado ser, en casi cualquier parte del mundo, una importante herramienta en el manejo de las malezas (Fuentes y Leroux, 1998).

Sin el control químico, los cultivos que practica el hombre serían diezmados, por enfermedades, insectos y malezas y sin duda se registraría una fuerte disminución en la producción de los alimentos.

De manera general los insecticidas para que actúen satisfactoriamente deben penetrar a las plagas de tres formas básicas que

son: por contacto, por ingestión o por inhalación. En el primer caso el tóxico debe penetrar al insecto a través de la cutícula y atravesar la quitina, debiendo poseer buenas propiedades lipofílicas. Por ingestión, el veneno debe ser ingerido y llevado hasta el aparato digestivo. Los que actúan por inhalación, penetran casi exclusivamente por los espiráculos distribuyéndose vía traqueas y traquéolos a los diferentes órganos.

La mejor aplicación de técnicas y equipos permite el mejor uso de dosis de químicos y reduce la deriva de producto y los residuos perjudiciales han llegado a ser cada vez más importantes para la minimización de problemas asociados con el uso de pesticidas químicos.

El Control químico en cultivos.

Los procedimientos químicos, en la actualidad son los más utilizados, si bien se tiende cada vez más a buscar alternativas de lucha biológica que ofrecen menos riesgo de contaminación. Entre los productos químicos, si se refiere al cometido específico de los mismos, se puede distinguir los siguientes grupos (Monro, 1976):

- a) *Insecticidas*, contra insectos.
- b) *Funguicidas*, contra hongos.

- c) *Herbicidas*, contra las especies de plantas adventicias que compiten con el cultivo.
- d) *Acaricidas*, nematocidas, bactericidas, etc.
- e) *Defoliantes*, inducen la caída de las hojas del cultivo para favorecer su recolección mecánica.
- f) *Aclaradores*, actúan sobre flores y frutos para mejorar la calidad del producto final.

En general, un tratamiento fitosanitario debe satisfacer las siguientes premisas (Taylor, 1982): distribución uniforme, buena penetración en la masa vegetal, retención por la planta, un mínimo número de impactos por unidad de superficie de la planta o el suelo, mínima deriva y pérdida de producto, economía del proceso y no ocasionar riesgos de contaminación medioambiental.

Por otra parte los productos fitosanitarios pueden presentarse de forma sólida, líquida o gaseosa. Para su aplicación en forma líquida (Thornhill y Matthews, 1996), generalmente se requieren tres componentes que son:

- a) *Materia activa*. Es el agente químico que actúa sobre los distintos mecanismos fisiológicos de las especies a combatir. Su contenido suele expresarse en gramos por cada litro (g/l), tanto por ciento, o partes por millón de producto comercial.

- b) *Mojante*. Una o varias sustancias, presentes o no en el producto comercial, de carácter tensioactivo. Su función es la de facilitar la dispersión del producto en el diluyente (agua), así como la de adherirse a la planta o parásito.
- c) *Diluyente*. Dispersa la materia activa, normalmente es agua o un producto inerte. La concentración tras la mezcla debe proporcionar una distribución eficaz sin carencias ni que presente problemas de toxicidad. La dosis materia activa diluyente viene expresada en centímetros cúbicos por cada litro (cm^3/l).

Los productos fitosanitarios que se distribuyen en *estado líquido* se pueden presentar en forma de:

- a) Solución.- Disolución total del producto en agua.
- b) Emulsión.- El producto se dispersa en el agua en forma de pequeñas gotas.
- c) Suspensión.- Partículas sólidas que no se disuelven en el agua.

La mayor parte de los productos fitosanitarios se distribuyen por medio de dispositivos capaces de dividir el líquido en pequeñas gotas que se localizan uniformemente sobre la masa vegetal.

La formación de las gotas.

Se puede realizar por medio de tres diferentes formas:

- a) Pulverización de presión de líquido.- La división de gotas se produce cuando el líquido, impulsado a una determinada presión, atraviesa una pequeña sección de una tobera en contacto con el ambiente. La resistencia que opone la tobera a la penetración de la vena líquida genera su fragmentación en gotas a la par que estas adquieren la energía cinética necesaria para su transporte. El dispositivo encargado de la fragmentación es la boquilla de pulverización; caracterizada por la sección de paso, forma de la misma y presión de trabajo.
- b) Corriente de aire.- El pulverizado de la boquilla hidráulica es proyectado solamente unos pocos centímetros hacia el objetivo tal que con arbustos altos y árboles es necesario movilizar las gotas de pulverizado mediante una corriente de aire. Los pulverizadores utilizados se conocen comúnmente como atomizadores. Idealmente las gotas de pulverizado están en el rango de tamaño de atomizado, es decir 50 – 100 μm VMD para que puedan permanecer en el flujo de aire hacia el cultivo. Es necesario considerar cuidadosamente dos aspectos de la asistencia por aire; la velocidad y el volumen por aire.

c) Fuerza centrífuga.- Las gotas se deben a una fuerza centrífuga que somete a la vena líquida a un esfuerzo de tracción, realizado depositando el líquido sobre unas aspas o discos que giran a una velocidad de 4,000 a 20,000 rpm. Las gotas serán más pequeñas conforme la velocidad sea mayor. Sin embargo, las gotas más pequeñas serán más sensibles a la deriva y a la evaporación. El diámetro de gotas oscila entre 50 y 100 micras. Este sistema se emplea generalmente en los tratamientos aéreos. El aparato empleado es el pulverizador centrífugo.

De los tres anteriores procedimientos el que utilizaremos es el de presión de líquido.

Métodos de aplicación de aspersión de pesticidas.

Se le llama **aspersión** a la acción de romper un líquido en pequeñas gotas. En esta acción se derivan otras para diferentes campos de trabajo o estudio; la que en esta investigación se aplicará es la **aspersión agrícola** y esta acción consta de llevar las gotas al cultivo en la cantidad y forma adecuada.

Existen varios tipos de aspersión agrícola, como por ejemplo: a) Aspersión dirigida, b) Aspersión Total o al voleo, c) Ventilador y d) Pistola.

La mayoría de las máquinas hidráulicas son operadas hidrostáticamente, es decir, a través de presión. Este tipo de sistemas es el que se utiliza en los rociadores de campo (Kepner, *et al.*, 1978).

El país cuenta con diversas tecnologías de aplicación de aspersión, como son: Manuales (mochilas) y mecánicas (tracción animal, tractor, vehículos autopropulsados, aéreos, etc.). Para la selección de estos equipos habrá que considerar:

Aplicación en campo.

Dentro de las labores en el campo al realizar aplicaciones de pesticidas se pueden llevar a cabo las siguientes aplicaciones:

- a) Al voleo, se deben tomar en cuenta que se necesita cubrir el área total del campo en donde se realiza la actividad, se debe utilizar boquillas de bordes ahusados ya que son las que dejan pasar más cantidad de líquido al centro que en los extremos; así también es

muy necesaria la calibración del equipo, alistar la aspersora para la aplicación y diagnosticar el gasto de las boquillas.

- b) En banda, el objetivo principal es cubrir completamente la planta y utilizar boquillas de borde rectos; estas son las que dejan pasar igual cantidad de líquido a lo largo de la aspersión, se pueden utilizar también tubos de caída con varias boquillas, pero además es necesaria también la calibración del equipo, alistar la aspersora para la aplicación y diagnosticar los gastos de las boquillas.
- c) Dirigidas, consiste únicamente en realizar aspersiones por medio de pistolas y se utiliza por lo general para árboles frutales.

Para realizar una aspersión adecuada se necesita eficiencia, esto es, que produzca el efecto deseado, además se necesita controlar la aspersión y para esto se deben controlar todas las variables para aplicar la cantidad adecuada en toda la superficie.

Variables a considerar para la aplicación.

Las variables que se deben considerar son: a) Variables controlables (presión, gasto, tamaño de gota, etc.), b) Variables no controlables: Humedad, temperatura, viento, etc. y c) Otro de los aspectos

que se deben tomar en cuenta es la uniformidad, ya que se debe aplicar la misma cantidad de producto en toda el área de cultivo.

Es necesario recordar que las plagas entran por los extremos por lo que es muy importante aplicar la misma cantidad de producto en toda el área. Es más fácil ver cuando la aplicación no es uniforme en un invernadero, pues se nota como las plantas de las orillas crecen menos al recibir menor cantidad de nutrientes.

Para obtener la aspersion se tiene que obligar al líquido por medio de presión, a pasar a través de un orificio. Y para esto es necesario utilizar una boquilla de aspersion, que es un componente de precisión diseñado para desempeñar funciones específicas.

Las características técnicas de sus diferentes componentes que garantizan la calidad de la aplicación.

El tamaño del equipo que se necesita, el cual deberá ser proporcional a las superficies que se deben cubrir y a los tiempos disponibles para hacerlo.

Los equipos para la aplicación de productos fitosanitarios forman parte de la maquinaria que se utiliza en el medio rural: Agrícola, Ganadero y Forestal. Por ello, han sido incluidos en el sistema de clasificación

establecido para este tipo de maquinaria, según aparece en la norma internacional ISO 3339 (Botta, 2001).

Equipo de aspersión.

Aspersora de Alto Volumen.

Estas son usualmente máquinas (Fig. 2.1) remolcadas por tracción o cualquier máquina independiente y entrega de manera brusca la aspersión en presiones altas con gastos superiores a 1000 l.Ha^{-1} . Es necesario un tanque de gran capacidad para la aspersión y un sistema de alimentación a través de la bomba para abastecimiento del tanque. Este tipo de máquina es grande, pesada y asperjan un alto volumen. Las máquinas modernas de alto volumen pueden ser utilizadas para un amplio rango de tareas incluyendo bajo y mediano volumen de trabajo. En el tanque de aspersión a menudo se coloca un agitador mecánico. Para la realización de las aspersiones en cultivos de espaldera no son utilizadas debido a la baja altura que estos presentan.



Figura 2.1. Aspersora motorizada de alto volumen (TeeJet, 1998).

Aspersora de Bajo Volumen.

Son ligeras, simples, baratas, diseñadas para aplicar cantidades pequeñas de material altamente concentrado de fina aspersion a baja presión (Fig. 2.2). Esto es a causa de las boquillas de aspersion finas y únicamente se pueden utilizar soluciones como emulsion o suspensiones muy finas. El tanque es pequeño con capacidad de 450 litros, por lo que es utilizada montada al tractor. Las boquillas son de tipo abanico utilizado generalmente para aspersiones de bajo volumen. Solamente pueden ser tratados con un rango limitado de material de aspersion. La agitacion del liquido en el interior del tanque es lograda usualmente por la bomba de gran capacidad la cual es necesaria para el suministro de las boquillas donde el excedente retorna al tanque. Este tipo de aspersora tampoco presenta las condiciones requeridas para lograr una buena cobertura en cultivos de vara alta, debido al bajo despeje del motor.



Figura 2.2. Aspersora motorizada de bajo volumen (TeeJet, 1998).

Aspersora Universal.

Muchas máquinas de aspersión son capaces de trabajar en un amplio rango de tareas extensas desde bajo a alto volumen. Esto es logrado usualmente mediante el ajuste de presión de la bomba y el cambio de los tamaños de boquillas (Fig. 2.3). El tanque necesita ser un tamaño razonable para el alto volumen de trabajo y la máquina es usualmente remolcada. Esta aspersora normalmente es utilizada con materiales corrosivos tales como fertilizantes químicos y tiene una superficie de metal grande cubierta con un material de plástico, mientras que en algunas aspersoras son de acero inoxidable. Estas presentan el mismo problema que en las aspersoras de alto y bajo despeje.



Figura 2.3. Aspersora motorizada universal (TeeJet 1998).

Aspersora neumática.

Las aspersoras neumáticas (Fig. 2.4) presurizan el tanque de aspersión a través de un compresor de aire en la parte superior del tanque. Cuando la presión requerida ha sido alcanzada, una válvula de control opera y la presión es llevada al exterior de la boquilla debido al aire en la línea de presión. La válvula de alivio de seguridad situada en la línea de presión previene el excedente de presión. El equipo neumático fue desarrollado favorablemente para la aspersión en cultivos de campo con químicos como lo es el ácido sulfúrico, así como evitar el suministro del ácido al puerto de la bomba. El principio neumático es aplicado a una amplia variedad de aspersoras de mochila operadas manualmente. Estas aspersoras se utilizan en zonas donde los otros tipos de aspersoras no pueden operar, trabajan en pequeñas extensiones de terrenos y ocasionan grandes demoras en su aplicación debido a los requerimientos de inyección de aire en forma manual.



Figura 2.4. Aspersora manual o de mochila (Swissmex, 2003).

Aspersora aérea.

En algunas aspersoras aéreas (Fig. 2.5) o de ráfaga la aspersión líquida es entregada a las boquillas a presiones bajas, esto es porque se conoce la fuerza de la alta velocidad del viento, las gotas rompen esta fuerza y son transmitidas hacia el objetivo. Este tipo de aspersión fue desarrollado y utilizado para la aspersión en cultivos de campos densos tales como las papas, arroz, etc.; y son adecuadas para productos químicos. La aspersión del tipo aérea es aplicada principalmente para huertos. Las aspersiones aéreas presentan una alta deficiencia en cuanto a la penetración, así como costos elevados ya sea por adquisición o renta, para adquisición el precio oscila entre 80,00 a 152,00 dólares americanos, para renta de 300 a 800 dólares por hora.



Figura 2.5. Aspersora aérea (TeeJet 1998).

Aspersora autopropulsada de alto despeje.

Estos equipos o vehículos a diferencia de los otros son de origen extranjero y son los más utilizados para cultivos de vara alta en países como Estados Unidos, Italia y Brasil entre otros; que son los productores más fuertes en el ramo hortícola o de vara alta (Fig. 2.6). Estos países son fabricantes de sus propias tecnologías tal es el caso de la compañía Hagie y John Deere (USA). Las aspersoras autopropulsadas están diseñadas para cubrir las necesidades más grandes que se requieran, cuenta con un armazón y suspensión Hidra-Hug, los brazos montados al frente mejoran presión y reduce esfuerzos, dobles tanques llevan el fertilizante líquido alejado de la armazón principal. La agitación mecánica asegura que las soluciones se mantengan en suspensión. Debido a la alta eficiencia que presentan estos vehículos (85 por ciento) es que se han adoptado en nuestro país por lo que manifiestan problemas de esfuerzo en la estructura debido a la topografía existente en el país.



(Hagie, 2003).



(Nitro Sprayers, 2003).

Figura 2.6. Aspersora autopropulsado de alto despeje

Alcance y Cobertura de Aplicación de Aspersión.

La uniformidad de distribución condiciona la dosis a aplicar para alcanzar una determinada acción biocida: niveles bajos de uniformidad requieren incrementar la dosis para conseguir una eficacia generalizada. La uniformidad es adimensional y puede valorarse mediante el inverso del coeficiente de variación de las deposiciones sobre diferentes zonas del objetivo.

González (2000), evaluó diferentes tipos de boquillas (Teejet), para determinar el óptimo alcance y cobertura de aplicación en la aspersión, en los resultados obtenidos la boquilla D2-DC47 (Teejet), tuvo los mejores resultados de cobertura y alcance de distribución de aspersión. La posición horizontal y vertical de boquillas tiene el objetivo de determinar el alcance y cobertura de aplicación: en posición vertical con alturas de 45 y 100 cm, los resultados de cobertura y alcance fueron de 96.56 y 55.92 por ciento, respectivamente y para posiciones horizontales con alturas de 40, 70 y 100 cm, los resultados fueron 97.42, 87.39 y 58.14 por ciento, respectivamente.

El perfil de distribución muestra la repartición conveniente de las gotas, perpendicular a la dirección del avance de la máquina. La boquilla no descarga el líquido uniformemente a todo lo ancho de la base de su

cono de pulverización. El éxito de un tratamiento químico depende en gran medida de una dosificación correcta, acorde con las recomendaciones del fabricante de los productos químicos. La selección y empleo de las boquillas, son aspectos importantes para una aplicación química exacta. El volumen del líquido que fluye a través de cada boquilla, el tamaño de las gotas y la distribución del líquido sobre la superficie pulverizada, pueden influir en los resultados de la lucha contra las plagas (Ortiz, 1989).

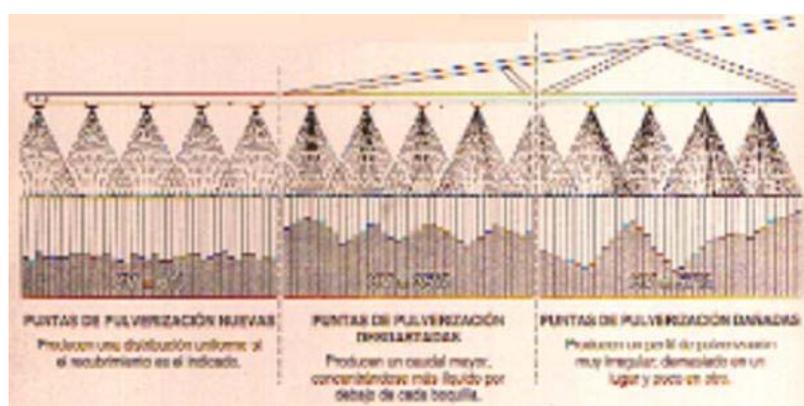


Figura 2.7. Comparación de resultados obtenidos con puntas de pulverización con buen y mal funcionamiento.

Para la mejor uniformidad de distribución se debe tomar en cuenta el adecuado traslape de aspersion entre patrones adyacentes es esencial para asegurar variaciones mínimas en la distribución de aspersion, como se puede observar en la Fig. 2.7. La cantidad de traslape está obviamente en función del espacio de la boquilla en el aguilón, de la altura del aguilón, de la inclinación del ángulo de la boquilla, así como de la presión del líquido en la boquilla ya que presiones altas, incrementan la velocidad de aspersion inicial de las gotas, lo cual ocasiona patrones más amplios de aspersion. Así la cantidad de traslape para cierta boquilla es influencia del

espacio, la altura, ángulo de inclinación de la boquilla y también la presión a que trabaja la boquilla (Azimi *et al.*, 1985).

Los parámetros que influyen sobre la calidad de distribución del aguilón fueron analizados. La óptima altura de rociado, presión de trabajo, la posición y movimiento de la boquilla sobre el aguilón de aspersión (cruzamiento o traslape), son los parámetros que rodean a los sistemas de aspersión. En este trabajo la posición del cruzamiento de las boquillas fue estudiada utilizando desde 0° hasta 15° . Los resultados muestran que el cruzamiento del ángulo del aguilón sobre las boquillas de aspersión, no tuvo influencia sobre la distribución de aspersión (Bogliani *et al.*, 2000).

Los patrones de distribución de boquillas pueden determinarse en laboratorio (Fig. 2. 8), con aspersiones sobre una superficie que consiste en una serie de camellones contiguos y las mediciones de líquido recolectado se miden para cada uno.

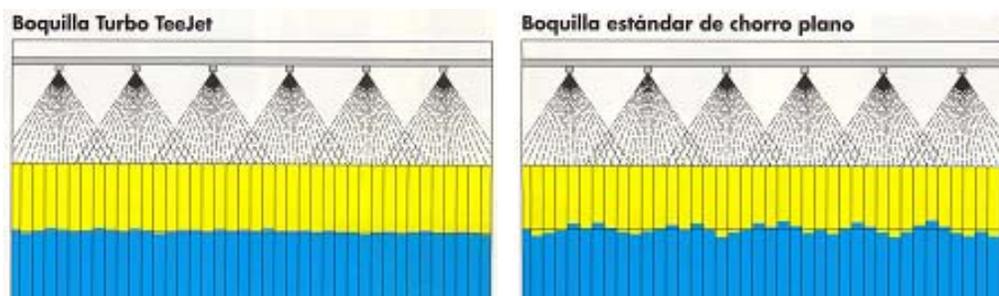


Figura No. 2.8. Patrones de distribución.

La uniformidad de cobertura en la superficie de la planta puede ser verificada agregando pintura fluorescente o material de solución fluorescente a la mezcla para asperjar y después mirando la superficie con una luz fluorescente (con filtro ultravioleta) en la oscuridad. Un registro permanente puede obtenerse por medio de fotografía ultravioleta (Kepner *et. al.*, 1978).

Alturas mínimas de pulverización. Las indicaciones sobre la altura de las boquillas están basadas en el recubrimiento mínimo requerido para obtener una distribución uniforme. Sin embargo, los ajustes estándares de la altura están basados en una relación 1:1 en la distancia entre boquillas y la altura. Por ejemplo, las puntas de pulverización de chorro plano de 110° situadas a 50 cm la una de la otra, suelen ajustarse a 50 cm por encima del objetivo. La altura de pulverización esta basada en un ángulo de orientación desde 30° hasta 45°. La altura de la punta de pulverización gran angular depende de la orientación de la boquilla. El factor crítico es un recubrimiento doble del perfil de pulverización.

Tipos de Boquillas Pulverizadoras.

Los principales tipos de boquillas para pulverización por presión de líquido fueron descritos por Botta, 2001 como sigue:

Boquilla de turbulencia o chorro cónico.

El líquido es sometido en la hélice a un movimiento de rotación, con el cual llega a la cámara de turbulencia, saliendo después en forma de torbellino por el orificio de un disco o boquilla (Fig. 2. 7). De este modo se genera un chorro cónico, característico de este tipo de boquillas. Con las boquillas de turbulencia se obtienen poblaciones de gotas de entre 100 y 350 μm ; las pulverizaciones más finas corresponden a las de menor calibre, para presiones de 20 a 40 bar (290-580 lb.pulg⁻²), mientras que las más gruesas se dan para presiones bajas de 3 a 5 bar (43.5-72.5 lb - pulg⁻²). Se utilizan más frecuentemente para tratamientos fungicidas e insecticidas, ya sea para cultivos bajos, viñedos o cultivos hortícola.



Figura 2.9. Boquilla de chorro hueco.

Boquilla de ranura o chorro plano (de abanico).

Se definen así aquellas cuyos orificios de salida que no tienen sección circular, sino en forma elíptica o rectangular. Esquemáticamente están constituidas por un cuerpo, una boquilla propiamente dicha, un filtro y un tornillo de fijación (Fig. 2. 10).



Figura 2. 10. Boquilla de abanico.

El líquido atraviesa el filtro, depositándose en éste las partículas que por su tamaño pueden obstruir la ranura de salida o bien ocasionarle un excesivo desgaste. El chorro producido es plano, en forma de abanico más o menos grande, según la forma de la ranura.

El montaje de estas boquillas en la barra de pulverización (Fig. 2.11.), ha de realizarse de manera que los planos medios que caracterizan los abanicos sean paralelos, formando un ángulo no superior a 10° con respecto a la propia barra.



Figura 2. 11. Barra de pulverización con boquillas o aguilón.

De este modo se evitan interferencias entre las gotas de las extremidades de los abanicos de dos boquillas consecutivas. Para ello

algunos fabricantes facilitan al usuario una pequeña llave que les permite efectuar tal orientación.

Los caudales obtenidos con este tipo de boquillas varían entre 0.5 y 6 l/min. o más, bajo presiones comprendidas entre 1.5 y 4 bar (21.75-58 lb.pulg⁻²) y el tamaño de gotas entre 250 y 450 μm .

Boquilla de espejo (de choque).

Si se reemplaza la ranura por un plano más o menos inclinado, fijo o movable y suficientemente distante de la salida del tubo cilíndrico, se obtiene una boquilla de espejo (Fig. 2. 12).

Los caudales que suministran varían entre 1 y 5 l/min. para presiones comprendidas entre 0.5 y 1.5 bar (7.25-21.75 lb.pulg⁻²) y tamaño de gotas entre 400 y 1,000 μm .

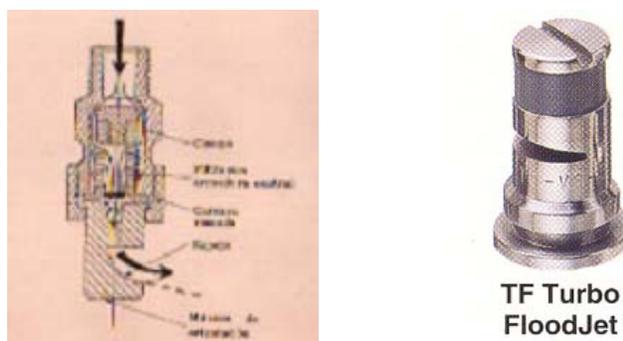


Figura 2. 12. Boquilla de espejo.

Boquilla de tres salidas.

Constan de un cuerpo hueco relativamente largo por donde circula el líquido a baja presión (Fig. 2. 13). En su extremo inferior dispone de tres orificios por donde sale el líquido fragmentándose en gotas bastante gruesas (hasta 1,000 μm).

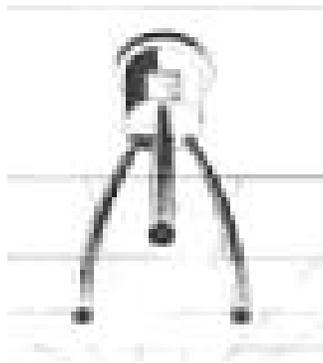


Figura 2.13. Boquilla de tres salidas.

Descripción de los elementos de las boquillas

La boquilla de aspersión, a pesar de ser la parte más pequeña de un sistema o aspersora, es la parte más importante ya que de ella depende que se tenga una buena o mala aplicación ya que la boquilla regula el flujo, determina el patrón de aspersión y el tamaño de gota (Spraying Systems 2003). Los elementos estándares que conforma una boquilla de aspersión se pueden ver en la siguiente figura.

Elementos estándar

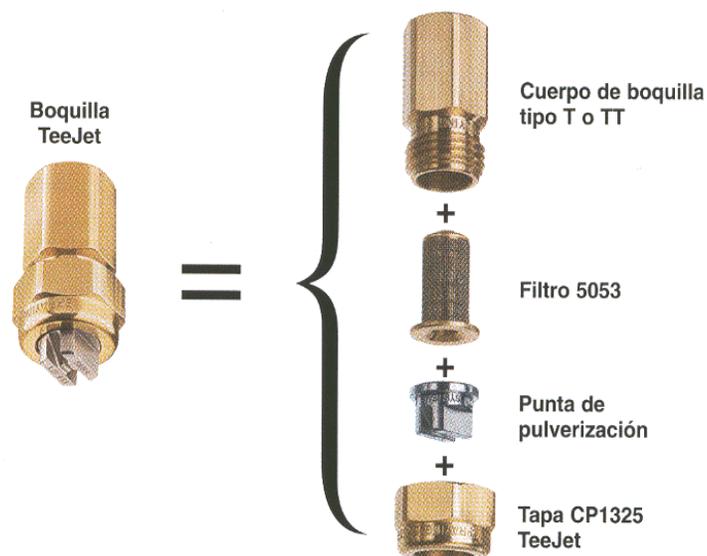


Figura 2.14. Elementos estándares.

Existen muchas clases de boquillas que producen diferentes caudales, ángulos de pulverización, tamaños de gota y perfiles. Algunas características de estas puntas de pulverización están indicadas por el número correspondiente de la punta, como se puede observar en la siguiente Fig. 2.15.

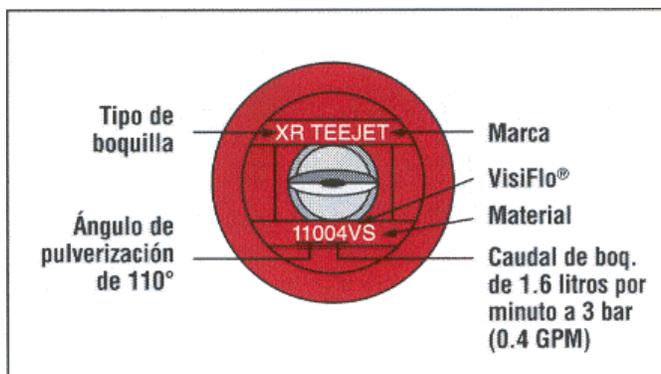


Figura 2.15. Puntas de pulverización.

Selección de Boquillas

La selección de la boquilla correcta es de importancia primordial para la aplicación adecuada de plaguicidas. La aplicación uniforme de plaguicidas depende de la utilización de boquillas correctas y por supuesto manteniéndolas adecuadamente. Pero a la vez depende de la presión, orientación, altura y espaciamiento de la boquilla. La presión de boquilla afecta directamente el flujo, el tamaño de las gotas y el ángulo de rociadura. El flujo se aumenta con la presión, mientras que el tamaño de la gota es inversamente proporcional a la presión de la boquilla; mientras menor sea la presión, mayor será el tamaño de las gotas y viceversa. En ninguno de estos casos el efecto es directamente proporcional; es decir, al duplicar la presión, no se duplica el flujo ni se reduce exactamente a la mitad del tamaño de las gotas. Como regla general, la presión de la boquilla debe cuadruplicarse para duplicar el flujo. La altura de la boquilla, la orientación y espaciamiento de éstas en el aguilón son críticas para la aplicación uniforme del producto en el campo (Ortiz, 1987).

La selección de boquilla se puede realizar a través de los folletos que nos proporciona TeeJet (Spraying Systems 2003).

	Herbicidas				Fungicidas	
	Incorporados al suelo	Pre-Emergencia	Post-Emergencia Contacto	Post-Emergencia Sistémico	Contacto	Sistémico
 Turbo TeeJet WIDE ANGLE FLAT SPRAY TIP	Excelente	Excelente	Bueno	Excelente	Bueno	Excelente
 AI TeeJet AIR INDUCTION SPRAY TIP	Excelente	Excelente	Bueno	Excelente		Excelente
 XR TeeJet EXTENDED RANGE FLAT SPRAY TIP	Excelente (a bajas presiones)	Excelente (a bajas presiones)	Excelente	Excelente (a bajas presiones)	Excelente	Excelente (a bajas presiones)
 DG TeeJet DRIFT GUARD FLAT SPRAY TIP	Excelente	Excelente	Bueno	Excelente	Bueno	Excelente
 TeeJet STANDARD FLAT SPRAY TIP	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
 TwinJet TWIN FLAT SPRAY TIP			Excelente		Excelente	Bueno
 Turbo FloodJet WIDE ANGLE FLAT SPRAY TIP	Excelente	Excelente		Excelente		Excelente
 Turbo TurfJet WIDE ANGLE FLAT SPRAY TIP	Excelente	Excelente		Excelente		Excelente
 FullJet WIDE ANGLE FULL CONE TIP	Excelente	Excelente		Excelente		Excelente

Figura 2.16 a. Guía para la selección de boquillas.

	Insecticidas		Fertilizantes
	Contacto	Sistémico	Líquido
 Turbo TeeJet⁺ WIDE ANGLE FLAT SPRAY TIP	Bueno	Excelente	Excelente (a bajas presiones)
 AI TeeJet⁺ AIR INDUCTION SPRAY TIP		Excelente	Excelente (a bajas presiones)
 XR TeeJet⁺ EXTENDED RANGE FLAT SPRAY TIP	Excelente	Excelente (a bajas presiones)	Bueno (a bajas presiones)
 DG TeeJet⁺ DRIFT GUARD FLAT SPRAY TIP	Bueno	Excelente	Excelente (a bajas presiones)
 TeeJet⁺ STANDARD FLAT SPRAY TIP	Bueno	Bueno	
 TwinJet⁺ TWIN FLAT SPRAY TIP	Excelente		
 Turbo FloodJet⁺ WIDE ANGLE FLAT SPRAY TIP		Excelente	Excelente
 Turbo TurfJet⁺ WIDE ANGLE FLAT SPRAY TIP		Excelente	Excelente
 FullJet⁺ WIDE ANGLE FULL CONE TIP		Excelente	Excelente
 Quick TeeJet⁺ EIGHT ORIFICE			Excelente

Figura 2.16 b. Guía para la selección de boquillas, Spraying Sistem 2003.

Perfiles de Distribución

Las diferencias más significativas entre estos tipos de boquillas, desde el punto de vista de su utilización, son sus perfiles de distribución volumétrica.

Las boquillas de abanico plano dan generalmente un perfil de distribución trapezoidal o triangular; las cónicas (cono hueco) dan una distribución irregular, con un mínimo en la zona central y dos máximos en los extremos; las deflectoras dan una distribución bastante uniforme en toda la anchura de esparcido, con una ligera disminución progresiva del centro hacia los lados en algunas boquillas de diseño reciente. Para el caso de las boquillas de abanico plano, realizando el conveniente solapamiento entre los chorros de las boquillas contiguas, se consigue una distribución muy uniforme. El solapamiento de los chorros de pulverización en las boquillas cónicas de chorro hueco, generalmente produce mayor irregularidad de la distribución.

Los ángulos de abertura más utilizados en boquillas de abanico son las de 110° y 80° ; en las cónicas 65° y 85° ; en 59 las deflectoras es frecuente que se superen los 140° (Botta, 2001).

Ancho de Aplicación de Aspersión.

La anchura por boquilla es función de su diseño, su espaciamento a lo largo del aguilón y su orientación sobre él. No se puede alterar el diseño de las boquillas por lo que es muy importante realizar una selección adecuada. Es posible que el flujo de una boquilla de abanico plano sea igual al de una de aplicación uniforme, solamente en este aspecto estriba la similitud. El espaciamento y la orientación no serán los mismos para estos [dos ni para otros tipos, normalmente las boquillas se sitúan a 50 cm de distancia entre sí en las barras de pulverización horizontales como se observa en la Fig. 2.17, (Bowen, 1990).

S_b = separación entre boquillas
 α = ángulo de pulverización
 h = altura de aplicación

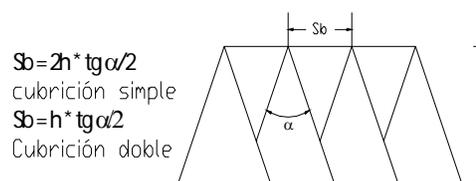


Figura 2.17. Separación entre Boquilla.

La separación se determina mediante el ensayo en un banco de pruebas, recolectando el líquido en una probeta, el caudal capturado en las probetas no debe ser superior o inferior al 15 por ciento, del valor promedio, para considerar una distribución aceptable. Respecto a los caudales unitarios de cada una de las boquillas en la barra pulverizadora la tolerancia es de ± 5 por ciento del valor medio (Ortiz, 1989).

Los resultados obtenidos de una investigación de uniformidad de distribución indicaron que al utilizar diferentes boquillas a un mismo espacio, altura y presión, marginan la satisfactoria distribución de aspersión. Los espaciamentos más estrechos de boquilla, que usaron proporcionan un espaciamento de 51 cm para boquillas de abanico tienden a crear más estables distribuciones. La distribución de uniformidades es menos vulnerable a las fluctuaciones en la altura y presión cuando el espaciamento se reduce (Azimi et al., 1985).

Patrones de Aspersión.

El patrón de aspersión es la forma que toma el líquido al salir a través de la boquilla. Algunos de los patrones son:

a) Cono Hueco; en el cual no hay gotas en el centro.



b) Cono Lleno; el área esta totalmente llena de gotas, ideal para ventilador.



c) Chorro Sólido; que se utiliza para fertilizantes incorporados al suelo, las gotas no se rompen.



d) Abanico; Existen dos tipos:



- Bordes Ahusados. Menor cantidad de líquido en los extremos que en el centro.
- Bordes Rectos: Misma cantidad de líquido en todo lo largo de la aspersión.

Las boquillas son capaces de proporcionar un gasto específico a una presión dada en un tiempo determinado, como por ejemplo: 40 gal/min a 40 lb.pulg⁻².

Las boquillas son capaces de romper la corriente del líquido en pequeñas gotas que se miden en micras o micrones, una micra mide $\mu = 0.001$ mm; para la agricultura, las gotas van desde 200 hasta 600 micras, como ejemplo tenemos para:

- a) Grafito de lápiz = 2,000 micras
- b) Clip = 850 micras
- c) Cabello humano = 100 micras

El impacto es la fuerza de choque de la aspersión sobre la superficie del objetivo. Entre más cerrado sea el ángulo de aspersión, mayor será el impacto.

La velocidad de aplicación que tiene el líquido al salir del orificio de la boquilla, mientras el líquido está dentro de la línea posee una presión, una vez que sale del orificio ya no tiene presión, mas sin embargo sale con una determinada velocidad.

Factores que Afectan la Aspersión.

En las diferentes boquillas que se comercializan existen diversos factores que afectan la aspersión, tales como los siguientes:

- a) Presión.- La fuerza que impulsa el líquido a través de la boquilla.
- b) Angulo.- Es la abertura de los borde del patrón de aspersión.
- c) Capacidad.- Es la cantidad de líquido que pasa a través del orificio a una presión determinada en un tiempo dado. Para duplicar el gasto de una boquilla es necesario aumentar 4 veces la presión.
- d) Líquido.- Tiene diferentes propiedades que pueden afectar la aspersión:
 - Gravedad específica o densidad.- Relación que existe entre la masa de un volumen dado de un líquido con respecto a la masa del mismo volumen de agua. Esta afecta principalmente a la capacidad de la boquilla.
 - Viscosidad.- Resistencia del líquido a cambiar de forma. Afecta principalmente al patrón de aspersión.

- Tensión superficial.- Fuerza de adhesión entre las moléculas. Esta afecta principalmente a la presión mínima de trabajo.
- Temperatura.- La temperatura no afecta directamente al funcionamiento de la boquilla, pero si afecta las propiedades del líquido; como la densidad, viscosidad y tensión superficial; un ejemplo muy claro es el aceite, que cuando es muy viscoso le cuesta trabajo fluir, pero si se calienta, fluye más fácil.

Vida Útil

Las boquillas no están diseñadas para durar eternamente. El desgaste de la boquilla se caracteriza por un aumento en la capacidad de la boquilla seguido por un deterioro del patrón de aspersion. Cuando una boquilla presente un 10 por ciento mas de gasto en comparación con una boquilla nueva, es necesario reemplazarla.

Si tenemos un aguilón con 21 boquillas, es necesario rectificar 2 o 3 boquillas y si estas tiran un 10 por ciento mas, es necesario reemplazarlas todas. Para comprobar el desgaste se recomienda utilizar un cronómetro, un manómetro y un recipiente calibrador o utilizar un comprobador de boquillas de Spraying Systems.

Desgaste

Las principales causas de desgaste es el uso constante de las boquillas, la utilización de productos abrasivos, el aumento de la presión de trabajo; ya que a mayor presión existe mayor desgaste y la limpieza inadecuada; porque nunca deben utilizarse clips, clavos u objetos de metal.

Para prevenir el desgaste prematuro se recomienda no pasar de la presión recomendada, utilizar boquillas de mejor calidad, utilizar boquillas con el gasto adecuado y elegir el material adecuado; ya sea bronce, acero inoxidable, polímero, cerámica, acero inoxidable endurecido, etc.

Análisis del Tamaño de Gota

La utilización del escáner (explorador o analizador de imagen también conocido como tomógrafo transaxial computarizado) como herramienta óptica para medición y conteo de impactos en tarjetas hidrosensibles, es un método muy económico comparado con los analizadores de imágenes, sistemas láser, por tal motivo se ha desarrollado un software (Spray X) que posibilita evaluar la velocidad de desplazamiento de la pulverización sobre el diámetro y distribución de

gota en el objetivo, los resultados obtenidos a una sensibilidad de escáner de 400 dpi (datos/in.), permite una lectura de tamaño de impactos mínimos de 71.56 μ (micrones), a una sensibilidad de 600 dpi se tiene una lectura de 47.77 μ , a 800 dpi – 35.83 μ y a 1200 dpi – 23.88 μ .

Con relación a la cobertura no se observo diferencia apreciable con el incremento de sensibilidad, el incremento de impactos de tamaños menores de 0 a 150 μ , se observo que a 1200 dpi de sensibilidad del escáner, el software identifica mayor cantidad de impactos en la franja de 0 a 150 μ (Boglíani, 2000).

El número y tamaño de gota pueden determinarse por medio de una recolección de muestras (mezclando una tinta) por medio de una diapositiva de vidrio recubierta de silicón, oxido de magnesio y otros materiales similares o en una superficie brillante impresa sobre papel técnicamente conocidos como: Kromekote o Lusterkote, respectivamente. El factor de correlación tiene que ser aplicado para determinar el diámetro original del tamaño de gotas por medio de las manchas o por las impresiones. El factor de correlación varia con el tamaño de gotas y con las características físicas de la mezcla a asperjar.

El tamaño de gota puede ser medido directamente con el método de inmersión usado. La toma de las gotas de aspersion es recolectada en

un plato poco profundo o matriz que permite que las gotas particularmente se asientan, donde ellas quedan casi en forma esférica. Un solvente de hidrocarburo también trabaja en las gotas de agua. Una solución de agua con celulosa espesa que contiene jabón o detergente que puede usarse para gotas de aceite. El método de inmersión es meramente una técnica de laboratorio.

El recobrado es la parte del ingrediente activo del producto que se recupera como depósito en la superficie del cultivo. Según Torgeson (1967), el depósito de sobre el objetivo se debe a varios factores. este autor refiere que en las hojas más grandes y de superficie lisa, la eficiencia de impacto de las gotas es menor; las gotas son colectadas sobre insectos o superficies de plantas por sedimentación e impacto y el humedecimiento es afectado por el ángulo de contacto de las gotas sobre las hojas y la superficie cerosa. La estructura y rugosidad de las hojas influye sobre el humedecimiento y pueden ser diferentes por el haz y el envés (Holloway, 1970).

La redistribución de los depósitos de plaguicidas sobre las hojas juega su papel en las aplicaciones de bajo volumen. Una cobertura de gotas por cm^2 , sin formarse lámina de aspersion, en el combate de enfermedades parece imposible, puesto que las esporas pueden germinar y penetrar cualquier parte de la hoja; sin embargo, cada gota de fungicida depositada tiene una zona de influencia o rango biocida de esta, de tal

manera que se obtiene una mayor uniformidad y efectividad de los depósitos sobre las esporas o desarrollo de la enfermedad.

El conteo y tamaño de gotas recolectadas o manchas puede hacerse directamente por medio de un microscopio, o muestras de fotografía que pueden ser analizadas reconstruyendo, registrando y cuentan el número de gotas mientras están en vuelo y dentro de los rangos consecutivos seleccionados por el operador (Kepner *et. al.*,1978).

Importancia del Tamaño de Gota.

Los investigadores han revelado la importancia del tipo de gotas de aspersión para optimizar el combate de plagas (Muller, 1969). Este autor enfatiza que una buena aspersión es aquella que está constituida por gotas de tamaño uniforme, sin embargo, la característica de la mayoría de los equipos y formulaciones, es que, al realizar la aspersión se forma un amplio rango de tamaño de gotas simultáneamente, las cuales son afectadas por el viento, la turbulencia y la evaporación, principalmente las de tamaño menor a los 150 micrones.

Akesson (1972), hace referencia que el objetivo de una aplicación es depositar el material activo donde es los puntos más efectivos por lo

que es necesario guardar una relación entre el tamaño y su espectro de gotas que se esté utilizando en la aplicación. Al respecto, Junco (1978) señala que el control del tamaño de las gotas es de importancia decisiva en la reducción de la deriva, debida al viento y a las corrientes convectivas ascendentes o térmicas, con pérdidas hasta de un 50 por ciento del material activo.

El tamaño de las gotas es altamente importante si se quiere obtener una aplicación eficiente con un mínimo de contaminación del medio (Matthews, 1977), lo más comúnmente utilizado internacionalmente para la medición de las gotas es el diámetro volumétrico medio (D.V.M.) el cual se mide en micrones y se define como el diámetro que divide el volumen de la aspersion en dos partes iguales, de manera que la mitad del volumen es asperjado con gotas menores al DVM y la otra mitad con gotas de tamaño superior.

El diámetro numérico medio (DNM), que sigue en orden de importancia, es el diámetro medio de gota sin referencia alguna a su volumen, que otorga considerable énfasis a las gotas más pequeñas. Se agrega que como la medición de DVM y DNM es afectada por la proporción de gotas grandes y pequeñas respectivamente, el cociente entre estos diámetros es una indicación precisa del rango de gotas, por lo que la mayor uniformidad del espectro de tamaño de gotas se consigue con cocientes que tiendan más hacia uno.

Spellman (1982) destaca que la elección del tamaño de las gotas debe estar basada en primer lugar, en la efectividad biológica sobre el objetivo y que desde luego, el tipo de producto juega su papel y debe tenerse presente, además que las gotas más pequeñas son más propensas a ser desviadas por el viento fuera del objetivo de aplicación, favoreciéndose más la evaporación; por otro lado las gotas más grandes pueden provocar grandes pérdidas hasta un 50 por ciento y más de ingrediente activo por escurrimiento.

El mero crecimiento en la cantidad ya sea volumen o ingrediente activo sin un ajuste adecuado de los requisitos de aspersión no conduce necesariamente a un incremento de los depósitos sobre el objetivo (UK, 1982).

Felber (1980) apunta que el tamaño de las gotas (DMV) influye en la cobertura, recobrado, deriva, penetración en el cultivo, la evaporación y el escurrimiento y agrega que las gotas de menor tamaño son de baja velocidad de caída en el aire y más propensas a la deriva, aunque son de mejor penetración en el interior del follaje de la planta y que un asperjado fino se evapora mucho más rápido que un asperjado grueso, ya que el primero posee una superficie mayor donde la evaporación ocurre.

Wilson (1963) y Smith (1975) (citado por Hall et al, 1978) reportaron que el espectro de gotas con un DVM de 460 micrones fue tan efectivo

como el DVM de 100 micrones en la eliminación de varias plagas en cultivos de hilera y que las gotas de 500 micrones no aseguran una buena efectividad sobre las enfermedades. Apuntan además dichos autores, que las gotas de 100-140 micrones resultan ser más efectivas en la lucha contra los insectos en algodón que gotas de 250-300 micrones; sin embargo, las gotas muy pequeñas incrementan “la deriva”.

Matthews (1977) refiere como tamaño de gota óptimo de 30-50 micrones para el control de insectos en el follaje y de 40-100 micrones en aplicaciones dirigidas al follaje de la planta.

Existen diferentes opiniones acerca del tamaño óptimo de gota (Hernández 1985). El criterio más generalizado se inclina a que las gotas más pequeñas ofrecen un mayor efecto biológico y tienen mayor penetración y distribución en el follaje de la planta.

La gota es la portadora del ingrediente activo. Del conocimiento de la gota dependerá el grado de efectividad biológica sobre el objetivo a controlar. La gota como elemento físico individual es cuantificable tanto numérica como volumétricamente.

En la práctica muchos pulverizados hidráulicos se usan con una gran proporción del volumen conteniendo gotas entre 100-500 μm de

diámetro, la distribución real depende del tipo de boquilla y la presión de operación. Luego de la proyección inicial del pulverizado, la trayectoria de las gotas está subsecuentemente determinada por los efectos de gravedad, viento y otros factores discutidos más abajo. La gravedad afecta la velocidad a la cual las gotas caen hacia el suelo, por lo cual las gotas más pequeñas que caen lentamente son más afectadas por el movimiento del aire.

Velocidad Terminal de gotas en ausencia de viento.

Las velocidades terminales de las gotas en ausencia de viento se pueden observar en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1 Velocidad Terminal de la gota asperjada	
Tamaño de gota	Velocidad de caída
(μm)	(m/s)
200	0.721
100	0.279
50	0.075
10	0.003

Pretendiendo minimizar la derivación ha habido una tendencia a aplicar pulverizados más gruesos con gotas más grandes, lo cual influenciará la eficiencia de distribución de un pulverizado. Incrementando el volumen de pulverizado aplicado en grandes gotas puede reducirse la retención sobre la cubierta del cultivo tal que una alta proporción de pesticida puede perderse en el suelo.

El pulverizado se pierde especialmente cuando se aplica un volumen tan grande que el líquido gotea del follaje. Esta pérdida puede contribuir, en el caso de químicos persistentes a una gran contaminación del agua subterránea.

Tamaño de gotas en función del tipo de tratamiento

Para lograr una mayor efectividad en la absorción de la materia activa, cada tipo de tratamiento requiere un número mínimo de gotas, así como un determinado tamaño de las mismas (Spraying System Spain 2004). En el Cuadro 2.2 se muestran las exigencias en función del tratamiento, cantidades y tamaño de gotas.

Cuadro 2.2 Exigencias en gotas por unidad de superficie y tamaño de las mismas según el tratamiento.

Tratamiento	Cantidad mínima de gotas por cm ²	Tamaño de las gotas (µm)
Funguicida	50 – 70	150 – 250
Insecticida	20 – 30	200 – 350
Herbicida de contacto	30 – 40	200 – 400
Herbicidas de presembrado y preemergencia	20 – 30	400 – 600
Abonos líquidos	5 - 15	500 – 1000

Durante la aplicación de productos químicos para la protección de cultivos, se usa el término deriva del chorro para describir aquellas gotas

que contienen los productos químicos y que no se depositan en la superficie objetivo. Estas gotas tienden normalmente a ser pequeñas, de menos de 150 micras de diámetro y son desplazadas fácilmente del área objetivo por los vientos o algunas otras condiciones climatológicas. La deriva puede ocasionar que los productos químicos de protección a los cultivos se depositen en áreas no apropiadas con consecuencias sumamente serias, como por ejemplo:

- Daños a cultivos adyacentes que sean sensibles a los productos químicos.
- Contaminación de agua.
- Riesgos a la salud de personas y animales.
- Probable contaminación de la superficie objetivo y áreas adyacentes o posibilidad de aplicación en exceso en la superficie objetivo.
- También se evapora más rápidamente restando la oportunidad de lograr alcanzar el objetivo buscado.

Un dato del tamaño de gota, útil para la determinación del potencial de deriva de un aboquilla, es el porcentaje de gotas finas que tienden a la deriva. Puesto que las gotas pequeñas tienen una mayor tendencia a desviarse, es conveniente establecer el porcentaje de gotas pequeñas de una determinada boquilla, a fin de reducirlo al mínimo cuando la deriva sea un problema. Se considera que las gotas inferiores a 200 micrones

contribuyen potencialmente a la deriva. En el Cuadro 2.3 que aparece a continuación figuran varias boquillas con sus porcentajes correspondientes de gotas con tendencia a la deriva.

Cuadro 2.3 Gotas con tendencia a la deriva.

Tipo de boquilla Caudal (1.16 L/min)	Porcentaje del volumen de líquido pulverizado inferior a 200 micrones	
	1.5 bar	3 bar
XR TeeJet 110°	14 por ciento	34 por ciento
XR TeeJet 80°	2 por ciento	23 por ciento
DG TeeJet 110°	<1 por ciento	20 por ciento
DG TeeJet 80°	<1 por ciento	16 por ciento
TT – Turbo TeeJet	<1 por ciento	12 por ciento
TF – Turbo FloodJet	<1 por ciento	<1 por ciento

Nota: Esto valores han sido determinados por Spraying Systems Company en el laboratorio a temperatura ambiente.

El tamaño de gota constituye un factor muy importante cuando la eficacia de un determinado producto químico aplicado en el cultivo dependa del grado de cobertura, o cuando sea prioritario evitar que el líquido pulverizado salga del área de aplicación.

La mayoría de las boquillas utilizadas en la agricultura puede clasificarse como productoras de gotas finas, medias o gruesas.

Las boquillas que dan gotas finas, suelen recomendarse para aplicaciones de post-emergencia que requieran una excelente cobertura sobre la superficie de las hojas. Las boquillas más comunes en la

agricultura son las que producen gotas de tamaño medio. Dichas boquillas se pueden utilizar con herbicidas de contacto y sistémicos, herbicidas aplicados en superficie en pre-emergencia, insecticidas y fungicidas.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta a la hora de elegir una boquilla de pulverización que produzca un tamaño de gota de las diferentes categorías, es que una boquilla puede producir diferentes tipos de tamaño de gota a distintas presiones. Una boquilla puede dar gotas de tamaño medio, a bajas presiones y producir gotas finas a medida que se incrementa la presión.

Cuando tenemos gotas más pequeñas, tenemos mas cobertura o mayor superficie de contacto, sin embargo, tendremos mayor deriva, que es el envío de gotas fuera del objetivo deseado. Se han diseñado boquillas anti-deriva como son el DG (Drift guard) o la TT (Turbo TeeJet) que producen gotas más grandes y reducen el número de gotas pequeñas que son las que tienden a desviarse del rumbo dirigido al objetivo.

Métodos para Analizar el Espectro de Gota

Los fabricantes de boquillas indican en su catálogo la calidad de pulverizado obtenido con las diferentes puntas de boquillas y presiones de

operación. Estas estimaciones de calidad están basadas en mediciones del espectro de gota. El espectro de gota afecta la extensión de la cobertura de pulverización y la extensión a la cual algunas de las gotas serán transportadas por el viento. (Thornhill y Matthews, 1996)

La medición del tamaño de las gotas en estos pulverizados se ha facilitado enormemente en años recientes por el desarrollo de sistemas de luz láser usando tecnología computacional para procesar gran cantidad de información muy rápidamente.

El tamaño medido en micrómetros, es usualmente dado como el diámetro de volumen medio (VMD) de pulverizado, en el cual la mitad del volumen del líquido contiene gotas que son mayores que VMD y la otra mitad son menores. Una medición no entrega el panorama total, tal que en algunos estudios se hace referencia al número de diámetro medio (NMD) en el cual la mitad de las gotas en número son ya sea menores o mayores que NMD.

Una comparación de la razón entre estos dos parámetros (VMD/NMD) entrega una indicación del rango de tamaños de gota producidos. Los ingenieros usan otras medidas para describir el pulverizado, como son, las evaluaciones mediante programas de computadora.

Métodos e Instrumentos para analizar la aspersión.

Hay muchos métodos y los instrumentos disponibles para recoger datos del tamaño de la gota. Tras repetidos resultados en distintas pruebas son esenciales para comparar datos para el buen funcionamiento de la boquilla utilizar los métodos de prueba que consideran todas las variables potenciales en la técnica de muestreo, los métodos e instrumentación. Pulverizando agua en una cacerola de aceite y cerrando el pulverizador, es posible contar y clasificar gotas individuales usando un microscopio. Esta técnica todavía es utilizada por algunos investigadores. Los problemas con este método implican la fusión de la gota, el tamaño de muestra inadecuado y el hecho de que las gotas muy pequeñas son desviadas lejos del aceite por las corrientes de aire en la superficie debido a la velocidad del pulverizador. También, gotas más grandes pueden dividirse por el impacto al tocar la superficie (Spraying Systems Company, 2000).

El mismo tipo de método se utiliza al pulverizar un tinte sobre una tarjeta inmóvil, o agua sobre papel sensible al líquido. Una vez más las gotas pequeñas se desviaron lejos del blanco y las gotas grandes se dividieron en el impacto. Los datos recogidos por estos métodos

dependen de un número de variables incontroladas que dan resultados de la prueba generalmente irrepetibles.

Mientras que los datos del tamaño de la gota eran recogidos en los comienzos de los años 50 usando métodos tales como fotografía de destello, probablemente el primer descubrimiento verdadero la tecnología de la gota es el desarrollo en 1961 de un analizador automatizado de la proyección de imagen (Fig. 2.18 a).

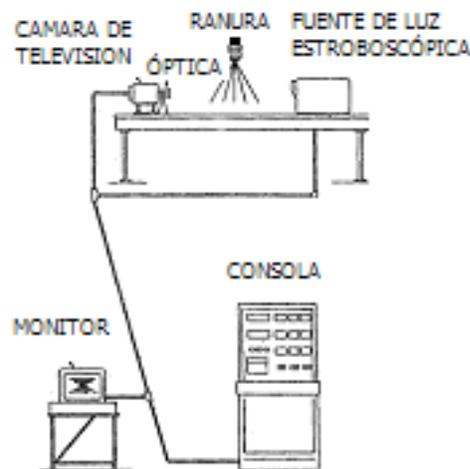


Fig. 2.18 -a Analizador electrónico de proyección de imagen.

El analizador electrónico de la proyección de imagen fue desarrollado en Spraying Systems Company por el Dr. Verne Dietrich y construido por la división de Dage de TRW, ciudad de Michigan, Indiana. Al diseño le fue concedida la patente 3275733 de los E.E.U.U. en

septiembre de 1966, y está actualmente en su segunda generación. (Spraying Systems Spain, S.L., 2004)

Básicamente, el analizador electrónico de la proyección de imagen incorpora la técnica espacial de la medida usando una luz del estroboscopio para iluminar el pulverizador y para registrar la imagen con un tubo de vidicon. Se explora la imagen, y las gotas se clasifican y se separan en diversas clases. Los datos que resultan se pueden corregir matemáticamente usando datos de la velocidad para dar una distribución del flujo. Estos resultados fueron reconocidos y corregidos. El analizador del tipo de la proyección de imagen todavía es promovido activamente por algunos fabricantes de boquillas. La disponibilidad limitada de este tipo de instrumento, sin embargo, previno a investigadores independientes y otros miembros interesados de la comunidad de analizadores del tamaño de la gota a verificar los datos recogidos de las pruebas y compararlos en diseños similares.

Más recientemente el desarrollo de los analizadores comercialmente disponibles del tamaño de la gota hace factible para verificar resultados del tamaño de la gota por fuentes independientes. Esta nueva clase de analizadores incorpora láser, la óptica especial y el trazado de circuito digital para reducir al mínimo el error de la proyección de imagen. Alguno de los fabricantes más comúnmente reconocidos de los instrumentos de la medida del láser es Malvern, sistema que miden de la

partícula (PMS), y Aerometrics. Lo que sigue es un análisis de tres de sus instrumentos.

b Analizador de Partícula Malvern

El analizador de Malvern, que se considera un dispositivo espacial del muestreo, utiliza el hecho de que una gota del pulverizador causará en la luz láser la dispersión a través de un ángulo en el diámetro de la gota como se puede observar en la siguiente Figura (2.18 – b).

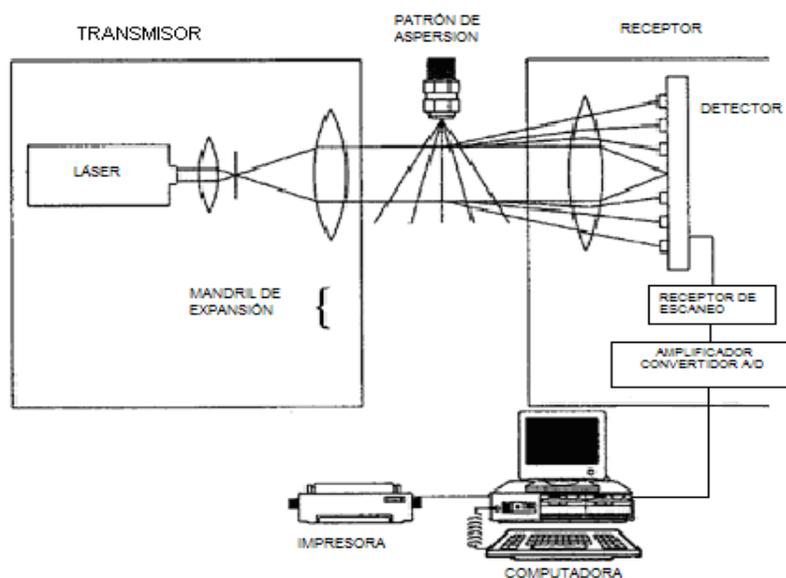


Fig. 2.18 – b Componentes del Analizador Malvern de Partículas

Se mide la intensidad de luz dispersada usando una serie de diodos semicirculares en la foto. Teóricamente, la distancia de los diodos individuales en la foto y las funciones de la intensidad son necesarias para

calcular la distribución del tamaño de la gota. Un programa se utiliza para convertir la distribución de la intensidad de luz en varias funciones de distribución empíricas del tamaño de la gota.

Puesto que el Malvern tiene cierto diagnóstico propio, las fuentes de error potenciales son más fáciles de identificar. El instrumento se debe alinear y calibrar periódicamente usando diapositivas de depósitos con distribuciones grabadas al agua fuerte conocidas de la gota (Spraying Systems Company, 2000).

Quizás la fuente más grande de error con este tipo de instrumento es la dispersión múltiple. Si el pulverizador es demasiado denso, hay una posibilidad que la luz dispersada a partir de una gota se puede dispersar otra vez por otras gotas más lejanas. El Malvern se equipa de un indicador llano del "oscurecimiento" que determina si el pulverizador es demasiado denso, pero tal determinación es a menudo difícil. Para evitar esto en el laboratorio, el técnico separa la boquilla más lejos o utiliza un blindaje especial para permitir que solamente una porción del pulverizador entre en el área de la muestra.

c Sistemas que miden la Partícula.

Las partículas se miden con un aparato de exploración óptica que utiliza un rayo láser (tecnología que sustituye al rayos X, usado en

modelos antiguos) para obtener una imagen de corte transversal al nivel deseado tras atravesar el patrón de aspersion en exploración, es recogido por sensores cuya función es transformar en señales electrónicas amplificadas y rectificadas, las cuales son tratadas por un complejo programa de computadora, mismo que se encarga de fabricar la imagen final, visible en pantalla de cristal líquido (monitor), así mismo si se desea se puede imprimir o transmitirse a otros medios para su procesamiento.

Los sistemas (Fig. 2.18– c), que miden estas partículas son también conocidos como PMS (Particle Measurement System), actualmente el más sofisticado ofrecido por Spraying Systems Company (2000).

Las puntas de prueba grises de la escala de PMS OAP son muy avanzadas y tienen una autodiagnos muy cualificada. Estas puntas de prueba rechazarán automáticamente las imágenes de la gota que estén desenfocadas o que no satisfacen una serie de requisitos previamente establecidos. Los problemas con las unidades de PMS se centran generalmente en la calibración o el mantenimiento incorrecto. La óptica tiende a humedecerse fácilmente y la limpieza y la alineación requieren una cierta habilidad. También, los pulverizadores densos tienden a sobrecargar el trazado de circuito y a menudo es necesaria una reducción del área de muestreo. Es necesario recalcar que es necesaria la corrección del área del muestreo y las ecuaciones de la distribución de la gota a la hora de hacer el análisis.

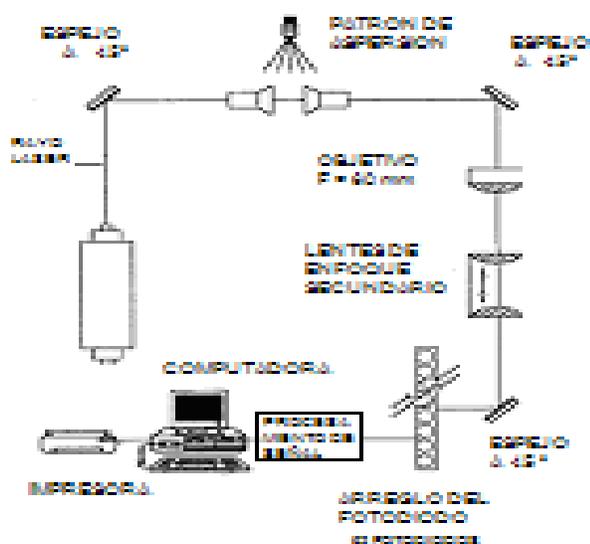


Fig. 2.8 – c Espectrómetro PMS Modelo OAP – 2D GA2

d Analizador Aerométrico

Este aparato realiza la medición de las partículas en aerosol de las sustancias (como insecticidas o gases) expulsados de un contenedor a presión.

El analizador de la partícula de Doppler de Aerometrics (Fig. 2.18 – d), o PDPA, es un dispositivo del muestreo y un instrumento sensible al flujo. El instrumento requiere realizar varias veces la prueba de pulverización para obtener una muestra de la distribución del flujo de pulverización (Spraying Systems Company, 2000).

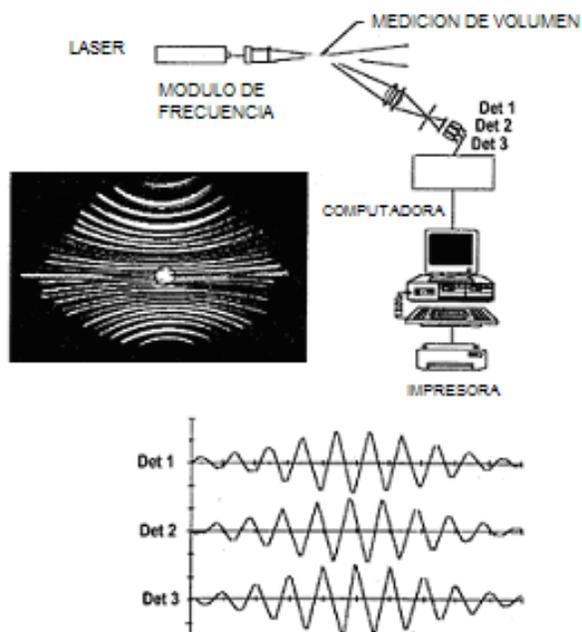


Fig. 2.8 – d Componentes del Analizador Aerometrics PDPA

El PDPA utiliza un láser de baja potencia que se divide en dos vías utilizando un divisor y un módulo de la frecuencia. Los dos rayos láser se intersectan otra vez en una sola vía en la localización de medición de volumen de muestra. Cuando una gota pasa con la región de la intersección de los dos rayos láser, un modelo de la franja de interferencia es formado por la luz dispersada.

Puesto que la gota está en movimiento, los barridos del modelo de interferencia tras la abertura del receptor Doppler es proporcional a la velocidad de la gota. La frecuencia espacial es inversamente proporcional al diámetro de la gota.

La compañía Aerometrics ofrece a una fibra opcional que aísla el instrumento de pulverización y elimina el error potencial debido a la vibración causada por el contacto directo con los pulverizadores más grandes en capacidad.

Otros instrumentos de medida de la gota que están comercialmente disponibles, utilizan el láser y funcionan generalmente utilizando los principios que hemos definido aquí. Y con esto se puede determinar la calidad de aplicación de boquillas de aspersion.

Lamentablemente es muy difícil tener acceso a estos aparatos debido a su alto costo y difícil operación; y es por eso que se buscan otras alternativas que estén completamente a nuestro alcance para lograr la evaluación eficiente de las boquillas de aspersion que se comercializan en nuestro país.

Determinación del Tamaño de Gota por el Método

DVM y DNM

El tamaño de gotas puede determinarse por métodos prácticos, sin embargo el método más preciso (Matthews, 1987) es aquel donde se determina el Diámetro Volumétrico Medio (DVM) y él (DNM) Diámetro

Numérico Medio; para la determinación de dichos diámetros primeramente se obtienen muestras de aspersion a través de tarjetas hidrosensibles, que son el colector más comúnmente usado en las aspersiones de base agua. Este método es importante por que se centra únicamente en el tamaño de las gotitas para determinar que tan fina o buena calidad de aspersion se realizó.

Por otro lado también Matthews (1987) nos menciona que para expresar el tamaño de las gotas en aplicaciones fitosanitarias, el parámetro más ampliamente usado es el diámetro mediano (dm) expresado en micras (μm). Una muestra representativa de gotita de una aspersion se divide en partes iguales por volumen, de tal manera que la mitad del volumen contenga gotitas más pequeñas que aquellas cuyo diámetro corresponde al valor de la mediana y la otra mitad del volumen contiene gotitas más grandes. Unas cuantas gotitas pueden formar una gran proporción de la aspersion y en es forma aumentar el valor de la mediana del diámetro.

El diámetro volumétrico mediano es el diámetro promedio de las gotitas sin referirse a su volumen. Con lo anterior se da gran importancia a las gotitas pequeñas.

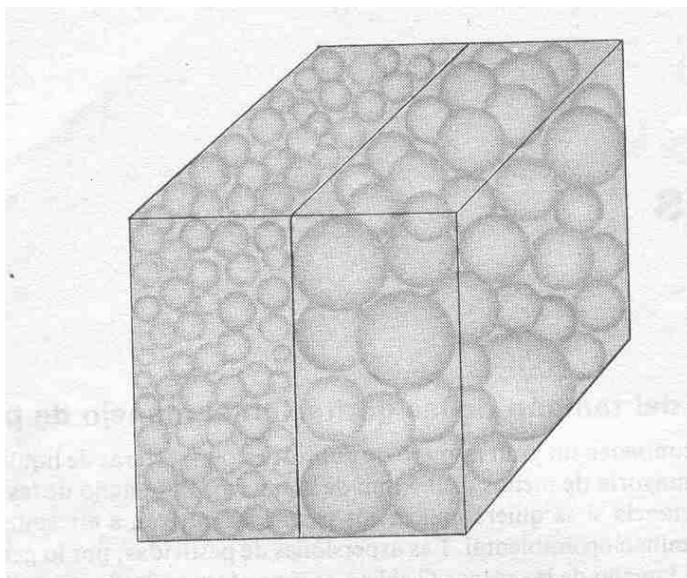


Fig. 2.19 Diagrama de Representación del DVM.

La mitad del volumen de la aspersión contiene gotitas más grandes que el valor del DVM mientras que la otra mitad tiene gotitas más pequeñas como se observa en la Fig. 2.19.

Debido a que la medición del dm y del DVM es afectada respectivamente por la proporción de gotitas pequeñas y grandes, a menudo la relación entre esos parámetros es una indicación de la gama de tamaños, de tal manera que entre más uniforme sea el tamaño de las gotitas la razón entre ellas se aproxima más a 1.

En el Cuadro 2.4, se presenta un ejemplo del cálculo del diámetro medio (dm). El número de gotitas de cada clase se registra en la columna N. Luego se calcula el porcentaje de gotitas y el porcentaje acumulado se

representa gráficamente en papel de probabilidades logarítmicas contra el diámetro medio (Fig. 2.20) que se escoge porque no todas las gotitas que hay en un rango específico de tamaño son tan grandes como el máximo de una clase dada.

Cuadro 2.4 Un ejemplo de los cálculos requeridos para determinar el dm y DVM (Matthews 1975).

Retículo Núm.	Clase superior de tamaño (D)	Límite superior del tamaño (d)	Tamaño promedio (dm)	Número en la clase (N)	%N	Σ %N	dm^3	Ndm^3	% Ndm^3	Σ % Ndm^3
4		13.2								
5		18.8	16	33	6.5	6.5	4096	135 168	0.3	0.3
6		26.5	22.6	97	19.1	25.6	11 543	1 119 671	2.3	2.6
7		37.5	32	150	29.6	55.2	32 768	4 915 200	10.0	12.6
8		53	45.25	143	28.3	83.5	92 652	13 249 236	26.9	39.5
9		75	64	66	13.0	96.5	262 144	17 301 504	35.1	74.6
10		106	90.5	17	3.3	99.8	741 217	12 600 689	25.5	100.1
11		150	128							
12		212	181							
13	780	300	256							
Total: 506							Total: 49 321 468			

Como el volumen de la esfera es $\pi d^3/6$ y $\pi/6$ es un factor común, se calcula el cubo del diámetro medio y se multiplica por el número de gotitas de la clase (Ndm^3). Esas cifras luego se expresan como porcentajes del volumen total de la muestra y los porcentajes acumulados se trazan en la misma gráfica (Fig. 2.20). Entonces el dm y el DVM se leen en la misma intersección del 50 por ciento y en el ejemplo son respectivamente 30 y 50 μm . Para calcular los parámetros de las gotitas se puede usar un programa de computadora.

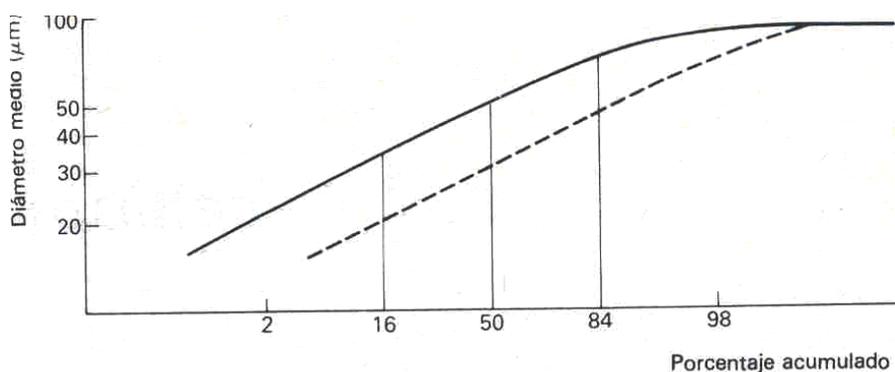


Fig. 2.16. Gráfica del porcentaje acumulado contra el diámetro medio de las gotitas para calcular el dm (curva continua) y el DVM (curva punteada).

Calidad de Aplicación

La aplicación de pesticidas debe ser considerada en el contexto del manejo integrado de plagas. Debe enfatizarse los métodos de control cultural y biológico, pero los pesticidas siguen siendo un componente importante en el manejo integrado de plagas. Sin embargo los pesticidas necesitan usarse juiciosamente sólo cuando las poblaciones de plagas están causando pérdidas de cultivo económicamente serias. Se requiere la elección cuidadosa de pesticidas más selectivos con técnicas de aplicaciones seguras y mejoradas para lograr control efectivo con mínimo impacto sobre el ambiente. Las condiciones meteorológicas afectan la dispersión de las gotas y la deposición dentro del techo del cultivo, tal que

la selección de boquillas y las condiciones de operación son importantes (Thornhill y Matthews, 1996).

La aplicación controlada de gotitas, abreviada AGC, no sólo pone de resalto la importancia de aplicar el tamaño correcto de gotitas para un objetivo dado, sino también de la uniformidad del tamaño de las gotitas para optimizar el uso de dosis y volúmenes mínimos para lograr un control efectivo. Es una extensión lógica del concepto de ULV (volúmenes ultra bajos), el objetivo del cual es aplicar el volumen mínimo compatible con el logro de un control económico. Las formulaciones de polvos humectables y de concentrados emulsificables pueden ser aplicados con técnicas de AGC, pero si con gotitas de menos de 100 μm de diámetro la evaporación tiene que reducirse o si se necesita un coadyuvante para incrementar la redistribución de las mismas o su penetración en la cutícula, entonces se requiere una formulación especial.

Sólo recientemente la aplicación de gotitas controladas ha alcanzado prominencia, después del empeño tomado por J. Fryer, director de la Weed Research Organisation en el Reino Unido para mejorar la aplicación de herbicidas (Matthews, 1977).

Sin embargo, Fraser (1966), desde hace muchos años resaltaron la necesidad de una boquilla que produjera una gama reducida de tamaños

de gotitas para aumentar la proporción de aspersion que llegara al objetivo. La amplia gama de tamaños de gotitas que producen la mayoría de las boquillas conduce a pérdidas debidas al arrastre, al escurrimiento o a ambas causas, de tal manera que la eficiencia de las aspersiones convencionales es reducida.

Los arrastres pueden reducirse, pero no eliminarse con cambios en la formulación. Así, cuando se agregan a la misma, aditivos para aumentar la viscosidad y agentes antiespumantes, el tamaño medio de las gotitas aumenta (Yates y Akesson, 1973).

De manera similar, las formulaciones de emulsiones inversas están menos expuestas a arrastres, pero la cobertura que se obtiene con ellas es mala a menos que se apliquen unos 200 L/Ha. Alternativamente, se pueden aplicar gránulos en vez de aspersiones, pero su mala retención en el follaje ha limitado su empleo en el combate de muchas plagas.

El volumen a asperjar depende no solo del tamaño seleccionado de la gotita, sino también de la densidad requerida. La misma densidad de gotitas (L/mm²) se logra con tan poco como 500 ml/Ha aplicando gotitas de 46 mm que con 1.8 L/ha con gotitas de 70 μ m o con 200 L/Ha con gotitas de 340 μ m. Si para lograr el control de cierta plaga es suficiente

una densidad de gotitas menor, se necesita menos líquido por área unitaria (Matthews 1987).

La calidad de la lámina de sustancia sobre el vegetal no responde en todos los aparatos pulverizadores a las exigencias de finura y distribución, según demuestran experiencias comparativas. La eficacia de una lámina de sustancia sobre el vegetal sólo puede enjuiciarse por su efecto biológico.

Las comprobaciones químicas directas de la materia activa, completan el juicio sobre el efecto biológico, pero no lo sustituyen. Al disminuir la cantidad de sustancia debe exigirse el mantenimiento del mismo grado de recubrición de la superficie del vegetal, o sólo el mantenimiento del mismo número de gotas por unidad de superficie. Supongamos, por ejemplo, que se empleen con suficiente éxito 600 l/Ha empleando gotas de un tamaño de 270 micras.

En tal caso, al disminuir la cantidad de sustancia a 200 l/Ha, es preciso reducir el tamaño de las gotas de 270 a 90 micras para lograr el mismo grado de recubrición. Por el contrario, para mantener el mismo número de gotas sin variación, también con 200 l/Ha, ya hubiera sido suficiente disminuir el diámetro medio de las gotas de 270 a 188 micras.

El tamaño del orificio de la boquilla debería ser seleccionado para un determinado caudal o la presión requerida y así obtener la calidad de pulverizado recomendada. Se debe evitar ajustar la presión ya que afecta el espectro de gota. El bloqueo del orificio puede ser minimizado instalando un filtro con la malla correcta en el cuerpo de la boquilla. La cobertura de pulverización puede verificarse con trozos de papel sensible al agua ubicados donde debería depositarse el pesticida (Thornhill y Matthews, 1996). Calidad de aplicación hace referencia a la cantidad de activo depositado sobre el target con una determinada cobertura y persistencia del producto en una forma absorbible sobre la superficie foliar.

Dentro de los distintos métodos para controlar la calidad de aplicación, encontramos la utilización de tarjetas hidrosensibles, estas permiten estimar:

Distribución de la aplicación: permiten determinar si el solapado es correcto como también verificar la llegada del producto al fondo del surco.

Densidad de gotas por unidad de superficie: permite evaluar la cantidad de impactos y de esta manera ver si se adecua a la recomendación para el fitosanitario en cuestión que estamos aplicando.

Tamaño de gotas: el tamaño medio de las mismas permite inferir qué proporción de impactos se depositan sobre el target y cuánto se pierde por deriva o chorreado.

En el caso del control de malezas, las tarjetas deberán ubicarse al mismo nivel que las malezas a controlar, siendo importante observar un adecuado número de repeticiones para obtener una muestra representativa.

La evaluación se realiza por observación visual, mediante la utilización de lupas especiales o comparando con una cartilla de tamaño patrón.

Tarjetas sensibles al agua.

Hoy en día se ofrecen herramienta a través de la implantación de servicios que permita a productores, empresas, técnicos asesores e instituciones oficiales, conocer el comportamiento de la deposición de gotas que se produce en el proceso de la calibración estática y dinámica de cualquier equipo de aspersión, así como también durante la aplicación real en el cultivo.

Esta metodología se puede analizar fácilmente con la utilización de algún software, en el Anexo no. 4 se detalla la información y requerimientos básicos para la implementación tecnológica de softwares para la lectura y procesamiento (DROPCAP y e-Sprinkle®).

Descripción del sistema

En las aplicaciones líquidas de fitosanitarios para el control de plagas, enfermedades y malezas que afectan la producción de los distintos cultivos, se obtuvieron logros muy relevantes a nivel de investigación con una aplicabilidad que se manifiesta en la calidad y/o en los aumentos de rendimiento, los fitosanitarios se manejan correctamente en sus dosis de Ingrediente Activo/Ha o en el modo de dosis por hectolitro, aunque no siempre con eficiencia. Uno de los motivos más frecuentes es debido a deficiencias en la aplicación, la utilización de tarjetas sensibles al agua, nos facilita esta aplicación adecuada y nos permite evaluar el sistema en su conjunto tanto en campo como en laboratorio.

a).- En campo.

Comúnmente se utilizan tarjetas sensibles al agua (papel), las cuales quedan marcadas con diferente coloración en forma de manchas que reflejan el impacto de las gotas, se colocan en el campo en estudio, utilizando pinzas para sujetarlas a la altura deseada según el objetivo de estudio y la distancia entre las tarjetas es de un metro, la dirección que debe llevar las bases de captura es siempre perpendicular a la pasada de la máquina aplicadora y luego de un minuto de la pasada de la máquina, se retiran las tarjetas, preferentemente se utilizan guantes.

b).- En laboratorio.

Se ordenan las tarjetas, se escanean en un programa (DROPCAP) y completado el mismo, se procesan en el programa e-Sprinkle®

En líneas generales se obtiene la siguiente información

- a. Para cada tarjeta: diámetro medio volumétrico; amplitud relativa; coeficiente de variación de diámetro; diámetro medio numérico; cobertura ; tasa de aplicación (Lt/ha), probabilidad de riesgo de deriva para gotas < de 150 micras; etc. ,entre otros.
- b. Para el total del muestreo: se obtiene la misma información del párrafo anterior, además de gráficos comparativos indicando variación en los parámetros medidos. También se evalúa; el desvío y se establecen los Coeficientes de Variación (CV), entre otros.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

De acuerdo con los objetivos planteados, se realizaron dos experimentos, utilizando el siguiente procedimiento y materiales:

Experimento I.- Evaluación de cinco boquillas rociadoras utilizando un verificador de perfil de aspersión.

Para esta primera parte se utilizó un módulo de pruebas de boquillas que cuenta con tres componentes básicos: sistema de aspersión, estructura y sistema para determinar la calidad de aplicación (verificador de perfil), en el anexo A-1 se encuentra la descripción de todos los componentes utilizados para este experimento.

Sistema de Aspersión.

Este sistema de presión esta compuesto por: un moto reductor, bomba, válvula reguladora de presión, válvula distribuidora de flujo, manómetro, filtro de los cuales se pueden resaltar las siguientes características: (Un moto reductor de 3 hp, con una relación de 1:7, con una salida menor a 540 rpm, para ajustarse con el variador de frecuencia,

Bomba ASPERJET de pistón, Válvula distribuidora de flujo, Manómetro de glicerina (CP26388-300L); con rango de 300 lb.plg⁻², Válvula reguladora de presión (6815-3/4-700), Mangueras con capacidad para 250 psi y filtro, Depósito subterráneo para el abastecimiento de agua, Variador de frecuencia MICROMASTER 420, Características: capacidad máxima 5 hp, trifásico 220 Volts, 0,12 kW - 11 kW. , el cual se utiliza para ajustar las 540 rpm a las que trabajan los sistemas de aspersion (Fig. 3.1).



Figura

3.1 Banco

de aspersion (Experimento I)

Estructura y boquillas rociadoras

a).- Estructura

Para la estructura utilizamos como material base PTR de 1 pulgada (calibre 20). Sobre la estructura se colocó un Verificador de Perfil (Fig. 3.

2.), con el diseño se permitió modificar las diferentes alturas de aplicación, ángulo de captación y distancia entre boquillas que se utilizan para la caracterización de la aspersion, el detalle de las dimensiones de la estructura utilizada se encuentra detallada en el Anexo A-2.



Figura 3.2 Estructura.

b).- Boquillas rociadoras

Las boquillas rociadoras de aspersora evaluadas fueron: AI110015VS (abanico), TXB-8001VK (cono hueco), TXVS-4 (cono hueco), Disco D-1, núcleo DC31 (cono hueco) y Disco D-2, núcleo DC31 (cono hueco). Las características específicas se encuentran detalladas en el Anexo 1.

c).- Verificador de Perfil

La toma de datos se realizó por medio de un verificador de perfil (Fig. 3. 3), de donde se tomaron las lecturas, que para nuestro caso se

requiere de tres repeticiones durante 60 segundos, para posteriormente ser analizados los datos que se obtienen.

En la estructura se realizaron 4 diferentes arreglos de boquillas, el objetivo de estos arreglos fue conocer que influencia tiene el traslape de las boquillas a diferentes espacios entre boquillas con relación a la uniformidad de aplicación de aspersion, estos arreglos se realizaron a dos tipos de boquillas las cuales fueron las que mejores resultados aportaron sobre la base de las demás boquillas.



Figura 3.3 Verificador de perfil (TeeJet).

Los datos obtenidos en las diferentes boquillas en repeticiones de tres, se tomaron en un tiempo de 60 segundos en el banco de distribución, tratando de que el impacto del flujo fuera en el centro del mismo. La cobertura y alcance en el cual se evaluaron las boquillas fue en posición vertical a 40, 60, 80, 100 y 120 cm y en las pruebas se trabajo con diferentes presiones que fueron de 40, 60, 80, 100 y 120 psi (lb.plg⁻²).

También se tomaron datos de caudal aforando el chorro en una probeta en repeticiones de tres, para los diferentes tipos de boquillas en un tiempo de 60 segundos. El caudal fue considerado como el 100 por ciento en comparación con el obtenido en el banco de distribución. Posteriormente de haber obtenido los datos de las boquillas durante el período de evaluación, se utilizaron los datos centrales para realizar el análisis en tres etapas, como sigue:

Etapas del Experimento I.

Primera

Se realizó un análisis factorial (5x5x5), donde se compararon las 5 boquillas, 5 alturas (40, 60, 80, 100 y 120 cm sobre el objetivo) y 5 presiones de operación (40, 60, 80, 100 y 120 lb.pulg⁻²).

Segunda

Enseguida se realizó un análisis factorial (5x5), donde se seleccionaron las mejores boquillas del análisis anterior, esto para conocer las mejores condiciones a las cuales se obtienen una buena distribución de aspersion.

Tercera

Posteriormente se hizo un análisis factorial (3x3x3), de las mejores boquillas de acuerdo al primer análisis, esto para saber que influencia tiene el traslape a diferentes distancias entre boquillas. Para realizar esta

prueba se utilizaron tres arreglos los cuales fueron con distancias entre boquillas de 40, 50 y 60 cm, respectivamente.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa de diseños experimentales de la Facultad de Agronomía de la UANL (Olivares 1994).

Experimento II

Evaluación de las dos mejores boquillas del experimento I, utilizando tarjetas hidrosensibles

Para realizar la aspersión sobre las tarjetas sensibles al agua fue utilizada una estructura y un sistema de aspersión, como se observa en la Figura 3.4, donde se realizaron cuatro arreglos. Estos arreglos constan de una separación entre boquillas de 50 y 60 cm; y una separación de las barras horizontales o ancho de la estructura de 160 y 200 cm; dichas dimensiones permitieron el paso de un tractor Victor 300.



Figura 3.4 Estructura y Sistema de aspersión (Experimento II)

Metodología de Evaluación en Laboratorio

Durante las pruebas de aspersion que se realizaron para las dos boquillas se tuvieron 6 factores de variación con los cuales se obtuvieron distintos comportamientos de cobertura de área y tamaño de gotitas para las dos mejores boquillas. Esos factores son los siguientes: Dos arreglos, que incluye separación entre boquillas y separación de las barras porta boquillas, quedando como sigue: 50 cm (entre boquillas) x 160 cm (entre barras portaboquillas) y 50 cm (entre boquillas) x 200 cm (entre barras portaboquillas), tres diferentes presiones: (100, 120 y 160 lb pulg⁻²), una velocidad uniforme (1^a. Alta 2200 rpm) y cuatro posiciones de las tarjetas al colocarlas sobre la planta como se observa en la Figura 3.5.

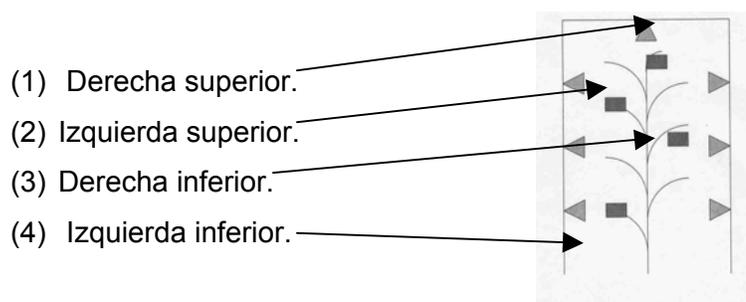


Figura 3.5 Posición de las tarjetas sobre la planta.

Cálculo del DVM y dm

Para determinar dichos diámetros el trabajo se divide en tres etapas, que son: toma de muestras de aspersion, medición y análisis.

Primera Toma de muestras

Las tarjetas después de ser asperjadas y secadas se les asignaron un número o clave, para clasificarlas. El total de tarjetas asperjadas por boquillas fue de 24, mismas que a las que se les realizaron las mediciones para posteriormente analizarlas, tomando en cuenta los arreglos y presiones a los que fueron sometidos, (Toma de muestras, Figura 3.6).

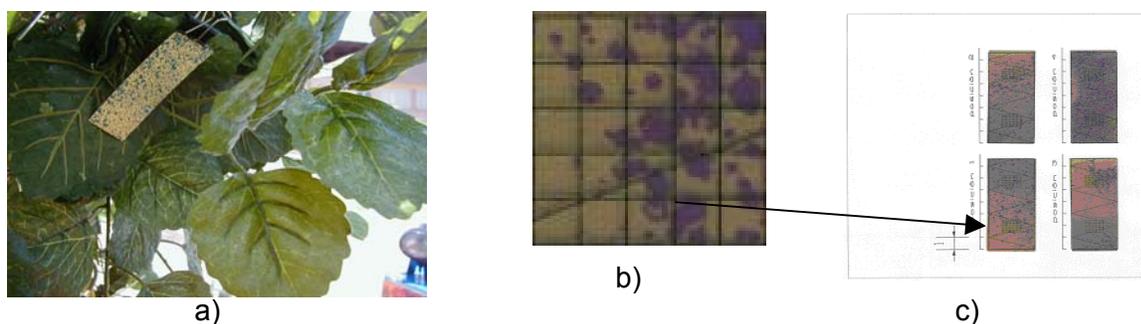


Figura 3.6 Tarjeta hidrosensibles Asperjada a) Colocación en la planta, b) cm² con sus divisiones, c) Tarjeta completa con sus dos secciones de análisis.

Segunda Medición

Las tarjetas después de ser asperjadas y secadas se les asignaron un número o clave, para clasificarlas; de esta manera fue más fácil su manejo y utilización.

Las características del número (4 dígitos) que contiene cada tarjeta se describen a continuación:

- a) Leídos de izquierda a derecha, el primer número indica que tipo de boquilla se utilizó.
- b) El segundo número indica el arreglo que se utilizó al asperjar, es decir, la distancia entre las barras donde se encuentran las boquillas y la distancia de separación entre las mismas boquillas.
- c) El tercer número indica la presión de trabajo que se utilizó para asperjar.
- d) El cuarto número dice que posición ocupó la tarjeta sobre la planta.

Por ejemplo del número utilizado para identificar una tarjeta como:

1	2	3	1
---	---	---	---

, la clave de esta tarjeta indica que al momento de asperjar se utilizó la boquilla 1 (cono hueco), con el arreglo 2 (50 x 200 cm), a una presión 3 (160 lb pulg⁻²) y que en la planta, la tarjeta ocupó la posición 1 (izquierda superior).

Para la medición de cada tarjeta elegida, se obtuvieron 2 cuadros de 1cm² (Figura 3.7); y cada cuadro fue dividido en 25 celdas para analizar con exactitud el número y diámetro medio de las gotitas, se escanearon. Después de obtener la imagen en la computadora, se utilizó un programa visor de imágenes llamado ACDSsee, en el cual se manipuló la imagen extrayéndole los dos recuadros, posteriormente fueron ampliados para imprimirlos y así realizar las mediciones de las gotitas manualmente con un vernier y una lente.

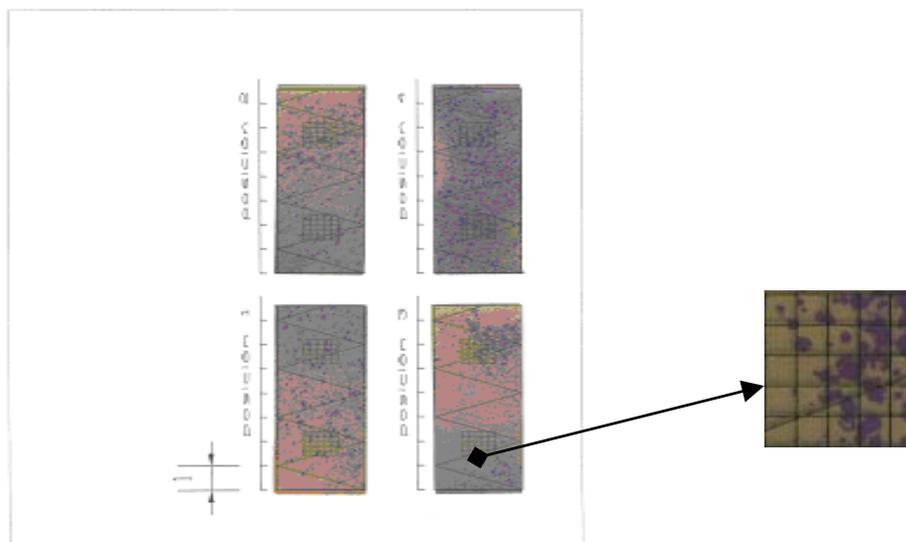


Figura 3.7 Tarjetas asperjadas escaneadas con denotación de los cuadros.

Un ejemplo de lo realizado para cada tarjeta. Se enumeran las tarjetas correspondientes a la boquilla 1; ordenadas según el arreglo y la presión. Así mismo se realizó el trabajo correspondiente a la boquilla 2 (AI110015-VS, Abanico); ordenadas según el arreglo y la presión como se observa a continuación:

	Presión		
Arreglo 1	1	2	3
Posición 1	1111	1121	1131
Posición 2	1112	1122	1132
Posición 3	1113	1123	1133
Posición 4	1114	1124	1134

	Presión		
Arreglo 2	1	2	3
Posición 1	1211	1221	1231
Posición 2	1212	1222	1232
Posición 3	1213	1223	1233
Posición 4	1214	1224	1234

	Presión		
Arreglo 1	1	2	3
Posición 1	2111	2121	2131
Posición 2	2112	2122	2132
Posición 3	2113	2123	2133
Posición 4	2114	2124	2134

	Presión		
Arreglo 2	1	2	3
Posición 1	2211	2221	2231
Posición 2	2212	2222	2232
Posición 3	2213	2223	2233
Posición 4	2214	2224	2234

Tercera Análisis

Para la determinación del Diámetro Volumétrico Medio (DVM), (Matthews, 1987), se realizaron tablas en el programa EXCELL para ordenar los datos de medición resultantes de cada centímetro cuadrado (Fig. 3.7). El número de gotitas de cada clase se registra en una columna, luego se calcula el porcentaje de gotitas y el porcentaje acumulado se representa gráficamente contra el diámetro medio que se escoge.

Se llevó a cabo el escaneado de las tarjetas utilizando una plantilla transparente que nos denotaba el área de 1 cm^2 en los extremos de la tarjeta. Después de obtener la imagen en la computadora, se utilizó un programa visor de imágenes llamado ACDSee, en el cual se manipuló la imagen extrayéndole los dos recuadros de 1 cm^2 los cuales posteriormente fueron ampliados para imprimirlos y así realizar las mediciones de las gotitas manualmente con un vernier y una lente.

El número de gotitas de cada clase se registra en una columna, luego se calcula el porcentaje de gotitas y el porcentaje acumulado se representa gráficamente contra el diámetro medio que se escoge. Como el volumen de la esfera es $\pi d^3/6$ y $\pi/6$ es un factor común, se calcula el cubo del diámetro medio y se multiplica por el número de gotitas de la clase (Ndm^3). Esas cifras luego se expresaron como porcentajes del volumen total de la muestra y los porcentajes acumulados se trazaron en la misma gráfica. Entonces el dm y el DVM se leen en la misma intersección del 50 por ciento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados del Experimento I.

Los datos de los gastos (ml/min), se recolectaron en 23 recipientes, cubriendo el ancho total de aplicación, pero para el análisis se escogieron los 11 recipientes centrales, por que son los que permiten tener la mejor distribución en las pruebas, eliminando datos extremos (Fig. 1).

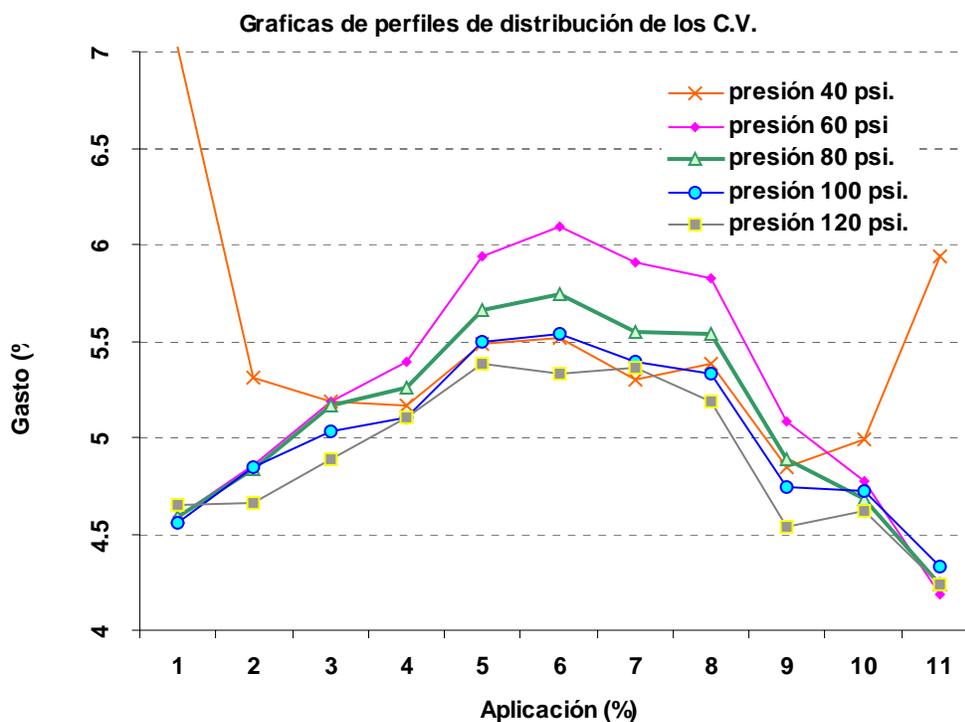


Figura 4.1 Representación de las medias de los porcentajes donde se caracteriza la distribución obtenida en el verificador de perfil.

Estadístico e interpretación de los datos obtenidos durante la evaluación.

Las cantidades colectadas se transformaron en porcentajes y posteriormente en Coeficientes de Variación, para la realización del análisis estadístico factorial (5x5x5). El resultado indica que hay diferencia significativa entre los factores A y B (Boquillas y Alturas), pero con respecto al factor C (Presiones) no hay diferencia significativa. En los factores A, B y C, como la F calculada es mayor que la F de tabla se realiza la comparación de medias de los factores como se muestra en el siguiente cuadro (4.1).

Cuadro 4.1 Comparación de medias de los coeficientes de variación del volumen aplicado (análisis factorial 5x5x5).

Factor A Boquillas		Factor B Alturas		Factor C Presión	
Trat.	Media	Trat.	Media	Trat.	Media
4	0.6201 A	1	0.5488 A	1	0.5023 A
3	0.4829 B	2	0.4720 B	5	0.4875 A
2	0.4722 B	3	0.4626 B	4	0.4726 A
5	0.4641 B	5	0.4622 B	2	0.4709 A
1	0.3636 C	4	0.4572 B	3	0.4695 A

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

Para el factor A (boquillas), el mejor tratamiento es el uno (boquilla AI 11015 VS) pues presenta el menor coeficiente de variación, y el 3, 2 y 5, no presentan diferencia significativa entre ellos, pero la del tratamiento 5 (Disco D2) presenta el menor coeficiente de variación de las tres. En el factor B (altura) los mejores son el 2, 3, 5 y 4 pues no hay diferencia significativa entre ellos y en el factor C (presión) no hay diferencia entre los tratamientos por lo tanto todos son iguales.

Enseguida se analizaran los factores altura (A) y presión (B) en las dos boquillas con los menores valores en el coeficiente de variación que fueron las utilizadas en los tratamientos 1 y 5. Lo anterior para saber cual boquilla presenta mejores condiciones de trabajo para una buena aspersión se realiza un análisis Factorial, donde se analizaran los factores altura (A) y presión (B) en las dos mejores boquillas que son la 1 y 5.

En el Cuadro 4.2 se observa que de acuerdo a la comparación de medias del factor A se deduce que las mejores alturas de aplicación para la boquilla AI 11015VS son las de los tratamientos 4 y 5 (100 y 120 cm) y para el factor B, las mejores presiones de trabajo son las de los tratamientos 3, 4 y 5 (80, 100 y 120 lb.pulg⁻²), por tal razón se realiza una comparación múltiple de medias donde de se deduce que la mejor altura de aplicación es la 5 (120 cm) y para el factor B, las mejores presiones de trabajo son las 4 y 5 (100 y 120 lb.pulg⁻²).

Cuadro 4.2 Comparación de medias del análisis factorial 2X2 (Altura y presión) para la boquilla de tratamiento 1 (AI 110015 VS).

Factor A	Alturas (cm)	Factor B	Presión (lb.pulg ⁻²)
Trat.	Media	Trat.	Media
1 (40)	0.3922 A	2 (60)	0.3869 A
2 (60)	0.3799 AB	1 (40)	0.3806 A
3 (80)	0.3723 B	3 (80)	0.3559 B
5 (120)	0.3394 C	5 (120)	0.3483 B
4 (100)	0.3340 C	4 (100)	0.3460 B

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

De los 25 tratamientos entre los factores A y B (alturas y presiones), los mejores fueron; 19, 20, 23, 18, 16, 25 y 24. como se ilustra en la comparación múltiple de medias (Cuadro 4.3) los mejores tratamientos para una buena aplicación de aspersión son aquellos tratamientos que presenta un coeficiente de variación menor al 10 por ciento, para la boquilla uno que es la AI110015VK (abanico).

Cuadro 4.3 Comparación múltiple de medias del diseño Factorial (2X2) para la boquilla AI110015VS.

Trat.	(Altura-Presión)	Medias	Comparaciones
2	(1 2)	0.4225	A
11	(3 1)	0.4095	AB
21	(5 1)	0.4057	ABC
7	(2 2)	0.3997	ABCD
3	(1 3)	0.3976	ABCD
1	(1 1)	0.3926	ABCDE
6	(2 1)	0.3834	ABCDE
4	(1 5)	0.3815	ABCDE
8	(2 3)	0.3806	ABCDE
12	(3 2)	0.3780	BCDE
17	(4 2)	0.3750	BCDEF
10	(2 5)	0.3719	BCDEF
5	(1 5)	0.3669	BCDEFG
9	(2 4)	0.3637	CDEFG
15	(3 5)	0.3623	CDEFG
22	(5 2)	0.3592	DEFGH
13	(3 3)	0.3589	DEFGH
14	(3 4)	0.3526	EFGHI
19	(4 4)	0.3324	FGHIJ
20	(4 5)	0.3322	FGHIJ
23	(5 3)	0.3243	GHIJ
18	(4 3)	0.3184	HIJ
16	(4 1)	0.3121	IJ
25	(5 5)	0.3083	J
24	(5 4)	0.2997	J

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos

Con relación a la boquilla de **Disco D2**, en el Cuadro 4.4 se presentan los resultados, siendo la mejor altura de aplicación el tratamiento 3 (80cm) y las presiones los tratamientos 2 y 3 (60 y 80 lb . pulg⁻²). Los cuales presentan los menores valores de coeficientes de variación.

Cuadro 4.4 Comparación de medias del análisis Factorial (2x2) alturas y presiones para la boquilla del tratamiento 5 (Disco D-2).

Factor A Alturas (cm)			Factor B Presiones (lp.pulg ²)		
Tratamiento	Media		Tratamiento	Media	
1 (40)	0.6116	A	5 (120)	0.4817	A
5 (120)	0.4640	B	1 (40)	0.4802	A
4 (100)	0.4349	C	4 (100)	0.4598	B
2 (60)	0.4250	D	3 (80)	0.4512	C
3 (80)	0.3849	E	2 (60)	0.4476	C

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

Los resultados correspondientes a los factores A y B (alturas y presiones), se puede verificar en el Cuadro 4.5 que los mejores tratamientos fueron el 14 y 12, ya que para una buena aplicación de aspersión son aquellos tratamientos que presenta un coeficiente de variación menor al 12 por ciento, para la boquilla cinco que es la Disco-D2 (Cono).

Evaluación de los Diferentes Arreglos Seleccionados.

Otro de los propósitos de esta evaluación fue conocer la distribución de aspersión a diferentes distancias entre boquillas, donde se pretende analizar que influencia tiene el traslape en la distribución de las boquillas a diferentes distancias entre ellas, para lo cual se seleccionaron las dos mejores boquillas, las cuales fueron de acuerdo al primer análisis la 1 y 5, para tales pruebas se utilizaron tres arreglos los cuales consistieron en

una separación entre boquillas de 40, 50 y 60 cm, respectivamente, a diferentes alturas de aplicación y a diferentes presiones de operación, en la figura 4.5 se muestran las boquillas seleccionadas y en la figura 4.6 se muestra un esquema de los arreglos que se utilizaron. Los datos tuvieron el mismo proceso que los primeros, para posteriormente utilizarlos en un análisis Factorial.

Cuadro 4.5 Comparación múltiple de medias del diseño Factorial (2X2) para la boquilla (Disco D-2).

Trat.	(Altura-Presión)	Medias.	Comparaciones.
1	(1 1)	0.6230	A
2	(1 2)	0.6129	A
5	(1 5)	0.6120	A
3	(1 3)	0.6078	A
4	(1 5)	0.6025	A
25	(5 5)	0.4951	B
20	(4 5)	0.4791	BC
6	(2 1)	0.4767	BC
19	(4 4)	0.4755	BC
24	(5 4)	0.4611	CD
21	(5 1)	0.4596	CD
22	(5 2)	0.4569	CDE
23	(5 3)	0.4471	DE
11	(3 1)	0.4426	DE
10	(2 5)	0.4334	EF
18	(4 3)	0.4154	FG
7	(2 2)	0.4097	FGH
17	(4 2)	0.4056	GHI
8	(2 3)	0.4030	GHI
9	(2 4)	0.4023	GHI
16	(4 1)	0.3990	GHI
15	(3 5)	0.3888	HI
13	(3 3)	0.3826	IJ
14	(3 4)	0.3579	JK
12	(3 2)	0.3527	K

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

Para conocer la distribución de aspersion a diferentes distancias entre boquillas, donde se pretende analizar que influencia tiene el traslape en la distribución de las boquillas a diferentes distancias entre boquillas (40, 50 y 60 cm) entre ellas, para lo cual se seleccionaron las dos mejores

boquillas (tratamientos 1 y 5), 3 alturas de aplicación (80, 100 y 120 cm) y 3 presiones de trabajo (80, 100 y 120 lb.pulg⁻²).

Para la boquilla del tratamiento uno (AI110015VS) el análisis de varianza (ANVA), indicó que hay diferencia significativa entre los factores A y B (Distancias entre boquillas y Alturas), como se observa en el análisis del cuadro 4, pero con respecto al factor C (Presiones) no hay diferencia significativa. Por lo anterior los mejores arreglos, las condiciones de trabajo para una buena aspersión sobre la base del factor alturas (B) se consideran las alturas de 120 y 100 cm a cualquier presión.

Cuadro 4.6 Comparación de medias del análisis Factorial de los arreglos a diferentes separaciones entre las boquillas (AI 110015VS).

Factor A Separaciones (cm)			Factor B Alturas (cm)		Factor C Presión (lb.pulg ⁻²)		
Trat.	Media		Trat.	Media	Trat.	Media	
1 (40)	0.3605	A	1 (80)	0.3699	A	2 (100)	0.3490
3 (60)	0.3524	AB	2 (100)	0.3420	B	1 (80)	0.3470
2 (50)	0.3321	B	3 (120)	0.3330	B	3 (120)	0.3470

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

Por otro lado para la boquilla Disco D2 (cono hueco), el análisis de varianza nos arroja los resultados que se puede ver en el cuadro 5, donde para el factor A (arreglos) y el C (presiones) no se presenta diferencia significativa entre ellos pero para las alturas (factor B), la mejor resultado ser la de 120 cm sobre el objetivo.

Cuadro 4.7 Comparación de medias del análisis Factorial de los arreglos a diferentes separaciones entre las boquillas (Disco D2 cono hueco).

Factor A Separaciones (cm)			Factor B Alturas (cm)		Factor C Presión (lp.pulg ⁻²)			
Trat.	Media		Trat.	Media	Trat.	Media		
3 (60)	0.4363	A	1 (80)	0.4398	A	3 (100)	0.4273	A
2 (50)	0.4209	A	2(100)	0.4336	A	2 (80)	0.4241	A
1(40)	0.4136	A	3(120)	0.3974	B	1 (120)	0.4195	A

Los valores con letras diferentes, indican que existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos.

Experimento II

Los resultados de las dos últimas boquillas comparados con el Manual de boquillas de aspersion Teejet (1998) de Spraying Systems fueron:

Los valores de diámetro medio y número de gotitas promedio que se obtuvieron en las tarjetas. Para la boquilla 1 (cono hueco), así como los valores del Diámetro Medio (dm) y número medio de gotas tomados manualmente de las tarjetas asperjadas se concentraron en las dos tablas incluidas dentro del anexo A-3, las cuales contienen los resultados para cada boquilla n función de la presión, no. correspondiente a la tarjeta, arreglos, no. de gotas, así como su diámetro medio correspondiente.

Los datos que se utilizaron para llegar a los resultados de dm y DVM fueron registrados en tablas de Excel, y como ejemplo se citan los datos para la tarjeta 1111; (boquilla cono hueco, arreglo 1, presión 1 y posición 1). Los datos tomados manualmente que se utilizaron para

realizar las gráficas de DM y DVM para la tarjeta 1111, son los que se muestran en los Cuadros siguientes:

Cuadro 4.8 Datos del 1er cm² de la tarjeta 1111

TARJETA 1111 (1er. cm²)

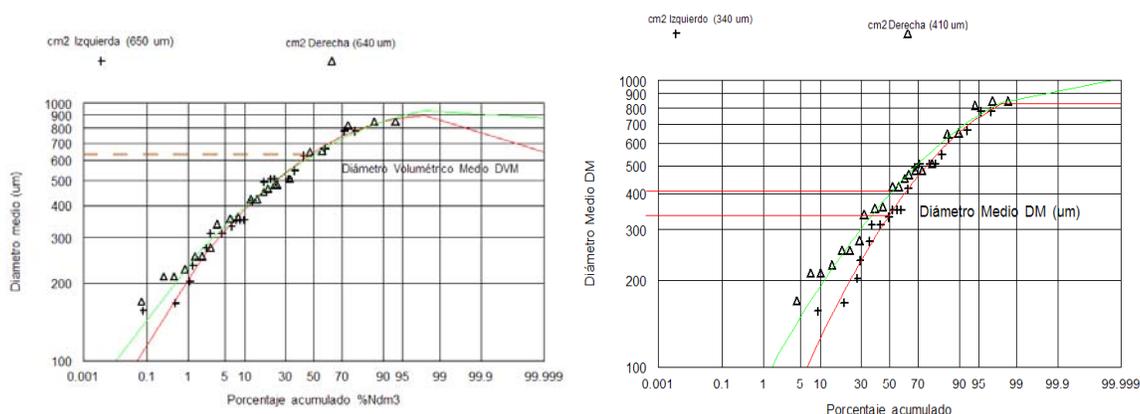
Retículo	Dm	No Gotas	por ciento N	Σ por cientoN	dm ³	Ndm ³	por ciento Ndm ³	Σ por ciento Ndm ³
19	0	0	0	0	0	0	0	0
11	78.13	2	3.08	3.08	476837.16	953674.32	0.01	0.01
12	78.13	3	4.62	7.69	476837.16	1430511.47	0.02	0.03
16	156.25	1	1.54	9.23	3814697.27	3814697.27	0.05	0.08
15	167.19	7	10.77	20.00	4673168.18	32712177.28	0.44	0.52
25	203.13	5	7.69	27.69	8380889.89	41904449.46	0.56	1.09
21	234.38	1	1.54	29.23	12874603.27	12874603.27	0.17	1.26
14	273.44	4	6.15	35.38	20444393.16	81777572.63	1.10	2.36
13	312.50	1	1.54	36.92	30517578.13	30517578.13	0.41	2.77
24	312.50	4	6.15	43.08	30517578.13	122070312.50	1.64	4.42
10	332.03	4	6.15	49.23	36604702.47	146418809.89	1.97	6.39
3	351.56	2	3.08	52.31	43451786.04	86903572.08	1.17	7.56
8	351.56	2	3.08	55.38	43451786.04	86903572.08	1.17	8.73
20	351.56	2	3.08	58.46	43451786.04	86903572.08	1.17	9.90
17	416.41	3	4.62	63.08	72202414.04	216607242.11	2.92	12.81
2	494.53	3	4.62	67.69	120943134.78	362829404.35	4.88	17.70
9	507.81	2	3.08	70.77	130951404.57	261902809.14	3.53	21.23
22	507.81	4	6.15	76.92	130951404.57	523805618.29	7.05	23.39
23	507.81	2	3.08	80.00	130951404.57	261902809.14	3.53	31.80
7	546.88	2	3.08	83.08	163555145.26	327110290.53	4.40	36.21
6	625.00	2	3.08	86.15	244140625.00	488281250.00	6.57	42.78
4	664.06	4	6.15	92.31	292837619.78	1171350479.13	15.77	58.55
5	781.25	2	3.08	95.38	476837158.20	953674316.41	12.84	71.39
18	781.25	1	1.54	96.92	476837158.20	476837158.20	6.42	77.81
1	937.50	2	3.08	100.00	823974609.38	1647949218.75	22.19	100.00
	398.91				63476434.24			
Total =		65			Total =	7427435699		

Cuadro 4.8-b Datos del 2° cm2 de la tarjeta 1111

TARJETA 1111 (2° cm2)

Reticulo	Dm	Núm. Gotas	por ciento N	\sum por ciento N	dm ³	Ndm ³	por ciento Ndm ³	\sum por ciento Ndm ³
25	0	0	0	0	0	0	0	0
7	84.75	2	2.90	2.90	608630.87	1217261.75	0.013	0.01
2	169.49	1	1.45	4.35	4869046.98	4869046.98	0.052	0.07
19	211.86	2	2.90	7.25	9509857.39	19019714.77	0.205	0.27
20	211.86	2	2.90	10.14	9509857.39	19019714.77	0.205	0.48
3	226.27	3	4.35	14.49	11584779.24	34754337.71	0.375	0.85
17	254.24	3	4.35	18.84	16433033.56	49299100.69	0.531	1.38
24	254.24	3	4.35	23.19	16433033.56	49299100.69	0.531	1.91
5	275.42	4	5.80	28.99	20893156.68	83572626.70	0.901	2.81
22	338.98	2	2.90	31.88	38952375.85	77904751.70	0.840	3.65
23	355.93	5	7.25	39.13	45092244.10	225461220.48	2.431	6.08
9	360.17	4	5.80	44.93	46721929.34	186887717.34	2.015	8.10
6	423.73	5	7.25	52.17	76078859.08	380394295.42	4.101	12.20
16	423.73	3	4.35	56.52	76078859.08	228236577.25	2.461	14.66
13	451.69	3	4.35	60.87	92158544.08	276475632.25	2.981	17.64
8	466.10	2	2.90	63.77	101260961.44	202521922.88	2.183	19.83
11	480.51	3	4.35	68.12	110943830.07	332831490.20	3.588	23.41
18	480.51	3	4.35	72.46	110943830.07	332831490.20	3.588	24.82
4	508.47	4	5.80	78.26	131464268.50	525857073.99	5.669	32.67
15	644.07	5	7.25	85.51	267174345.97	1335871729.83	14.402	47.07
10	650.00	3	4.35	89.86	274625000.00	823875000.00	8.882	55.95
14	819.49	3	4.35	94.20	550342940.98	1651028822.93	17.799	73.75
1	847.46	2	2.90	97.10	608630872.68	1217261745.36	13.123	86.88
12	847.46	1	1.45	98.55	608630872.68	608630872.68	6.562	93.44
21	847.46	1	1.45	100.00	608630872.68	608630872.68	6.562	100.00
	425.36				76958657.33			
Total =		69				Total =	9275752119	

La Figura 4.2, de probabilidades logarítmicas para la tarjeta 1111 nos sirvieron para determinar dm y DVM en ambos centímetros cuadrados fueron realizadas en el programa SLIDE WRITE y son las que se describen a continuación:



a) 1er. Cuadro

b) 2º Cuadro

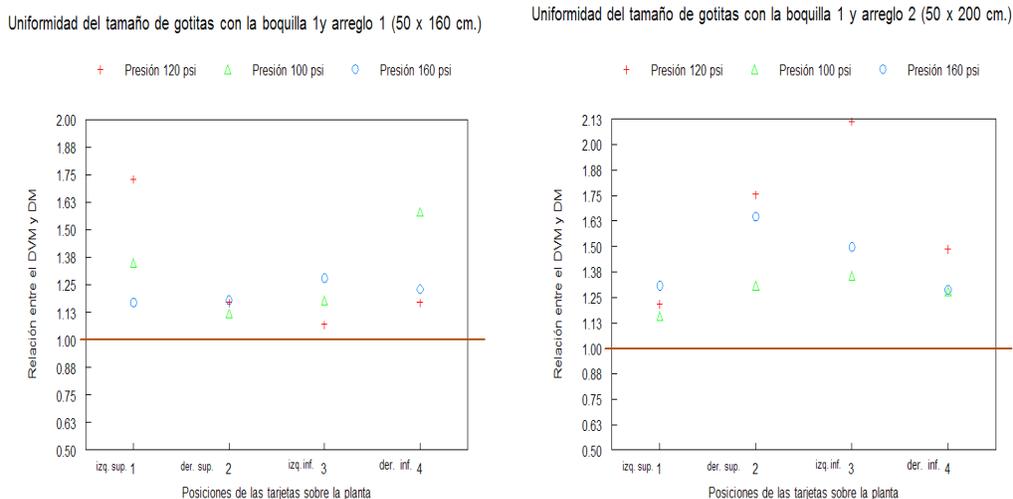
Figura 4.2 Valores de d_m para los centímetros cuadrados de la tarjeta 1111

Resultados de la uniformidad en el tamaño de las gotitas.

Según los estudios de G. A. Matthews (1986), cuando la razón aritmética entre el DVM y el d_m se aproxima más a 1, el tamaño de las gotitas es más uniforme. Por lo tanto con los datos obtenidos del DVM y DM de las tarjetas asperjadas, se realizaron análisis gráficos para determinar la uniformidad en la amplia gama de tamaño de gotas que obtuvimos con cada boquilla en relación con los 2 arreglos, las 3 presiones y las 4 posiciones de las tarjetas sobre la planta.

Las gráficas para determinar uniformidad de gotitas con las dos diferentes boquillas, son las que se describen a continuación:

A).- Para la boquilla 1 (cono hueco)



a)

b)

Figura 4.3 Uniformidad de tamaño de gota de boquilla 1(Disco D-2, con núcleo DC31) y arreglos: a) 50X160; b) 50x200.

Para la boquilla 1 (Disco D-2, con núcleo DC31) utilizando el arreglo 1 (50 cm. Entre boquillas y 160 cm. Entre barras porta boquillas); después de analizar la gráfica de uniformidad de gotas, se puede resaltar lo siguiente:

De los resultados observados en la Fig. 4.3, se desprende que la presión que da mayor uniformidad es la 3 (160 lb/pulg²) ya que para las cuatro posiciones de las tarjetas en la planta, la relación del DVM entre el Dm se acerca más a 1.

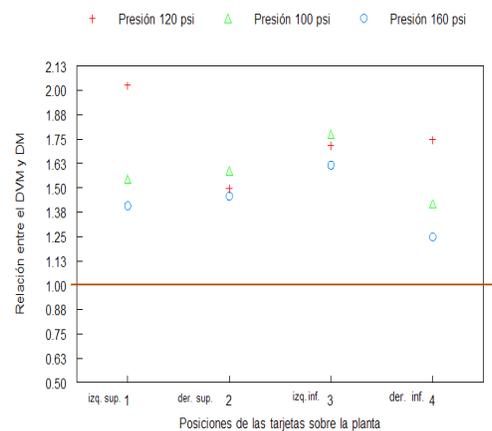
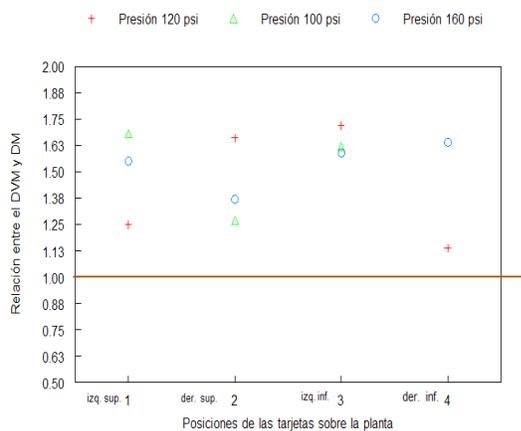
B).- Para la boquilla 2 (Abanico)

Para la boquilla 2 (AI110015-VS (Abanico)) utilizando el arreglo 1 (50 cm. Entre boquillas y 160 cm. Entre barras porta boquillas); la Fig. 4.4 de uniformidad de gotas podemos decir que para esta boquilla y con el

arreglo 1 ninguna de las 3 presiones da uniformidad en el tamaño de las gotitas para cualquier posición de las tarjetas sobre la planta.

Uniformidad del tamaño de gotitas con la boquilla 2 y arreglo 1 (50 x 200 cm.)

Uniformidad del tamaño de gotitas con la boquilla 2 y arreglo 2 (50 x 200 cm.)



a) b)
 Figura 4.4 Uniformidad de tamaño de gota de boquilla 2(Abanico) y arreglos: a) 50X160; b) 50x200.

Es necesario recalcar que en el manual de boquillas Teejet, se especifica que la boquilla 2 (AI110015-VS (Abanico)), está diseñada para trabajar a presiones muy altas hasta de 8 bares, por lo que siempre nos resultaría una aspersión gruesa; Entonces tomando en cuenta esto y los resultados de la gráfica de uniformidad del tamaño de gotitas solamente podemos deducir que al trabajar con las presiones de 120, 100 y 160 lb/pulg², se obtuvo una mínima cantidad de gotitas pequeñas con presencia insignificante, ya que la aspersión no dejaría de ser gruesa.

Resultados del tamaño óptimo de gotitas según los objetivos de los pesticidas.

Como los pesticidas son biológicamente muy activos, la eficiencia de la aplicación sólo puede ser mejorada si, en lugar de tratar de mojar todo el objetivo, se escoge el tamaño óptimo de las gotitas para aumentar la proporción de aspersion que se adhiere a los objetivos.

Es posible hacer ciertas generalizaciones sobre el tamaño óptimo de las gotitas que reúne los objetivos específicos(Matthews, 1986), las cuales se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 4. 1. Escala de tamaños óptimos de gotitas para objetivos seleccionados

Objetivo	Tamaño de las gotitas (μm)
Insectos voladores	10 -- 50
Insectos sobre el follaje	30 -- 50
Follaje	400 -- 100
Suelo (y para evitar arrastres)	250 -- 500

Se realizaron análisis gráficos para las tarjetas asperjadas, para observar el tamaño de las gotitas con relación a su concordancia con objetivos a aplicar como se menciona en el Cuadro 4.10.

A).- Para la boquilla 1 (Disco D-2, con núcleo DC31)

Utilizando el arreglo 1 (50 cm entre boquillas y 160 cm entre barras

porta boquillas); después de analizar la gráfica de tamaño óptimo de gotitas, se puede resaltar lo siguiente:

En general con todas las presiones se obtiene un tamaño de gotitas que varia de 250 a 500 μm ; esto nos indica que resulta una aspersion mediana que no puede ser efectiva en aplicacion de insecticidas y que es apta solamente para aplicar al suelo, como pueden ser herbicidas de preemergencia.

Para la misma boquilla utilizando el arreglo 2 (50 cm entre boquillas y 200 cm entre barras porta boquillas, todas las presiones al igual que en arreglo 1, presento un tamaño de gotitas que varia de 250 a 500 μm ; esto nos indica que resulta una aspersion mediana que no puede ser efectiva en aplicacion de insecticidas y que es apta solamente para aplicar al suelo, como pueden ser herbicidas de preemergencia.

B).- Para la boquilla 2 AI110015-VS (Abanico)

Para la boquilla 2 (AI110015-VS (Abanico)) las tres presiones se registran incrementos de más de 500 μm en las cuatro posiciones de las tarjetas sobre la planta; por lo tanto deducimos que es una aspersion gruesa que no puede ser efectiva en aplicacion de insecticidas o plaguicidas.

Resultado del Análisis de las Boquillas 1 y 2

La boquilla Disco D-2, con núcleo DC31, presentó una buena uniformidad para todas las presiones, sin embargo, el tamaño de gotas obtenido fue de 250 a 500 micras de diámetro el cual es apto solamente para aplicaciones al suelo como pueden ser los herbicidas de preemergencia. De acuerdo al manual del fabricante, esta boquilla puede trabajar a presiones de hasta 218 lb. pulg⁻² (15 bares), si se requiere realizar una aspersion para aplicar pesticidas sobre el follaje o para insectos, se pueden aumentar las presiones para obtener un tamaño de gotas más pequeño que esté entre los 50 y 250 μm , ya que la tendencia es reducir el volumen de la aspersion aplicada.

Con relación a la boquilla AI110015-VS (Abanico), esta produjo gotas muy heterogéneas y realizó una aspersion gruesa con las tres presiones, por lo cual solo es conveniente utilizarla para aplicación de herbicidas ya que produce gotas de más de 500 μm . En el manual Teejet (1989) se especifica que produce una aspersion gruesa y que trabaja a una presión máxima de 116 lb.pulg⁻²(8 bares).

V. CONCLUSIONES

La mejor uniformidad de aspersión valorada como el menor coeficiente de variación del volumen aplicado, se obtuvo con las boquillas de los tratamientos 1 y 5 (AI110015-VS Abanico y Disco D-2, con núcleo DC31) presentando una buena cobertura en función de la separación entre boquillas y las presiones en las que para ambos casos la diferencia entre ellos no fue significativa, presentando la boquilla AI110015-VS las mejores alturas de aplicación sobre el objetivo de 100 y 120 cm, así mismo para la boquilla de Disco D-2 la mejor resultó ser la de 120 cm.

Con respecto a la calidad de aplicación la que presentó mayor uniformidad del tamaño de las gotas al realizar la aspersión resultó ser la de Disco D-2 para la aplicación de los herbicidas de preemergencia y para la boquilla AL 110015-VS produjo gotas muy heterogéneas y solo es conveniente utilizarla para aplicación de herbicidas.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguilar Romo M., 2002. "Publicaciones de Normas Vigentes. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Economía". México. (Doc. web). <http://www.Japón.org.mx/public/content/JICA.pdf>. (Consultada el 15 de febrero del 2003).
- Akesson, N. B. 1972. El uso del avión en la agricultura. Boletín de servicios a la agricultura, FAO.
- Azimi, T. G. Carpenter, D. L. Reichard., 1985. Nozzle Spray Distribution for Pesticide Application. Transaction of the ASAE. Vol. 28. (5-6): Pag: 1410-1414.
- Boglfani M., Honorato A., Masiá G., Smith J. 2000. Metodología para el análisis de impacto en tarjetas hidrosensibles por medio de visión artificial. Memorias del CLIA 2000 (Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola).
- Botta, Dagostino, 2001. "Pulverizadoras. Máquinas de serie de producción agrícola". Agro Medios Argentina S. R. L. (Documento web). http://www.agro.unlpam.edu.ar/maquinaria/Libros/MAQUINAS_por_ciento206.pdf (consultada el 02 de marzo del 2003).
- Bowen J.E. 1990, Calibración del equipo aplicador de plaguicidas. Agricultura de las Américas, pp. 21-26.
- De la Fuente J. M., 1968; Apuntes de pesticidas agrícolas. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Felber, H. 1980. Selección correcta del tamaño de gotas. Servicio de proyectos y aplicaciones. Ciba – Geigy, Balse, Switzerland.
- FAO, 2000. "Guías sobre requisitos mínimos para equipos de aplicación de plaguicidas agrícolas" (documento web). S/F. http://www.fao.org/ag/AGS/Agse/guide_sp/cvo12.htm (Consulta el 20 de enero del 2003).
- Fraser, R.P. and Eisenklam, P. 1966. Atomization and the drop size of sprays. Trans. Inst. Chem. Engineers. 34, 294-319.

- Fuentes y Leroux, 2000; Análisis genético de la tolerancia al herbicida Rimsulfuron en el maíz (*Zea mays* L.). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía.
- González Contreras R. I., 2000. Diseño y evaluación de un sistema de aspersión autopropulsado de alto despeje. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana. Instituto de Ingeniería. H. Veracruz, Veracruz, México.
- Hall, F.M. y col, 1978. Effects of spray droplets size, dosage and solution per ha rates on mortality of two-spotted spitter mite. *Journal of Economical Entomology* 70 (2): 185-186.
- Hernández, C. 1985. Determinación del caudal y patrón de aspersión de diferentes tipos de boquillas. Instituto de investigaciones de Sanidad Vegetal, Cuba.
- Holloway, P.J. 1970. Surface factors affecting the wetting of leaves. *Pesticide Science*, 1; 156-163.
- Hoyos F.G., Sánchez V.F., Jiménez R.R., Aragón R.A., Ocho B.J., Torres S.J., 2001. Impacto del programa de mecanización de alianza para el campo en el mercado de maquinaria agrícola en México. Memorias XI congreso nacional de ingeniería Agrícola, campo experimental del valle de México, Chapingo México.
- Junco, E. R. 1978. Técnicas especiales antiderivas. 10º Conf. Internacional de Mecanización Agrícola. Feria Agrícola España.
- Kepner, Roy Bainer, E.L. Barger (1978). *Spraying and Dusting. Principles of Farm Machinery*. Avi. Third Edition. Pag: 282-311.
- Matthews G. A. 1987 *Métodos para la aplicación de pesticidas*. Compañía Editorial Continental, México.
- Matthews, G. A. 1977. *Controlled droplet applications*. Compañía Editorial Continental, México.
- Monro, H. 1976. *Manual de Fumigación contra insectos*. Instituto de Investigaciones del Depto. Agrícola de Canadá London, Notario FAO.
- Montgomery, 2002. *Diseños y análisis de experimentos*. Universidad de Arizona. Segunda edición. Pag: 80 – 82. Edmond J. B. 1967. *Principios de Horticultura*, Compañía editorial Continental, S. A. México – España.
- Muller, J. R. 1969. *An Agronomist's view of agricultural aviation*, E.U.

- Olivares Sáenz, Emilio. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L.
- Ortiz Cañavate J. Y Hernández J. L. 1989. técnicas de mecanización agrícola. Ed. Mindi-Prensa. 3a edición.
- Schumacher, E. F. 1974. Small is Beautiful. London. Abacus. Yanelly.
- Spraying Systems Spain, S. L. 2004. Medición de la gota. (Documento web). <http://www.spray-cas.com/st/mgota.htm>.
- Spraying Systems, 2003. "Guía de selección de boquillas de aspersión" (Documento web) http://www.teejet.com/techcent/broad_sel.htm (Consultada el 13 de marzo del 2003).
- Spraying Systems. 2000. Teejet. Manual de productos para aspersión TeeJet. <http://www.spraysystems.com>.
- Spraying Systems Co. 1998. Teejet. Manual de boquillas de aspersión. Ed comercial Arce. Consulta de Analizadores de espectro de gotas, pagina web <http://www.Spraysystems.com>.
- Taylor, W. A. 1982. Aplicación de gotas controladas de herbicidas. Outlook on Agricultura, Editorial Mundi Prensa, México.
- Thornhill E. W., Matthews G. A. 1996. Equipo de aplicación de pesticida para uso en agricultura. Boletín de servicios agrícolas de la FAO. Reino Unido.
- Torgenson, D.C. 1987. Fungicides: an advanced treatise. Academic Press New York. Vol. 1: 239-286.
- Torres J., Albarran M, Ochoa J, Jiménez R. Y Hoyos G. (2002). MANUAL DE PRUEBA Y EVALUACIÓN DE ASPERSORAS TIPO AGUILÓN, DE TRACCIÓN MECANICA, ACCIONADAS POR LA TOMA DE POTENCIA DEL TRACTOR, CENEMA, INIFAP Y JICA Chapingo.
- Smith D. W., Sims D. G., 1990. procedimiento para evaluación de aspersoras de campo. Evaluación técnicas de equipos para pequeños productores. Manual técnico-práctico. Programa de cooperación técnico México-Gran Bretaña. 1-14 Pág.
- Spellman, J. J. 1982. Algunos factores que afectan la elección del tamaño de gota y métodos de atomización. Aplicación de pesticidas. Centro internacional para la aplicación de pesticidas. Instituto de tecnología Cranfield. Bedford. U. K.

Stone, Archie A. 1970. Maquinaria Agrícola. Universidad del Estado de Nueva York, Compañía editorial Continental.

U.K.S. 1982. The measurement of capture by the biological target in its natural environment as a Basis of improvement of pesticides. Application of pesticides. Vol. 1:13 International. Cranfield, Bedford, England.

Yates, W.E. and Akesson, N.B. 1973. Reducing pesticide chemical drift, in pesticide formulation (Ed. W. van Valkenburg). Marcel Dekker. New York.

ANEXOS

A-1

Descripción de componentes
del sistema de aspersión.

Válvula reguladora de presión.

Modelo: 6815-3/4-700. Figura A-1.1.

Latón o aluminio con bronce en la cubierta.

Opción de 1/2" o 3/4" NPT (M) conexiones de entrada y salida.

Presión: arriba de 48 bar.



Figura A-1.1

Bomba de pistón. Figura A-1.2.

Modelo: UR 200 ASPERJET



Figura A-1.2

Control de válvulas. Figura A-1.3.

Presión máxima: 300psi

Numero de salidas: Tres

Manómetro: máxima presión 350 psi
(25 bar)



Figura A-1.3

Motoreductor: relación de 7-1

Figura A-1.4.

Trifásico de 3 hp

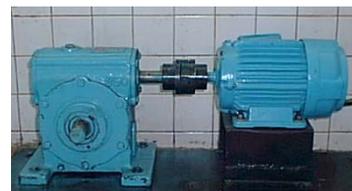


Figura A-1.4

Verificador de perfil.

TeeJet: 37685

Figura A-1.5.



Figura A-1.5

Filtro de línea

Modelo AA (B) 124ML-AL

Mangueras de $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$

Presión máxima 250 psi

Estructura donde se coloca
el verificador de perfil. Figura A-1.6.

Material PTR de 1"



Figura A-1.6

Variador de frecuencia

MICEOMASTER 420

Capacidad máxima 5 hp

Trifásico 220 Vols, 0,12-11kW

Figura A-1.7.



Figura A-1.7

Boquilla Uno. Figura A-1.8.

AlTeeJet AI10015VS

Punta de chorro plano por aire
inducido Al TeeJet

Gotas mas gruesa para mayor
resistencia a la deriva



Figura A-1.8

Boquilla Dos. Figura A-1.9.

ConeJet TXB80001VK

Punta de pulverización de
cono hueco

Mayor resistencia al desgaste



Figura A-1.9

Boquilla Tres. Figura A-1.10.

ConeJet TXVS

Punta de pulverización de cono hueco

Perfil de pulverización fino que
produce una cobertura profunda

Figura A-1.10

Boquilla Cuatro. Figura A-1.11.

TeeJet Disco D-2, con núcleo DC31

Puntas de pulverización con disco y
núcleo

Figura A-1.11

Boquilla Cinco. Figura A-1.12.

TeeJet Disco D-2, con núcleo DC31

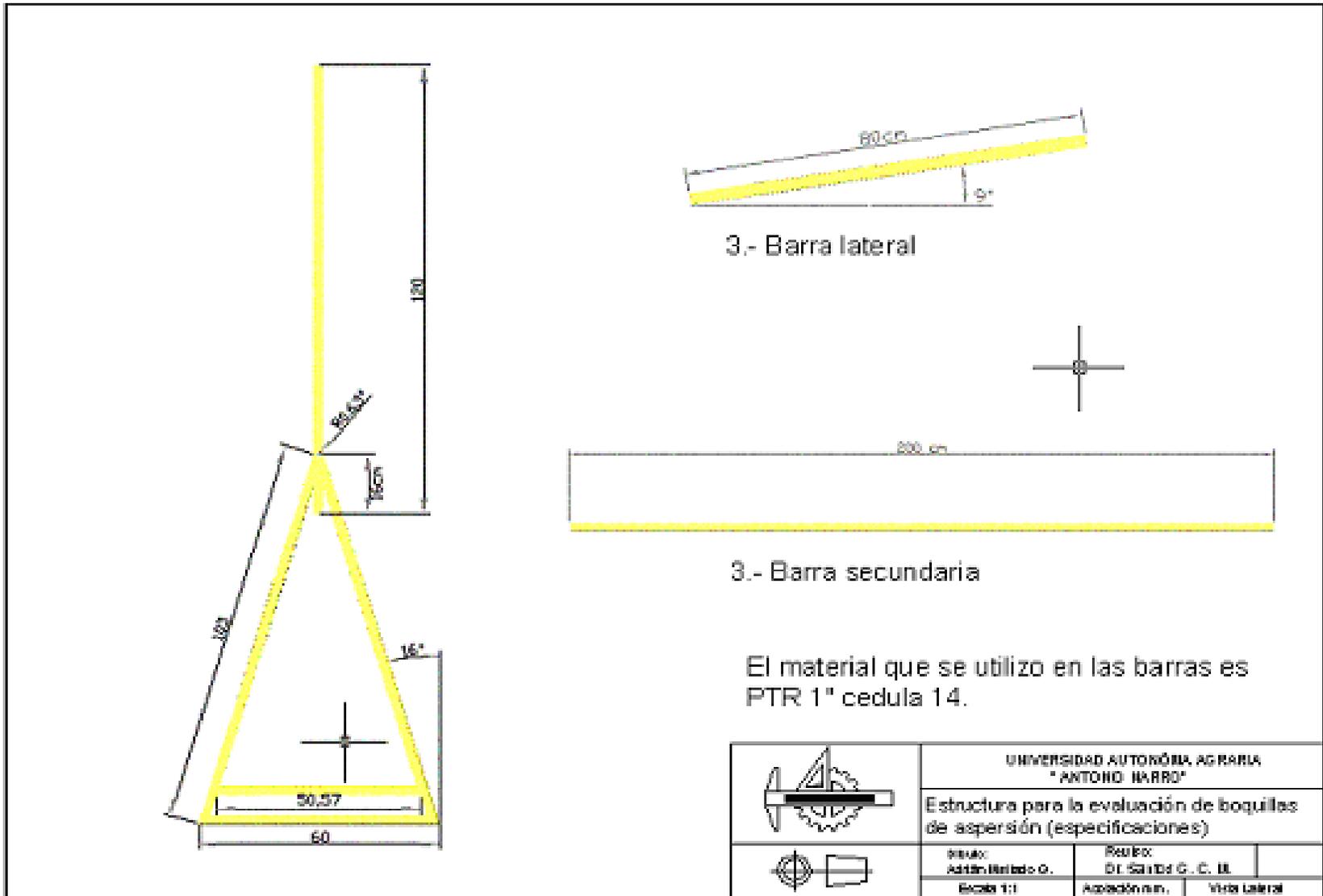
Puntas de pulverización con disco y
núcleo

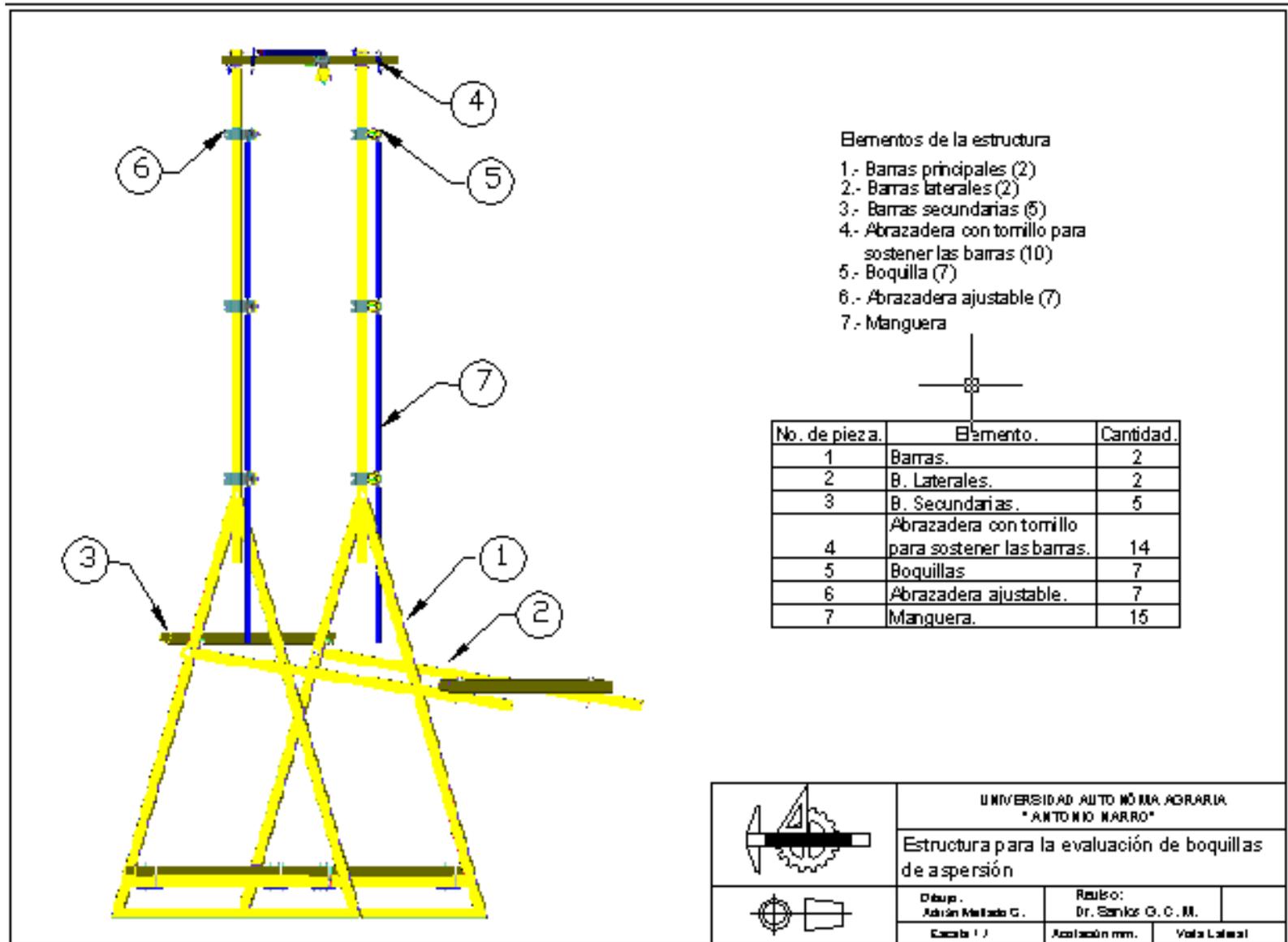
Figura A-1.12

A-2

Descripción de medidas del
diseño de la estructura para
evaluación de boquillas de
aspersión

Experimento I.





A – 3

Valores de diámetro medio (Dm)
y número medio de gotas
tomados manualmente de las
tarjetas asperjadas para las dos
boquillas.

PARA LA BOQUILLA 1 (Disco D-2, con núcleo DC31).

Presión 1 (120 psi)				Presión 2 (100 psi)				Presión 3 (160 psi)			
Tarjeta No.	Muestra	No. Gotas	D.M. μm	Tarjeta No.	Muestra	No. Gotas	D.M. μm	Tarjeta No.	Muestra	No. Gotas	D.M. μm
1111	1er cm2	65	398.91	1121	1er cm2	167	302.06	1131	1er cm2	145	291.49
	2o cm2	69	425.36		2o cm2	110	381.66		2o cm2	108	158.71
1112	1er cm2	260	368.76	1122	1er cm2	194	372	1132	1er cm2	117	277.08
	2o cm2	268	360.82		2o cm2	194	361.3		2o cm2	134	347.34
1113	1er cm2	312	393.43	1123	1er cm2	222	411.45	1133	1er cm2	128	399.79
	2o cm2	333	296.12		2o cm2	248	458.06		2o cm2	169	415.15
1114	1er cm2	202	541.68	1124	1er cm2	55	480.29	1134	1er cm2	238	312.41
	2o cm2	205	507.28		2o cm2	112	328.53		2o cm2	160	341.46
Tarjeta No.	Muestra	No. Gotas	D.M. μm	Tarjeta No.	Muestra	No. Gotas	D.M. μm	Tarjeta No.	Muestra	No. Gotas	D.M. μm
1211	1er cm2	146	470.15	1221	1er cm2	64	424.07	1231	1er cm2	46	328.48
	2o cm2	98	431.33		2o cm2	103	430.32		2o cm2	75	391.43
1212	1er cm2	117	413.6	1222	1er cm2	117	370.05	1232	1er cm2	53	189.37
	2o cm2	96	279.91		2o cm2	73	579.7		2o cm2	18	126.43
1213	1er cm2	122	384.32	1223	1er cm2	41	196.79	1233	1er cm2	79	261.42
	2o cm2	55	263.09		2o cm2	53	232.1		2o cm2	30	181.08
1214	1er cm2	83	260.51	1224	1er cm2	175	344.66	1234	1er cm2	67	506.02
	2o cm2	157	246.86		2o cm2	273	350.75		2o cm2	63	502.6

Arreglo 1 (50 x 160 cm)

Arreglo 2 (50 x 200 cm)

PARA LA BOQUILLA 2 (AI110015-VS (ABANICO)).

Arreglo 1 (50 x 160 cm)

Presión 1 (120 psi)				Presión 2 (100 psi)				Presión 3 (160 psi)			
Tarjeta No.	Muestra	No. Gotas	D.M. μm	Tarjeta No.	Muestra	No. Gotas	D.M. μm	Tarjeta No.	Muestra	No. Gotas	D.M. μm
2111	1er cm2	20	338	2121	1er cm2	26	442.51	2131	1er cm2	73	642.55
	2o cm2	31	537.79		2o cm2	30	459.96		2o cm2	63	767.4
2112	1er cm2	66	455.47	2122	1er cm2	54	668.16	2132	1er cm2	47	636.14
	2o cm2	63	600		2o cm2	44	884		2o cm2	49	605
2113	1er cm2	33	585.88	2123	1er cm2	50	586.23	2133	1er cm2	62	332.85
	2o cm2	53	620.42		2o cm2	29	567.86		2o cm2	32	183.24
2114	1er cm2	148	509.41	2124	1er cm2	18	400.87	2134	1er cm2	64	516.31
	2o cm2	76	482.69		2o cm2	26	680.53		2o cm2	80	576.55
Tarjeta No.	Muestra	No. Gotas	D.M. μm	Tarjeta No.	Muestra	No. Gotas	D.M. μm	Tarjeta No.	Muestra	No. Gotas	D.M. μm
2211	1er cm2	34	631.43	2221	1er cm2	51	603.13	2231	1er cm2	100	546.38
	2o cm2	52	552.59		2o cm2	54	441.13		2o cm2	84	523.87
2212	1er cm2	69	461.44	2222	1er cm2	51	789.36	2232	1er cm2	102	581.75
	2o cm2	47	605.98		2o cm2	29	421.21		2o cm2	82	522.3
2213	1er cm2	32	177.86	2223	1er cm2	41	749.25	2233	1er cm2	69	423.21
	2o cm2	60	375.76		2o cm2	46	790.3		2o cm2	81	482.47
2214	1er cm2	26	626.8	2224	1er cm2	71	587.43	2234	1er cm2	162	630.31
	2o cm2	20	667.11		2o cm2	59	584		2o cm2	149	678.51

Arreglo 2 (50 x 200 cm)

A – 4

Software para Análisis de
Espectro de Pulverización
CIR 1.5

Software para Análisis de Espectro de Pulverización CIR 1.5

COD. TCHCIR

Uso:

Evaluación de la calidad de trabajos de pulverización a través del conteo y tipificación de impactos, mediante la digitalización de una tarjeta hidrosensible.



Parámetros	
Capacidad de Impactos por cm²	0.00
Capacidad de Impactos	0.00
Capacidad de Impactos (100 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (200 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (300 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (400 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (500 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (600 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (700 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (800 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (900 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (1000 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (1100 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (1200 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (1300 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (1400 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (1500 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (1600 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (1700 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (1800 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (1900 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (2000 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (2100 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (2200 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (2300 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (2400 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (2500 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (2600 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (2700 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (2800 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (2900 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (3000 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (3100 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (3200 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (3300 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (3400 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (3500 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (3600 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (3700 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (3800 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (3900 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (4000 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (4100 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (4200 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (4300 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (4400 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (4500 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (4600 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (4700 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (4800 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (4900 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (5000 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (5100 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (5200 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (5300 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (5400 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (5500 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (5600 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (5700 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (5800 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (5900 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (6000 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (6100 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (6200 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (6300 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (6400 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (6500 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (6600 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (6700 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (6800 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (6900 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (7000 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (7100 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (7200 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (7300 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (7400 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (7500 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (7600 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (7700 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (7800 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (7900 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (8000 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (8100 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (8200 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (8300 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (8400 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (8500 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (8600 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (8700 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (8800 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (8900 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (9000 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (9100 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (9200 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (9300 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (9400 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (9500 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (9600 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (9700 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (9800 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (9900 micras)	0.00
Capacidad de Impactos (10000 micras)	0.00

Características:

Desarrollado conjuntamente entre el Instituto de Ingeniería Rural, Gustavo A. Casal y Cia SRL y TyC SRL del Parque de Innovación Tecnológica de INTA Balcarce.



Permite evaluar los resultados mediante el suministro de la siguiente información:

Diámetro mínimo: diámetro del impacto más pequeño.

Diámetro máximo: diámetro del impacto más grande.

Cantidad de impactos: cantidad de impactos en todos los sectores.

Porcentaje de gotas asperjadas menores a 100 y 200 micrones.

Litros por hectárea según volumen recogido por la muestra.

Cantidad de clases: debe ser siempre 18.

Relación de clases: factor de espaciamento entre una clase y la siguiente.

Área efectivamente muestreada: indica el área muestreada luego de descartar los bordes.

Diámetro volumétrico medio (DVM): expresa el tamaño de gotas que divide la aspersión en dos volúmenes iguales que contienen gotas más grandes o más chicas a dicho tamaño.

DV 0.1: es el diámetro de una gota, tal que el 10 por ciento del líquido esté contenida en gotas de diámetro menor que el indicado.

DV 0.9: es el diámetro de una gota, tal que el 90 por ciento del líquido esté contenida en gotas de diámetro menor que el indicado.

Diámetro mediano numérico (DMN): media de los diámetros de todas las gotas.

Factor de dispersión: relación DVM / DMN.

Requisitos:

Procesador: Pentium II - 300 MHz, Memoria: 64 MB y Digitalizador: compatible con TWAIN y debidamente instalado.

Resultados de la Muestra		Resultados Normalizados	
Diámetro Mínimo	34.41	Cantidad de Impactos por cm²	191
Diámetro Máximo	354.62	Diámetro Mediano Volumétrico (µm³)	228.87
Cantidad de Impactos	882	Impactos con Diámetro < 100 µm por cm ²	78 => 4.55 % Vol
Cantidad de Clases	18	Impactos con Diámetro < 200 µm por cm ²	159 => 37.26 % Vol
Relación de Clase	1.15	Volumen de Agua por cm ² (µm ³)	446649308.48
Area Efectiva Muestreada	4.62 cm ²	Volumen de Agua por cm ² (litros)	0.000000446649
DV(0-5) (µm³)	228.87	Cantidad de Gotas por Litro pulverizado	426969379
DV(0-1) (µm³)	130.80	Volumen de Campo Muestra (lts/Ha)	44.66
DV(0-9) (µm³)	317.07	Tasa de Aplicación Teórica (lts/Ha)	48.99
DMN (µm³)	117.45	Eficiencia (%)	91.17
Amplitud Relativa	0.81	Factor de Dispersión	1.95

www.technidea.com.ar

Nuevo Análisis << Anterior Siguiente >>

[TECHNIDEA S.A.](http://www.technidea.com.ar)

Paraguay 643 6° Piso of. 601 (C1057AAF) Buenos Aires, Argentina
Teléfono: (54 11) 4312-6664 Fax: (54 11) 4312-5333

