



DIECA

COBERTURA SINÓNIMO DE EFICIENCIA EN LA APLICACIÓN DE HERBICIDAS EN LA CAÑA DE AZÚCAR



Roberto Alfaro Portugal¹
Programa Agronomía DIECA

Grecia, Noviembre 2019

Introducción.

Para lograr realmente la eficiencia en la aplicación de los herbicidas, se debe procurar reducir las dosis, la frecuencia de las aplicaciones, los costos y los indeseables daños por fitotoxicidad al cultivo. Para lograr estas acciones es imprescindible implementar diversas técnicas de aplicación probadas y adaptadas a las particularidades del cultivo y de las malezas presentes, que permitan la mayor **cobertura** posible y con ello la dosis correcta del o los herbicidas a aplicar.

La cobertura en términos de aplicación de plaguicidas, se puede definir como el porcentaje de área foliar cubierta por las gotas de plaguicidas asperjadas por una determinada boquilla.

En las aplicaciones de herbicidas, tradicionalmente se considera solo el gasto de agua para dosificar y poco se toma en cuenta el área cubierta o la cantidad de producto depositado por unidad de área; este valor es determinante para el éxito de la aplicación y por lo tanto dependerá de varios factores que se expondrán en este documento.

El chorro de líquido pulverizado o asperjado, está formado por gotas, que si bien es deseable que fueran de la misma medida, siempre están comprendidas dentro de una gama de tamaños, denominado **espectro de pulverización**, el cual cambia con el tipo de boquilla que utilizemos.

Por otra parte el chorro pulverizado por una determinada boquilla, es perturbado por la expansión que provoca la presión aplicada dentro del sistema (equipo) y su salida al medio ambiente, provocando con ello el rompimiento en gotas cuyo tamaño estará íntimamente ligado a la presión que se ejerza dentro del sistema.

La cobertura por lo tanto además del tipo de boquilla y la presión dependerá de la altura de las boquillas sobre el objetivo (malezas) y de la velocidad de aplicación.

También existen otros factores que de una u otra forma incidirán positiva o negativamente sobre la cobertura esperada, por ejemplo las condiciones climáticas como el viento, el cual arrastrara las gotas pequeñas (deriva) y reducirá la cobertura, la alta temperatura y baja humedad relativa provocara la evaporación y pérdida de producto reduciendo con ello la cobertura esperada.

El objetivo de este documento es el de señalar como con el uso de la tecnología apropiada en este campo se puede optimizar el uso de los equipos de aplicación como son las boquillas. En este campo hay mucho desconocimiento y es necesario o vital la capacitación de los operarios y responsables involucrados, para que los mismos dispongan de los conocimientos necesarios para alcanzar la mayor eficiencia y efectividad en las aplicaciones de los herbicidas.

1/Ingeniero Agrónomo. Funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA)* Costa Rica. E-mail: ralfaro@laica.co.cr. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555 / Fax (506) 24-94-44-51.

I. Cobertura.

Como se había definido, la cobertura es la cantidad de ingrediente activo de un plaguicida por unidad de superficie del objetivo o blanco de interés. En la práctica, se debe entender que este plaguicida va disuelto en un medio acuoso y asperjado por boquillas en gotas de diverso tamaño, por lo que la cobertura debe ser medida tanto por el tamaño de las gotas como por la cantidad de gotas (o impactos) por centímetro cuadrado. También es importante considerar el caudal de aplicación, al respecto algunos autores indican que 1 litro de agua cubre aproximadamente 10,67 m² de follaje y con 0,093 litro de caldo es posible cubrir 1 m³ de follaje.



Figura 1. Cobertura de gotas asperjadas por una determinada boquilla sobre la hoja de una planta.

La cobertura es medible, utilizando papeles hidrosensibles como los presentes en la Figura 2, donde se observan las variaciones en la cantidad de gotas asperjadas por algún equipo. Dichas variaciones son producto como se analizara más adelante de diferentes factores entre los que destacan boquilla, presión, distancia etc.

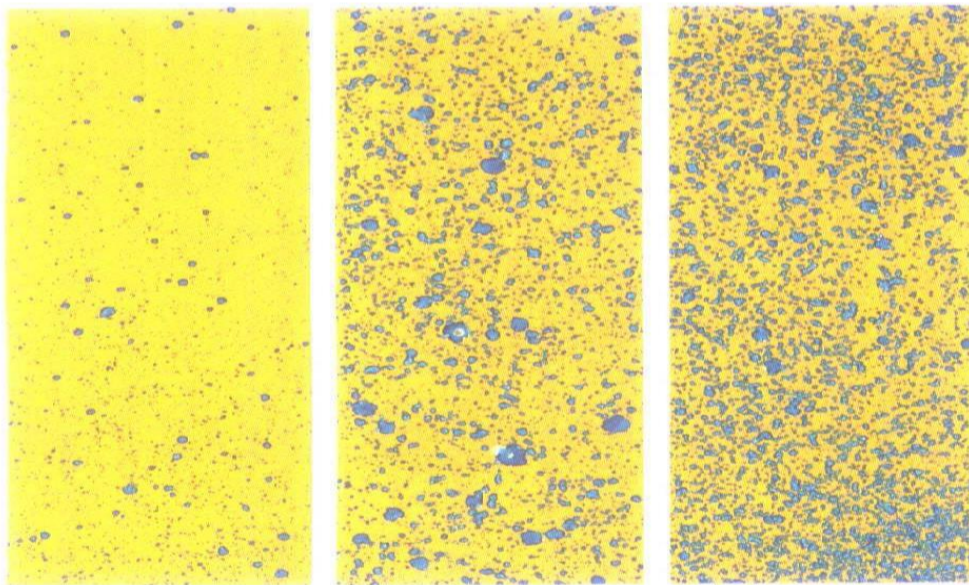


Figura 2. Cobertura por las gotas asperjadas por una determinada boquilla sobre papel hidrosensible.

1.1. Cobertura por cantidad de gotas.

Las necesidades de cobertura son variables en función del tipo de producto a aplicar, si es sistémico o actúa por contacto, y por las características del objetivo (tamaño, forma, exposición, capacidad de retención, etc.)

La cobertura se expresa en densidad de gotas por cm^2 y una vez sobre el objetivo esta debe ser lo más homogénea posible, aunque por lo general las gotas son de muy diversos tamaños. En el Cuadro 1 se presentan los valores aceptables de cobertura, medido en la cantidad de gotas mínimas por cm^2 según sea el plaguicida aplicado. Evidentemente hay diferencias si el mismo es de contacto o sistémico, en el caso de los sistémicos la recomendación es la misma para los herbicidas, insecticidas y fungicidas de 20 a 30 gotas/ cm^2 , sin embargo para los plaguicidas de acción de contacto los herbicidas requieren menos gotas por centímetro cuadrado que los insecticidas y fungicidas.

Estos valores deben ser considerados como mínimos, si lo que se desea es obtener mejores coberturas. La **uniformidad** es fundamental para lograr aplicaciones eficientes de herbicidas, mientras que las aplicaciones de insecticidas y fungicidas requieren de la mayor cantidad de impactos posibles por cm^2 para una mejor penetración.

En cuanto a la **eficiencia** en la deposición de las gotas, las mismas deben depositarse y permanecer sobre la superficie foliar. Este proceso depende básicamente de dos aspectos: su tamaño/estado y características de la superficie de contacto de la hoja.

Cuadro 1.

Cantidad de gotas mínimas por cm^2 de acuerdo al tipo de plaguicida (CID 2014).

PRODUCTO	Nro. de GOTAS/ cm^2	
	CONTACTO	SISTÉMICO
HERBICIDA	30-40	20-30
INSECTICIDA	50-70	20-30
FUNGICIDA	50-70	20-30

1.2 Cobertura por tamaño de las gotas.

Como se ha mencionado, no todas las gotas de una pulverización tienen el mismo tamaño, estas tienen una amplia distribución de tamaños conocida como el **espectro de gota**, y para poder expresar este patrón con un valor, se calcula el valor promedio de los tamaños de todas las gotas.

En los equipos de aspersión el tamaño de las gotas es el factor que más influencia tiene en la generación de la deriva, ya que al ser un plaguicida asperjado a determinada presión por el diminuto orificio de una boquilla, provoca que el tamaño de las gotas sea muy variable en su tamaño. Los tamaños de las gotas usualmente se miden en micrones (micrómetros). Un micrón es igual a 0.001mm, y para tener una referencia clara, el diámetro de un cabello humano mide aproximadamente 100 micrones. En general se considera que las gotas inferiores a 200 micrones son las que más contribuyen a la deriva. (Spraying Systems Co 2014).

Los tamaños de las gotas en las pulverizaciones se pueden clasificar como productoras de gotas finas, medianas, gruesas o muy gruesas, y la presencia de estas dependerá de la boquilla utilizada. Generalmente se elige una boquilla de gotas gruesas para reducir al mínimo la deriva, pero sacrificando con ello cobertura, mientras si se requiere de una boquilla de gota fina para obtener máxima cobertura en la superficie de las plantas aplicadas, estas estarán propensas a la deriva o a la evaporación. Si bien existen varios criterios para la clasificación del tamaño de las gotas producidas por un tipo de boquilla, nos guiaremos por la Norma ASAE S-572 (ASAE: American Society of Agricultural Engineers) que se presenta en la Figura 3. Cada boquilla es clasificada dentro de alguno de los diferentes tamaños de las gotas producidas por una presión de trabajo y un caudal determinado.

	Tropfengröße Droplet size Grosueur de goutte Tamaño de gota размер капель
1000 µm	[Patrón de puntos grandes y escasos]
500 µm	[Patrón de puntos medianos]
250 µm	[Patrón de puntos pequeños]
100 µm	[Patrón de puntos muy pequeños]
50 µm	[Patrón de puntos extremadamente pequeños]

Figura 3 .Norma ASAE S-572 para la clasificación del tamaño de las gotas.

Esquemáticamente en la siguiente Figura 4, se presentan los diferentes tamaños de gotas respecto al cubrimiento que estas tendrían al ser aplicadas sobre una planta, nótese que a menor tamaño de las gotas se obtiene un mayor recubrimiento de las hojas y con ello una mayor posibilidad de daño del herbicida.

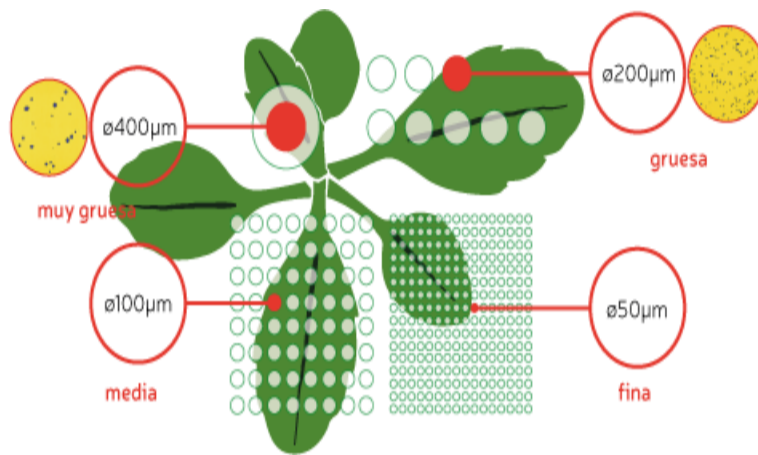


Figura 4. Tamaños comparativos de diferentes gotas asperjadas sobre una planta. (CID 2014).

Con el objetivo de valorar la cobertura tanto en el número de gotas como en su tamaño, se han ideado dos parámetros numéricos que se expondrán a continuación.

1.2.1 Diámetro Volumétrico Medio DVM o (DV0.5).

Por lo general el tamaño de las gotas asperjadas por una determinada boquilla y a una presión fija de trabajo, presenta diferentes tamaños que varían de 150 a 300 micrones de diámetro. Con el objetivo de comparar entre las boquillas el tamaño de las gotas emitidas, se ha ideado un parámetro estándar de medición denominado **Diámetro Volumétrico Medio (DMV)**, el cual relaciona el tamaño de las gotas con el volumen de líquido asperjado por una boquilla. Es importante tomar en cuenta que a pesar que los tamaños de las gotas es variada, su distribución tiende a ser estable, de aquí lo factible de este parámetro de medición siempre y cuando la presión sea contante.

Este concepto, por lo tanto se puede expresar con mayor precisión afirmando que el diámetro volumétrico medio (**DVM**), es el diámetro de la gota que posee el volumen promedio de todas las gotas asperjadas por la boquilla.

En la Figura 5 se presenta un esquema grafico de cuál sería el diámetro volumétrico medio si se ordenaran las gotas asperjadas por una boquilla con base en su tamaño, por un lado con pocas gotas grandes se tendría el mismo volumen que con más cantidad de gotas pero de menor tamaño.

En conclusión esa gota que seleccionamos en última instancia y que divide al volumen en dos partes exactamente iguales, poseería el diámetro volumétrico mediano, es decir que la mitad del volumen asperjado estaría formado por gotas menores a ella y la otra mitad del volumen estaría formada por gotas mayores a ella.

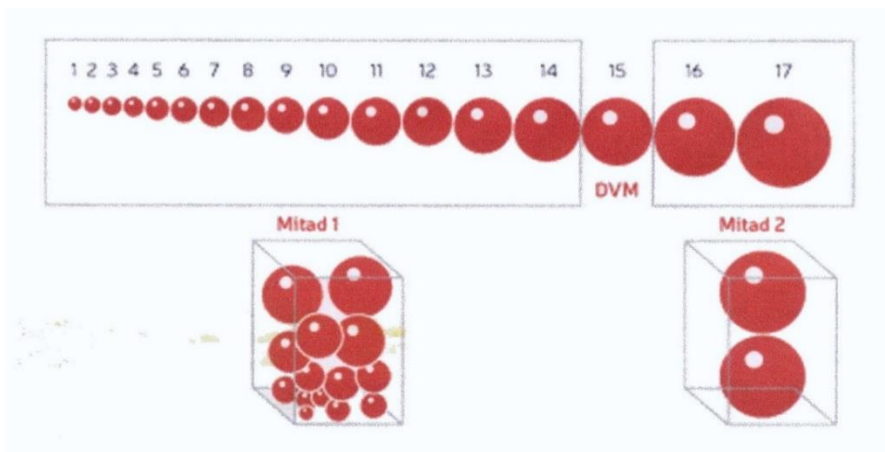


Figura 5. Determinación del diámetro volumétrico medio entre los diversos tamaños de gotas emitidas por una boquilla (CID 2014).

Si tomamos en cuenta que las gotas de agua suspendidas en el aire, tienen una forma esférica, es posible aplicar la siguiente ecuación:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

$V =$ Volumen
 $\pi = 3,1416$
 $r =$ radio de la esfera

De la aplicación de esta fórmula es posible demostrar que el volumen de una gota depende de su diámetro elevado al cubo, esto quiere decir por ejemplo que manteniendo **un mismo volumen, es factible tener ocho veces más gotas si su diámetro se reduce a la mitad**. Por el contrario si duplicamos el diámetro (tamaño) de una gota, su volumen se multiplica en 8 veces. **Si utilizamos una boquilla de gota muy grande, se va a gastar el mismo caudal pero con menor cobertura** que una boquilla de gota más pequeña.

Para entender más fácilmente este concepto en la Figura 6, se presenta la relación entre el volumen y la superficie de un cubo de 4 cm de perímetro. El volumen de dicho cubo será el producto de 4^3 , el cual será de 64 cm^3 y cuenta a la vez con una superficie de 16 cm^2 por lado, pero como son 6 lados, se tendrán entonces una superficie total de $16 \times 6 = 96 \text{ cm}^2$.

Si se divide el cubo en 8 partes iguales, cada pequeño cubo tendrá un perímetro de 2 cm por lo que el volumen de cada uno de los 8 cubos será de 8 cm^3 , los cuales mantendrán el volumen inicial de 64 cm^3 , pero la superficie se incrementará al doble 192 cm^2 .

Lo mismo sucederá si cada uno de los 8 cubos se divide al doble o sea 64 cubos de 1 cm de perímetro, en este caso al igual que el anterior el volumen será de 64 cm^3 , pero la superficie se incrementó al doble 384 cm^2 .

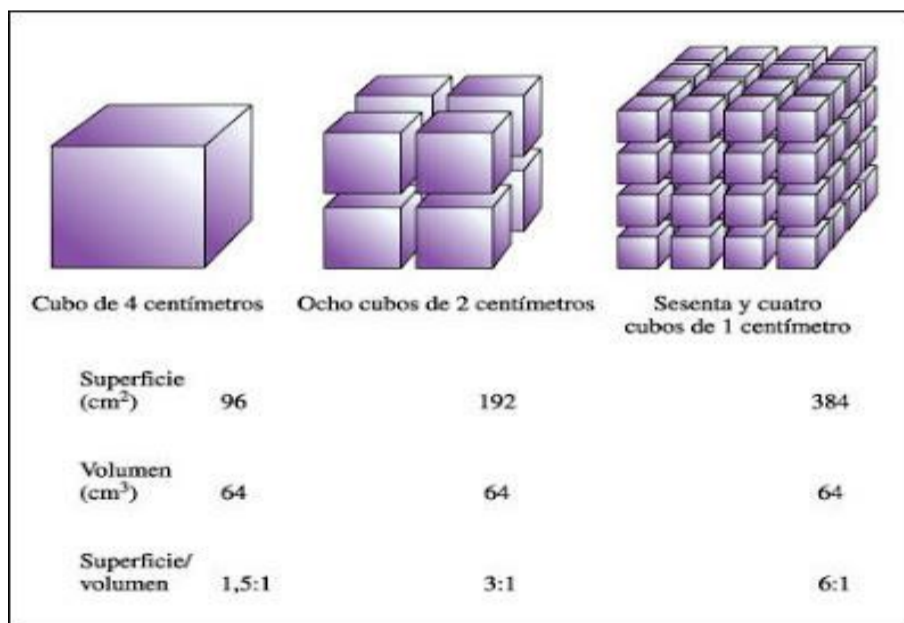


Figura 6. Diagrama descriptivo de la división y subdivisión de un cubo respecto a la superficie y volumen. Fuente (CID 2014).

Tomando el análisis de esta Figura 6, es posible aplicar estos mismos conceptos a las gotas de agua que en vez de un cubo lo que se tendrá es una esfera de agua y cuyo volumen si fuera por ejemplo de 500 micrones, se pueden dividir en 8 gotas de 250 micrones. Es interesante ver como con el mismo volumen se incrementa la cobertura cuando llegamos a nuestro objetivo con 8 gotas de 500 micrones o con 64 gotas de 250 micrones.

1.2.2 Diámetro Numérico Medio DNM.

Otro parámetro importante para comparar entre las boquillas es el **diámetro numérico medio (DNM)**. Este parámetro es muy similar al diámetro volumétrico medio, su diferencia se suscribe no al volumen, si no al tamaño de la gota que se ubica exactamente en la mitad

del espectro. La mitad de las gotas son menores a ella y la otra mitad son mayores. Como se observa en la Figura 7, la mitad conformada por las gotas mayores acumula un volumen mucho mayor que el de las gotas inferiores al DNM. Como se observa en el esquema se tienen 8 gotas a ambos lados de la señalada e independientemente del volumen como en el caso anterior.

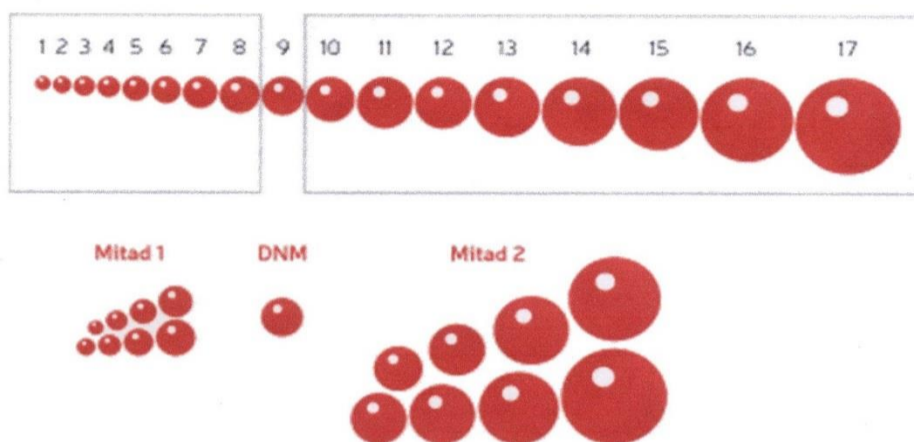


Figura 7. Esquema que representa la distribución de las gotas de acuerdo a su tamaño y la elegida como la del diámetro numérico medio DNM (CID 2014).

1.2.3 Amplitud Relativa.

La Amplitud Relativa es un indicador del grado de homogeneidad en el tamaño de las gotas en una pulverización dada. Cuanto **menor sea la amplitud relativa**, implica que el **tamaño de las gotas es más uniforme**. En la práctica, valores de 0,80 a 1,20 de **A.R.** son sumamente aceptables EL DVO, 10 es, además, un parámetro que se tiene en cuenta para evaluar el riesgo de deriva del asperjado producido por una boquilla a una presión dada. Las gotas más chicas son aquellas que corren el mayor riesgo de deriva, este valor es altamente indicativo.

Otros valores importantes para conocer, son el diámetro volumétrico del 10 % (DVO, 10) y el diámetro volumétrico del 90 % (DVO, 90). El primero de ellos se refiere al diámetro de la gota que acumula el 10 % del volumen, partiendo siempre desde las gotas menores. El segundo se refiere al diámetro de la gota que acumula el 90 % del volumen, partiendo también desde las gotas menores. (CID 2014).

II. Factores determinantes de la cobertura.

Existen varios factores que influyen directamente sobre la cobertura como son: el tipo de boquilla, altura de trabajo y la presión. En el tipo de boquilla por su parte es determinante su caudal, su ángulo de cobertura y también el tamaño de la gota. A continuación se

expondrán con más detalles estos factores directos como otros indirectos que inciden sobre la cobertura del plaguicida.

2.1. Boquillas.

Las boquillas se encuentran en cantidad y en diversos diseños disponibles para lograr en cada aplicación una cobertura adecuada que permita también una dosificación óptima de acuerdo al objetivo a tratar.

2.1.1 Características de las boquillas.

El conocer en detalle las boquillas, es indispensable para utilizarlas apropiadamente por lo que a continuación se señalaran algunos de los aspectos más relevantes utilizados para diferenciar los diferentes tipos de boquillas.

2.1.2 Identificación.

Cada boquilla como se observa en la Figura 8, presenta código de letras y números que indican el tipo de boquilla que se dispone, para el ejemplo las primeras letras **DG** indican que es una boquilla antideriva, si en la misma no aparece estas letras, indicaría que es una boquilla corriente (**TP**) no antideriva. **TEEJET** es la marca del fabricante, esta indicación aparecerá en todas las boquillas.

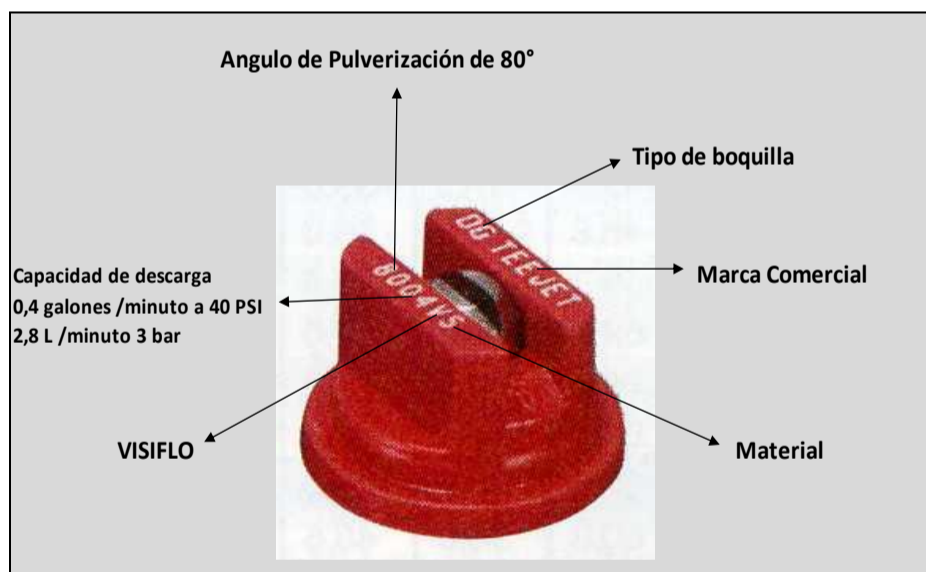


Figura 8. Principales características que identifican a las boquillas utilizadas en las aplicaciones de herbicidas (tomado manual TEEJET 51 A- ES 2014)

El **ángulo de pulverización** también es una característica muy importante que cambia con la boquilla, por lo que va de 65°, 80° y 110°, este valor indica, cuanto es el ancho de la franja de aplicación de la cortina de agua que emite la boquilla y será dependiente de la altura y en menor grado de la presión de trabajo del equipo. La capacidad de **descarga** de la boquilla es otro aspecto que caracteriza a la boquilla, varía de 0,1 hasta 0.8 galones por minuto y en algunas boquillas hasta más, esta descarga está determinada por una presión de 40 Psi (**3 bar**) y los colores de las boquillas se encuentran relacionados con la descarga. El **material** con que está fabricada la boquilla aparece con las siglas V (VISIFLO) seguido por una letra que indicara el material los cuales son S acero, P polímero, K cerámica.

2.1.3 Tamaño de gota.

Con frecuencia, la selección de las boquillas se basa en el tamaño de las gotas que estas emiten, aspecto relevante, cuando la eficacia de un herbicida requiere de la máxima cobertura o cuando es importante prevenir que la aspersion salga del área de destino (deriva).

La mayoría de las boquillas utilizadas en la agricultura, se clasifican de acuerdo a la producción de gotas finas a ultra grandes y la selección de las mismas dependerá del uso que se le quiera dar. Por ejemplo, si la aplicación es de herbicidas post emergentes principalmente de contacto, se recomiendan gotas en el rango de finas a medianas, ya que es indispensable una excelente cobertura de las malezas. Las boquillas que producen gotas en el rango de mediana a más grandes, se recomiendan para herbicidas sistémicos y de pre emergencia. Si se reemplazan las boquillas convencionales por boquillas de gota controlada o anti deriva, se puede obtener una excelente distribución del plaguicida con solo una fracción del volumen de agua requerido por las boquillas convencionales.

Todas las boquillas producen una diversa gama de tamaños de gota dentro de un determinado patrón de aspersion. Los diferentes tipos de tamaño de gota así como su clasificación se presentan en el siguiente Cuadro 2.

Cuadro 2.
Clasificación de los tamaños de las gotas producidas por las boquillas basadas en las especificaciones del BCPC (Consejo Británico de Protección de Cultivos) (Spraying Systems Co 2014).

Categoría	Simbolo	DV0.5 VMD (micrones)
Extremadamente Fina	XF	< 50
Muy Fina	VF	50 - 136
Fina	F	136 - 177
Mediana	M	177 - 218
Gruesa	C	218 - 349
Muy Gruesa	VC	349 - 428
Extremadamente Gruesa	XC	428 - 622
Ultra Gruesa	UC	>622

Al elegir una boquilla de aspersion que produce un determinado tamaño de gota en cualquiera de las ocho categorías vistas en el Cuadro 2, se debe tener presente que en general cualquier boquilla puede producir distintos tamaños de gota a diferentes presiones. Por ejemplo una boquilla puede producir gotas medianas a baja presión y producir gotas finas si esta se aumenta

En general cuando la cobertura es un elemento vital para tener una mayor efectividad por parte del herbicida, se recomienda en el caso de aplicaciones con herbicidas post emergentes o de contacto gotas más finas debido a la excelente cobertura en la superficie de las hojas y gotas más gruesas para la aplicación de herbicidas pre emergentes.

La cantidad de gotas adecuadas sobre el follaje de las plantas o el suelo debe ser entre 20 y 30 gotas por cm² para herbicidas pre- emergente o incorporado, y para los herbicidas post emergentes la cantidad de gotas deben ser de 30 y 40.por cm². Por ejemplo el tamaño ideal de gota en aplicaciones de herbicidas pre emergentes, es de 250 micras. (Leiva 2013).

En la Figura 9 se observa la cobertura ejercida sobre una hoja por los diversos tamaños de gotas en micrones si son asperjadas sobre el follaje de las malezas.

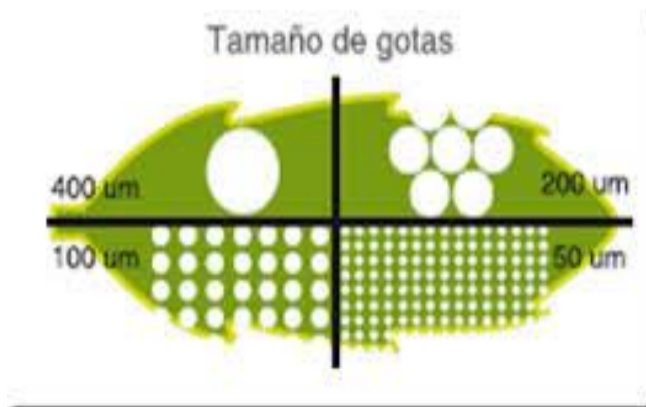


Figura 9. Clasificación de las gotas de acuerdo a su tamaño y su relación con la cobertura de las plantas. (Leiva 2011).

2.2 Tipos de Boquillas.

Como se podrá observar a continuación son muchas las boquillas que se pueden utilizar en la aplicación de herbicidas en la caña de azúcar, esta información ha sido sustraída del manual del fabricante (TEEJET), queda claro que hay otras marcas de boquillas pero también son equivalentes en sus características técnicas con muy poca variación entre ellas. La marca TEEJET, presenta hoy día la mayor variabilidad y disponibilidad en el mercado nacional de la mayoría de las boquillas presentadas en este documento.

2.2.1 Boquillas de chorro plano (TP).

Estas boquillas con bordes decrecientes, de gotas finas (no antideriva) son utilizadas por la mayoría de productores en aplicaciones al voleo. Es la versión estándar, y se pueden encontrar sin código de colores y disponible en diferentes ángulos de pulverización no encontrados en los otros tipos de boquillas como 15°, 25°, 40° y 65°. Como se observa en el Cuadro 3 el tamaño de gotas varía con la descarga y la presión, por ejemplo con la descarga de 02 y 03 a todas las presiones 2 -4 bar el tamaño de gotas son finas (F). A mayor caudal de descarga la mayoría de las gotas son medianas (M).

Cuadro 3.

Tamaño de gotas emitidas por las boquillas TP (estándar) a diferentes presiones de trabajo (Spraying Systems Co.2014).

bar	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
Lbs/psi	30,00	37,50	45,00	52,50	60,00
TP 8002	F	F	F	F	F
TP 8003	F	F	F	F	F
TP 8004	M	M	M	F	F
TP 8005	M	M	M	M	F
TP 8006	M	M	M	M	M
TP 8008	C	M	M	M	M

2.2.2 Boquillas Anti deriva o reductoras de deriva.

Los fabricantes de boquillas en los últimos años han destinado muchos recursos en la producción de boquillas especiales reductoras de la deriva, por presentar gotas de mayor tamaño que las convencionales (TP). Boquillas tales como las Turbo Teejet (TT), por aire inducido (AI), y anti deriva (DG), producen chorros de gotas medianas a gruesas, incluso en las boquillas más pequeñas las cuales son muy apropiadas para lograr obtener una mayor cobertura por unidad de área foliar. A continuación se presentan las características más importantes de las boquillas anti derivas disponibles en el mercado.

2.2.2.1 Boquillas Turbo Floodjet (TF).

Estas boquillas son conocidas como de “inundación”, y producen un patrón de aspersión de abanico plano gran angular como se observa en la Figura 10. Los cambios de presión, afectan más el ancho del patrón de aspersión, que en el caso de las boquillas de abanico plano de amplio espectro. La cobertura es muy uniforme y sobresale en su diseño un pre orificio para producir gotas más grandes para una deriva reducida. Su presentación es en acero inoxidable (VS) y presenta un orificio de salida para reducir posibles obstrucciones. En el Cuadro 4 se presentan los diferentes caudales de estas boquillas, así como el correspondiente tamaño de gota. Como se observa el tamaño de gota en esta boquilla es Ultra Gruesa (UC) a bajas presiones y reduce su tamaño a extremadamente gruesa (XC) al incrementar la presión.



Figura 10. Boquillas TF de diferente caudal y en dos materiales acero y plástico.

Cuadro 4.

Tamaño de gotas producidas por las diferentes boquillas TF a diferentes ámbitos de presión. (Spraying Systems Co.2014).

bar	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
Lbs/psi	15,00	22,50	30,00	37,50	45,00
TF-2	UC	XC	XC	XC	VC
TF-2.5	UC	UC	XC	XC	XC
TF-3	UC	UC	XC	XC	XC
TF-4	UC	UC	UC	XC	XC
TF-5	UC	UC	UC	UC	XC
TF-7.5	UC	UC	UC	UC	XC
TF-10	UC	UC	UC	UC	XC

2.2.2.2 Boquillas TK.

Se les conoce como boquillas deflectoras, de inundación (Figura 11), de baño, o de yunque; y también se conocen por su referencia TK, seguida de un número que va desde 0,5 hasta 5; este número significa también el caudal en décimos de galón por minuto, a una presión de 10 PSI (0,703 kg./cm³). Estas boquillas han sido muy utilizadas en aplicaciones de herbicidas con equipos de aspersión (spray boom), en cultivos y áreas, donde la posibilidad de deriva ha sido alta. En el Cuadro 5 se presenta el tamaño de las gotas producidas por estas boquillas. Su aspersión produce un abanico plano, con un ángulo de salida amplio, y un chorro, de trayectoria recta que golpea una pared que lo desvía en dirección casi perpendicular. Especialmente, este tipo de boquillas se utilizan para aplicar herbicidas pre o post emergentes, con bomba de espalda, tractor, y eventualmente con avión, a presiones bajas, máximo 30 PSI. El tamaño de gota es más diverso respecto a otras boquillas antideriva donde dependiendo de la descarga y la presión los tamaños de gota varían entre finas (F) medias (M) y gruesas (C).



Figura 11 .Boquillas TK en presentación de acero y plástico.

Cuadro 5.
Tamaño de gotas producidas por las boquillas TK a diferentes presiones de trabajo.
(Spraying Systems Co.2014).

bar	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
Lbs/psi	15,00	22,50	30,00	37,50	45,00
TK VP1	M	F	F	F	F
TK VP2	M	F	F	F	F
TK VP3	C	M	F	F	F
TK VP4	C	M	M	F	F
TK VP5	C	M	M	F	F
TK VP7.5	VC	C	C	C	C
TK VP10	VC	C	C	C	C

2.2.2.3 Boquillas de Inducción de Aire (AI).

Las boquillas de aire inducido (AI) tienen dos orificios, el primero conocido como pre orificio, y su función principal es el de introducir aire hacia el interior de la boquilla con el objetivo de que este se mezcle con el agua; el segundo orificio, conocido como orificio de salida, es mayor que el pre orificio, y es el que forma el patrón de aspersión.

El mezclado del aire y el agua, crea un patrón de aspersión con el aire incluido a bajas presiones, provocando un patrón de aspersión, formado por gotas gruesas, grandes y llenas de aire, pocas gotas susceptibles a la deriva.

Las boquillas de abanico plano con pre-orificio, reducen la presión de trabajo internamente y producen gotas más grandes que las boquillas de abanico plano convencionales. En el Cuadro 6 se presentan el tamaño de las gotas emitidas por este tipo de boquillas, se observa al igual que las otras boquillas la reducción en el tamaño de gota al incrementar la presión pasando de ultra gruesas (UC) a extremadamente gruesas (XC). Sin embargo es importante indicar que estas boquillas soportan presiones mayores manteniendo el mismo tamaño de gotas. Por otra parte el incremento en la descarga tampoco afecta el tamaño de gotas.



Figura 11. Boquillas AI de inducción de aire con diferentes caudales. (Spraying Systems Co.2014).

Cuadro 6.

Tamaño de las gotas, producidas por las diferentes boquillas de Inducción (AI) a diferentes presiones de trabajo. (Spraying Systems Co.2014).

bar	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Lbs/psi	30,00	37,50	45,00	52,50	60,00	67,50	75,00
AI 11002	UC	XC	XC	XC	XC	VC	VC
AI 11003	UC	UC	XC	XC	XC	XC	VC
AI11004	UC	UC	XC	XC	XC	XC	VC
AI11005	UC	UC	XC	XC	XC	XC	VC
AI11006	UC	UC	XC	XC	XC	XC	XC
AI11008	UC	UC	UC	XC	XC	XC	XC
AI11010	UC	UC	UC	XC	XC	XC	XC

2.2.2.4 Boquillas Turbo Tee Jet Inducción (TTI).

Estas boquillas, se caracterizan por presentar un chorro plano, por aire inducido, de bordes decrecientes y gran angular de 110 °. Está basada, en el diseño patentado de orificio de salida de la boquilla Turbo Teejet original. El orificio lateral, proporciona conductos redondos y grandes, para reducir las obstrucciones al mínimo. Según el plaguicida utilizado, estas boquillas producen gotas grandes y rellenas de aire, mediante el uso de un aspirador Venturi que dispone, resultando en una deriva menor.

Están fabricadas en polímero, lo que brinda un menor costo y una resistencia excelente a los efectos de los productos agroquímicos y al desgaste. En el Cuadro 7 se presenta el tamaño de las gotas emitidas por este tipo de boquillas. Como se observa esta boquilla presenta el mayor tamaño de gotas y con pocos cambios en estas por causa de incremento en la presión y el caudal.



Figura 12. Boquillas TTI de plástico y en diferentes caudales. (Spraying Systems Co.2014).

Cuadro 7.
Tamaño de las gotas producidas por las boquillas TTI a diferentes presiones de trabajo.
(Spraying Systems Co.2014).

bar	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Lbs/psi	15,00	22,50	30,00	37,50	45,00	52,50	60,00	67,5	75,00
TTI 11002	UC	UC	UC	UC	UC	UC	XC	XC	XC
TTI 11003	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UC	XC
TTI 11004	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UC	XC
TTI 11005	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UC	XC
TTI 11006	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UC	XC

2.2.2.5 Boquillas DG.

Estas boquillas, similares en su diseño a las boquillas tradicionales o estándar presentan un pre orificio especial, que permite producir gotas más grandes y menos propensas a la deriva. El chorro plano de bordes decrecientes, proporciona una cobertura uniforme cuando los perfiles de las boquillas adyacentes se traslapan en aplicaciones al voleo. El tamaño de las gotas asperjadas por estas boquillas se presenta en el Cuadro 8, donde se observa que el tamaño de gotas se mantiene entre gotas gruesas y medianamente gruesas en su gran mayoría.



Figura 13. Boquillas antideriva DG de diferente caudal (Spraying Systems Co.2014).

Cuadro 8.
Tamaño de las gotas producidas por las boquillas DG a diferentes presiones de trabajo.
(Spraying Systems Co.2014).

bar	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
Lbs/psi	30,00	37,50	45,00	52,50	60,00
DG 8002	C	M	M	M	F
DG 8003	C	M	M	M	M
DG 8004	C	C	M	M	M
DG 8005	C	C	C	M	M
DG 11002	C	M	M	M	F
DG 11003	C	M	M	M	M
DG 11004	C	C	M	M	M
DG 11005	C	C	C	M	M

2.2.2.6 Boquillas Air Induction Turbo Twinjet AI TT J60.

Estas boquillas son ideales para la pulverización al voleo, presentan dos orificios de salida los cuales producen dos chorros de abanico plano de 110° con aire inducido lo que le da un tamaño de gotas suficientemente grande para evitar la deriva. Uno de los chorros se dirige al suelo en ángulo de 90° y el otro chorro en ángulo de 45°, lo que viene a brindar una mayor penetración en la maleza presente que sirve de efecto sombrilla sobre las malezas más pequeñas. Como se observa en el Cuadro 9 el rango de presión recomendado es de 1,5 a 6 bar (20 a 75 PSI). El tamaño de gota varía entre ultra gruesa (UC) a muy bajas presiones, extremadamente grandes (XC) a medias presiones y a muy altas presiones dichas gotas reducen su tamaño a gotas muy gruesas (VC) y gruesas (C). Esta boquilla a pesar de ser muy similar a la Turbo Tee Jet Inducción (TTI), presenta posiblemente por los dos chorros un tamaño de gota inferior.



Figura 14. Boquillas antideriva Turbo Twinjet de diferente caudal (Spraying Systems Co.2014).

Cuadro 9.

Tamaño de las gotas producidas por las boquillas DG a diferentes presiones de trabajo. (Spraying Systems Co.2014).

bar	1,50	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00
Lbs/psi	22,50	30,00	45,00	60,00	75,00	75,00
AITTJ6011002	XC	VC	VC	C	C	C
AITTJ6011003	UC	XC	VC	VC	C	C
AITTJ6011004	UC	XC	VC	VC	C	C
AITTJ6011005	UC	XC	XC	VC	C	C
AITTJ6011006	UC	XC	XC	VC	C	C
AITTJ6011008	UC	UC	XC	XC	VC	VC

2.4 Recomendaciones de uso de las boquillas.

No todas las boquillas mencionadas en este documento son aptas para utilizarse en los diferentes ambientes destinados para las aplicaciones de los herbicidas. Si la condición es de incorporarse en el suelo, como pre emergente habrá boquillas más apropiadas para obtener de acuerdo a la recomendación del fabricante una mayor eficiencia en la persistencia, distribución y finalmente un mejor control de las malezas a combatir. Por otro lado si la aplicación es de herbicidas de contacto o sistémicos, se recomendarán aquellas boquillas con la condición de excelentes o muy buena, como se observa en el Cuadro 10. Por ejemplo, si un herbicida es de contacto es importante que el tamaño de las gotas sean pequeñas para lograr la mayor cobertura posible, porque si el tamaño de gota aumenta, dicha cobertura baja y con ello el efecto esperado. Sin embargo, el manejo de la deriva por parte de la boquilla también influye fuertemente en su elección, si hay presencia de brisa se debe buscar cobertura por excelencia en la deriva.



Cuadro 10.
Utilización correcta de las boquillas de acuerdo a las condiciones de aplicación de los herbicidas (Spraying Systems Co.2014).

Boquillas		Presión PSI o Bar	Incorporado	Pre emergencia	Post emergencia		Manejo deriva
Tipo	Descripción				Contacto	Sistémica	
XR	chorro plano amplio espectro	Mayor a 30 Psi o 2 bares			Excelente	Buena	Buena
XR	chorro plano amplio espectro	Menor a 30 Psi o 2 bares	Buena	Buena	Buena	Muy Buena	Muy buena
DG	Chorro plano antideriva	30 a 60 Psi o 2 a 4 bares	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Muy buena
AI	Chorro plano aire inducido	30 a 115 Psi o 2 a 8 bares	Muy buena	Muy buena	Buena	Excelente	Excelente
TTI	Gran angular chorro plano	15 a 100 Psi o 1 a 7 bares	Excelente	Excelente		Excelente	Excelente
AI TTJ60	Doble chorro plano aire inducido	20 a 90 Psi o 1,5 a 6 bares	Muy buena	Muy buena	Buena	Excelente	Excelente
TTJ60	Doble chorro plano	20 a 90 Psi o 1,5 a 6 bares	Buena	Buena	Excelente	Excelente	Muy bueno
TTJ60	Doble chorro plano	Menor a 30 Psi o 2 bares	Muy buena	Muy buena	Muy Buena	Excelente	Excelente
TF	Gran angular de inundación	10 a 40 Psi o 1 a 3 bares	Excelente	Excelente		Muy Buena	Excelente
DGTJ60	Doble chorro plano Antideriva	30 a 60 Psi o 2 a 4 bares	Muy buena	Muy buena	Muy bueno	Excelente	Muy bueno

2.5 Material y vida útil Boquillas.

La presión de los equipos de aplicación y los productos utilizados dependiendo de sus formulaciones, causan daño a las boquillas incrementando con el uso el diámetro del orificio de salida y con ello deformándolo y causando serias distorsiones en la cortina de agua aplicada. De acuerdo al material con que fue fabricada la boquilla, así de rápido pierde su vida útil, las boquillas de cerámica son las de más larga vida tienen(600 horas) como se observa en el Cuadro 11, y las de menor vida útil son las boquillas de bronce con 100 horas, seguidas con las de nylon con 200 horas y finalmente las de acero con 300 horas, para tener una idea de la duración de las boquillas de acuerdo con la descarga por minuto se fijó cuantos estañones o barriles de 200 litros son necesarios para cumplir con la vida útil de cada boquilla

En el Cuadro 12 y bajo los mismos parámetros se determinó económicamente lo que representa las diferencias entre el costo de las boquillas de acuerdo al material y la duración de las mismas los costos por hora de trabajo hasta cumplir la vida útil no son tan diferentes entre sí.

Cuadro 11.

Relación entre el material de la boquilla y su vida útil en horas de trabajo de diferentes boquillas de aspersión.

Boquilla	Material	Descarga minuto	Litros	Estañones 200 L	Horas
80 02	Bronze	0,75	4500	22	100
80 02	Nilon	0,75	9000	45	200
80 02	Acero	0,75	18000	90	300
80 02	Cerámica	0,75	27000	135	600
TQ 150 04	Acero	1,44	34400	172	300
AI 110 02	Acero	0,75	18000	90	300
AI 110 03	Acero	1,07	25680	128	300

Cuadro 12.

Relación entre el material de la boquilla y su costo en horas de trabajo de diferentes boquillas de aspersión.

Tipo Boquilla	Material	costo (dólares)	vida útil (horas)	Costo / hora / \$
AI	Acero	15,89	300	0,05
TTI	Nylon	9	200	0,05
TQ	Acero	19,65	300	0,06
DG	Acero	11,55	300	0,03
XR	Acero	6,4	300	0,02
DG TJ	Acero	17,65	300	0,06
TJ	Acero	14,45	300	0,05
TT	Nylon	4,5	200	0,02
TF	Acero	15,75	300	0,05
TP	Bronze	4,97	100	0,05

III. Relaciones importantes.

Como se mencionó la cobertura está condicionada por dos factores que son, el tamaño y el número de gotas sobre un área determinada. A la vez estos dos factores se encuentran íntimamente relacionados con otros factores que juegan un papel protagónico en una aplicación de plaguicidas, el más importante de ellos como se observa en la Figura 15, es el caudal de agua asperjado por las boquillas utilizadas, las cuales influyen directamente sobre este.

Otro factor determinante y muy ligado a las boquillas es la presión de trabajo ejercida al equipo de aplicación (boquillas) y si esta varía, aumentara o disminuirá en forma directa el caudal de aplicación. También muy relacionados con el tipo de boquilla principalmente por el ángulo de la misma se encuentra la altura de aspersión, la cual modificara en forma significativa el caudal y la cobertura final. A continuación se explicara más en detalle estas relaciones.

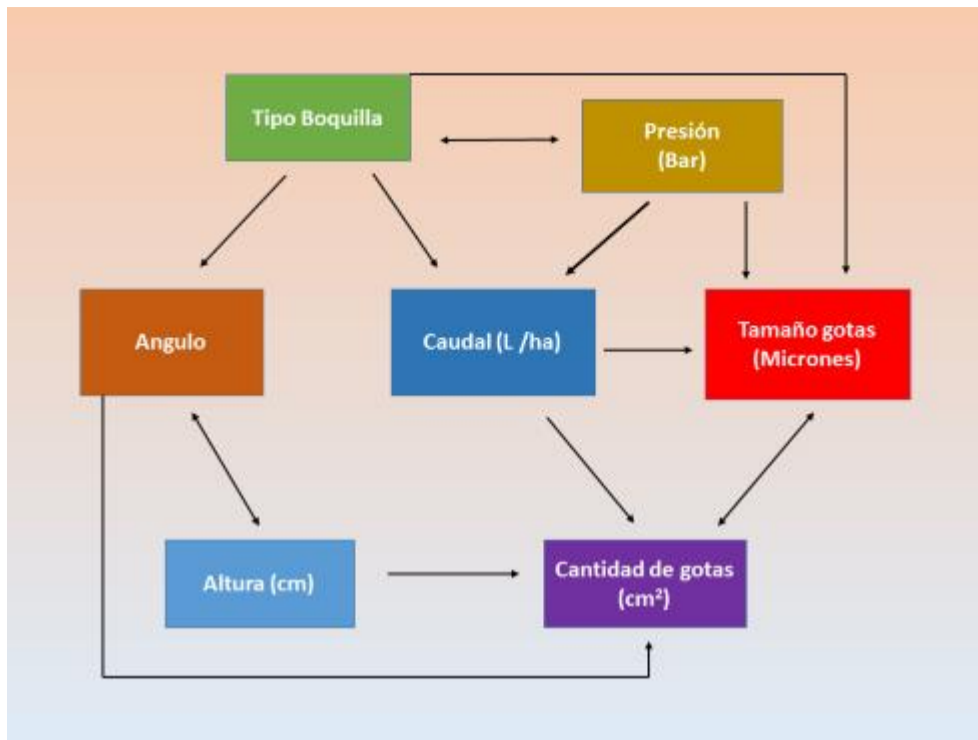


Figura 15. Factores interrelacionados determinantes de la cobertura del herbicida en el campo.

3.1 Relación boquilla /caudal.

Todas las boquillas están diseñadas para descargar diferentes caudales a una determinada presión de trabajo, como se observó en el capítulo anterior, está dado en galones por minuto y el fabricante identifica las boquillas con un color como se observa en la Figura 16, donde los números de cada color indica los galones por minuto de descarga de cada boquilla a una presión de 40 psi (3 bar). Por ejemplo el color amarillo significa que las boquillas de ese color descargan 0,2 galones por minuto.

El caudal se incrementa con el uso de las boquillas, por lo que las mismas se deben desechar una vez alcanzado su vida útil, también es recomendable periódicamente estar calibrando dicha descarga con el fin de ajustar la dosis del plaguicida en el campo.

01	025	05	10
015	03	06	15
02	04	08	20

Figura 16. Código de colores de las boquillas de acuerdo a la descarga (Galones /minuto) (Spraying Systems Co.2014).

3.2 Relación boquilla /presión/caudal.

La presión recomendada en forma general es de 40 psi, sin embargo esta se puede modificar de acuerdo al tipo de boquilla y al material de fabricación de la misma. Ineludiblemente un incremento o disminución de la presión del equipo cambiará el caudal de descarga y también la cobertura como se observa en la (Figura 17). No es recomendable para obtener una mayor descarga incrementar la presión ya que la mayor descarga de agua se puede lograr cambiando la boquilla, por ejemplo si se dispone de una boquilla 02 se puede cambiar a 03 o 04.

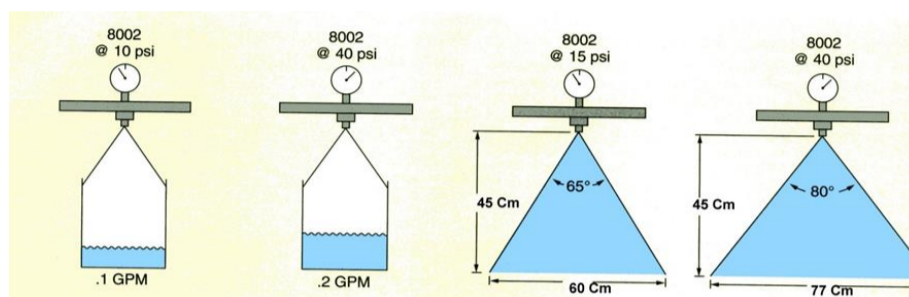


Figura 17. Variación en la descarga y cobertura al cambiar la presión de trabajo en una boquilla 8002. (Spraying Systems Co. 2014).

Cuadro 13.

Presión recomendada para cada tipo de boquilla (Spraying Systems Co. 2014).

Tipo Boquilla	Presión Recomendada	
	Psi	Bar
Turbo Teejet (TT)	15 - 90	1 - 6
AI Teejet (AI)	30 - 115	2 - 8
XR Teejet (XR)	15 - 60	1 - 4
TP teejet (TP)	30 - 60	2 - 4
DG teejet (DG)	30 - 60	2 - 4
Twinjet (TJ 60)	30 - 60	2 - 4
Turbo Floopjet (TF)	10 - 40	0,7 - 3
TQ teejet (TQ 150)	20 - 60	1,5 - 4

En todo caso, es preciso disponer, cuando hay que variar el caudal de descarga por hectárea, de varios juegos de boquilla diferentes, y tener claro que variando la presión exclusivamente no es posible obtener el gasto de agua por hectárea y el tipo de cobertura deseado.

Cuadro 14.

Descarga de agua en litros por minuto a diferentes presiones de trabajo por las boquillas de chorro plano para la aplicación de herbicidas (Spraying Systems Co.2014).

Tipo Boquilla		Presión Bar	Descarga L / minuto
		2	0,65
TP	65 02	2,5	0,72
TP,DG	80 02	3	0,79
TP,DG,AI,TTI	110 02	3,5	0,85
		4	0,91
		2	0,96
TP	65 03	2,5	1,08
TP,DG	80 03	3	1,18
TP,DG,AI,TTI	110 03	3,5	1,27
		4	1,36
		2	1,29
TP	65 04	2,5	1,44
TP,DG	80 04	3	1,58
TP,DG,AI,TTI	110 04	3,5	1,71
		4	1,82
		2	1,61
TP	65 05	2,5	1,8
TP,DG	80 05	3	1,97
TP,DG,AI,TTI	110 05	3,5	2,13
		4	2,27
		2	1,94
TP	65 06	2,5	2,16
TP,DG	80 06	3	2,37
TP,DG,AI,TTI	110 06	3,5	2,56
		4	2,74

Cuadro 15.

Descarga de agua en litros por minuto a diferentes presiones de trabajo por las boquillas granangulares de chorro plano. (Spraying Systems Co.2014).

Boquilla	Presión Bar	Descarga L / minuto	Boquilla	Presión Bar	Descarga L / minuto
	1	0,68			
	1,5	0,83		1	0,91
TK 1.5	2	0,96		1,5	1,11
	3	1,18		2	1,29
	1	0,91	TF 2	2,5	1,44
	1,5	1,11		3	1,58
TK 2	2	1,29		1	1,14
	3	1,58		1,5	1,4
	1	1,14		2	1,61
	1,5	1,4	TF 2.5	2,5	1,8
TK 2.5	2	1,61		3	1,97
	3	1,97		1	1,37
	1	1,37		1,5	1,68
	1,5	1,68	TF 3	2	1,94
TK 3	2	1,94		2,5	2,17
	3	2,37		3	2,37
	1	1,82		1	1,37
	1,5	2,23		1,5	1,68
TK 4	2	2,57		2	1,94
	3	3,15		2,5	2,17
	1	2,28		3	2,37
	1,5	2,79			
TK 5	2	3,22			
	3	3,95			

3.3 Relación boquilla/tamaño de gota.

En esta relación nuevamente se hace referencia al tamaño de las gotas, las cuales fueron presentadas con menor detalle en el Cuadro 2.

Las boquillas son fabricadas para proporcionar de acuerdo a su orificio de salida un tamaño de gota el cual puede variar en un rango de tamaños donde la presión ejercida juega un papel muy importante. Existen las boquillas denominadas antideriva, las cuales emiten un tamaño de gota mayor y más homogéneo para evitar además de que estas gotas sean arrastradas por el viento.

En la Figura 18 se presentan los tamaños de gotas emitidos por diferentes boquillas antideriva, a una misma presión, observándose que entre ellas hay claras diferencias y por lo tanto muy convenientes al momento de elegir cual utilizar en función de las condiciones imperantes de campo y el tipo de herbicida que se va a aplicar. Es importante recordar que a mayor tamaño de gota se tendrá una menor cobertura.

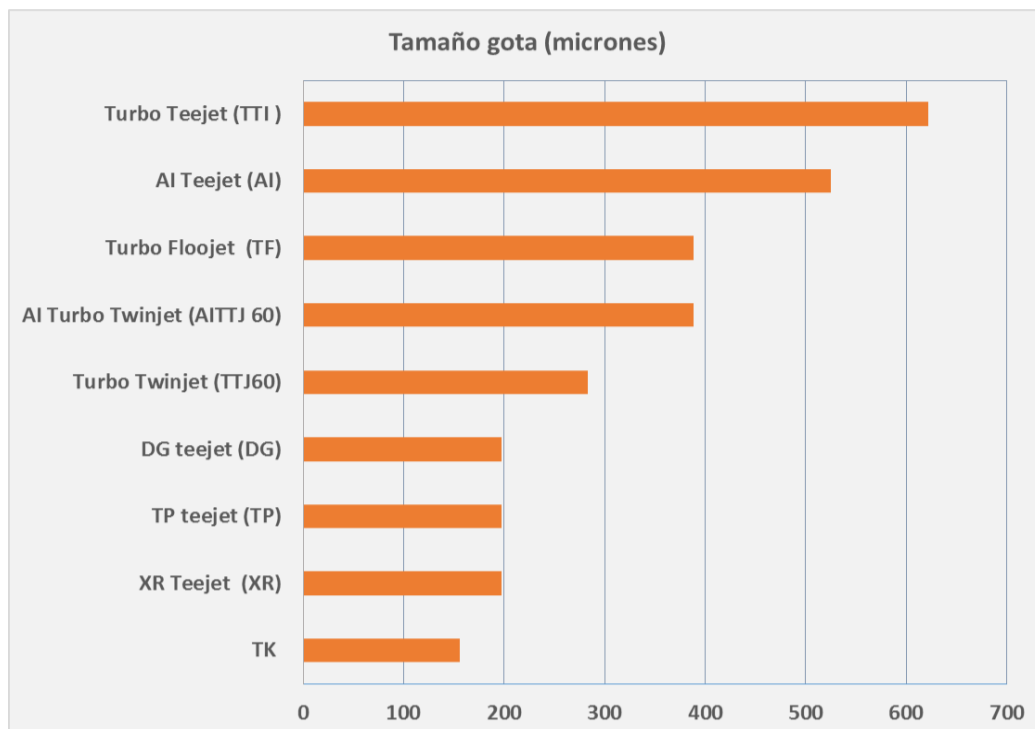


Figura 18. Tamaño de gotas emitidos por diferentes boquillas antideriva, asperjadas por una presión de 40 Psi fuente: (Spraying Systems Co.2014).

3.4 Relación boquilla /ángulo/altura.

Al igual que la descarga proporcionada por cada boquilla, el ángulo de la cortina de agua emitida por las mismas cambia independiente del caudal.

Los ángulos de las boquillas llamadas de chorro plano se presentan en el Cuadro 16 donde se observa que estos varían entre 65° , 80° y 110° . También existen las boquillas denominadas granangulares, las cuales están diseñadas para lograr una mayor cobertura principalmente en aplicaciones con herbicidas pre emergentes. El ángulo de aplicación se ve afectado directamente por la altura de la boquilla respecto al objetivo, por lo tanto si se desea mantener una buena cobertura (cantidad de gotas por cm^2), se debe ajustar de acuerdo a la altura necesaria y la separación entre las boquillas si estas se encuentran en una barra de aspersión.

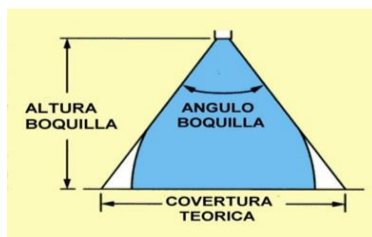

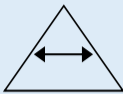

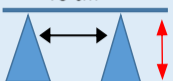



Figura 19. Relación entre ángulo y altura de la boquilla respecto a la franja de cobertura (Spraying Systems Co.2014).

Cuadro 16.

Alturas mínimas y separación entre las boquillas de acuerdo al ángulo de aspersión. (Spraying Systems Co.2014).

Boquilla	Angulo	Altura (cm) mínima de aspersión al voleo		
		50 cm	75 cm	100 cm
				
TP , TJ	65	75 - 90	100	No se Recomienda
TP,XR,DX,DG,TJ,AI,XRC	80	60 - 75	80	No se Recomienda
TP,XR,DG,TT,TTI,TJ,AI,AITJ60,AIXR,AIC	110	40 - 50	60	No se Recomienda
Fulljet	120	40*	60*	75*
Floodjet:TK,TF,K,QCK,QCTF,1/4TTJ	120	60*	75*	100*

* Afectada por angulo u orientación

La cantidad de gotas por unidad de área (cobertura) variará con la altura de las boquillas y con el tipo de boquilla, es por ello que el fabricante recomienda las alturas mínimas de aspersión de acuerdo al ángulo de la boquilla. Como se observa en el Cuadro 16, a menor ángulo se permite una mayor altura y viceversa, ya que de lo contrario se estaría incurriendo en una menor o mayor concentración de las gotas y con ello sobre- dosificando o subdosificando la dosis del herbicida.

En una evaluación con diferentes boquillas a presión de 2 bar (30 Psi) y velocidad constante (1 km/hora), se encontraron diferencias entre algunas boquillas al cambiar la altura de aspersión. Las columnas expresadas en litros /ha referente a cobertura y área, significan el caudal medido por las gotas caídas en un papel (peso gotas /cm²) y el caudal calculado por la descarga y el área cubierta a la velocidad de aplicación.

Los resultados presentes en el Cuadro 17, indican que todas las boquillas evaluadas fueron iguales en cuanto a la capacidad de descarga (0.2 galones /minuto), pero con diferente tamaño de gota inducido por el tipo de boquilla y las diferentes alturas de aspersión evaluadas.

En concordancia con esto, la boquilla TP 6502 se recomienda para una altura entre 75 y 100 cm, sin embargo la altura más concordante entre ambas coberturas se encuentra en los 100 cm de altura. Por su parte las boquillas de ángulo 80°, la altura de 75 cm parece ser la más conveniente y las boquillas de ángulo 110° pareciera que en general mantienen una mejor coberturas a diferente alturas del objetivo.

Cuadro 17.

Diferencias del caudal (L/ha), medido en la cobertura (cantidad de gotas /cm²) y por el área cubierta por diferentes boquillas a tres alturas del objetivo. (autor).

BOQUILLA	ALTURA	Cobertura	Area
		L/ha	L/ha
DG 80 02	50 cm	507,05	628,21
DG 80 02	75 cm	407,87	418,80
DG 80 02	100 cm	327,01	347,52
AI TT 110 02	50 cm	253,53	418,80
AI TT 110 02	75 cm	242,50	347,52
AI TT 110 02	100 cm	231,48	284,88
AI 110 02	50 cm	374,78	418,80
AI 110 02	75 cm	231,48	347,52
AI 110 02	100 cm	231,48	284,88
AI 80 02	50 cm	282,92	628,21
AI 80 02	75 cm	385,81	418,80
AI 80 02	100 cm	286,60	347,52
TP 65 02	50 cm	716,49	790,32
TP 65 02	75 cm	710,98	480,39
TP 65 02	100 cm	429,89	392,00

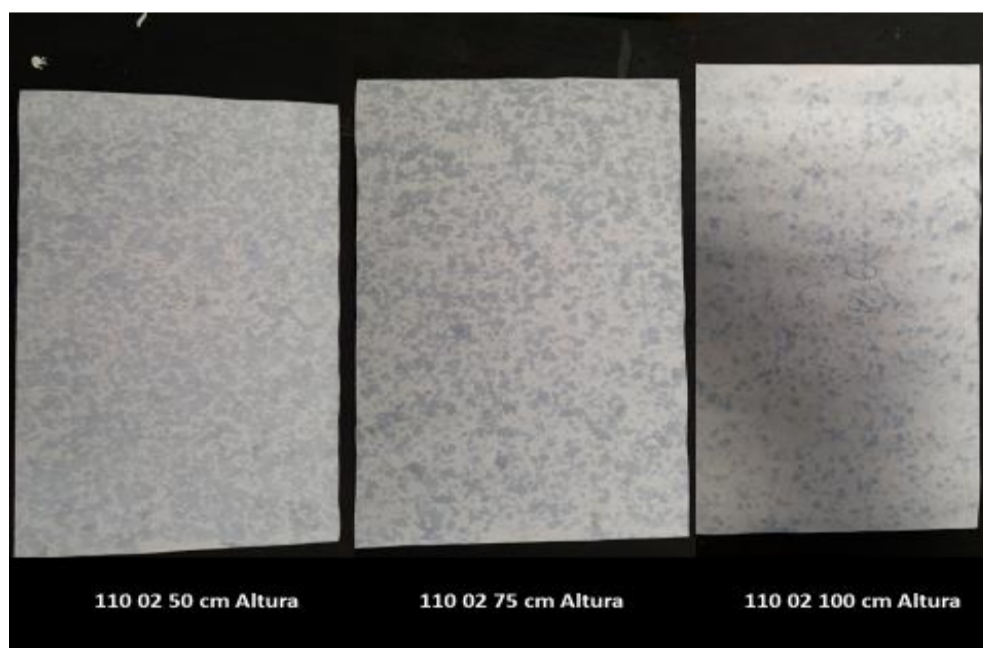


Figura 20. Distribución de las gotas asperjadas sobre papel por la boquilla AI 110 02 a diferentes alturas. (Presión y velocidad constante) (autor).

En la Figura 20 se observa la distribución de las gotas asperjadas por una misma boquilla a diferentes alturas, manteniendo constante la presión y la velocidad de aplicación, resulta evidente como al aumentar la altura se da una tendencia a disminuir la cobertura evidenciándose entre las gotas más espacios en blanco.

En el Cuadro 18 se presenta la cobertura teórica, que es el área que cubre la boquilla a diferentes alturas y diferentes ángulos de aplicación, con base en esta cobertura teórica se dosifica el equipo una vez que se calibre el mismo.

Cuadro 18.
Coberturas teóricas obtenidas por la relación entre el ángulo de boquilla y diferentes alturas de aspersión. (Spraying Systems Co.2014).

	Cobertura teórica a diversas alturas en cm								
Angulo Boquilla	30	40	50	60	70	80	90	100	110
40	21,8	29,1	36,4	43,7	51	58,2	65,5	72,8	80,1
65	38,2	51	63,7	76,5	89,2	102	115	128	140,8
80	50,4	67,1	83,9	101	118	134	151	168	185
90	60	80	100	120	140	160	180	100	120
95	65,5	87,3	109	131	153	175	196	217	238
110	85,7	114	143	171	200	229	257	285	307

3.5 Relación presión / tamaño de gota.

La presión es determinante sobre el tamaño de las gotas de una boquilla, ya que al aumentar la presión las gotas se harán más pequeñas y viceversa, por ello aunque el potencial de deriva disminuye por el uso de gotas de mayor tamaño, el número de gotas que se forman puede afectar la uniformidad en la cobertura. Para compensar esto y lograr que el herbicida sea efectivo, es necesario trabajar dentro del rango de presión óptimo recomendado en el Cuadro 13. (Spraying Systems Co.2014).

Sin embargo debe quedar claro que la presión no es directamente proporcional al caudal, ya que para duplicar este, hay que multiplicar por 4 la presión, cosa que habitualmente no es posible lograr ya que las boquillas salen de su rango de trabajo adecuado, en lo que a presión se refiere y, además, porque la presión sería excesiva para los componentes del circuito hidráulico.

Otro efecto a considerar sobre las boquillas de abanico plano, es que al aumentar la presión aumenta el ángulo de pulverización y viceversa, tal como se observó en la Figura 17.

En el Cuadro 19 se presenta el resultado de incrementar al doble la presión de trabajo de diferentes boquillas, observándose que la cantidad de gotas menores a 200 micras se incrementa con la presión a excepción de la boquilla gran angular TF, la cual no se vio afectada por el incremento en la presión gracias a su alta capacidad de descarga de agua.

Cuadro 19.

Incremento en la cantidad de gotas inferiores a 200 micras por diferentes boquillas al aumentar la presión de trabajo (Spraying Systems Co.2014).

Tipo Boquilla (1,16 L Min caudal)	Porcentaje del volumen de líquido pulverizado en gotas inferiores a 200 micrones	
	Presión 1,5 Bar	Presión 3 Bar
XR teejet 110	14%	34%
XR teejet 80	2%	23%
DG teejet 110	< 1%	20%
DG teejet 80	< 1%	16%
TT Turbo Teejet	< 1%	12%
TF Turbo Floyet	< 1%	< 1%

3.6. Relación caudal/cobertura

Como se observó en la Figura 15, el caudal o la descarga es el factor más afectado por los diferentes factores involucrados en la aspersión como, el tipo de boquilla, la presión y la velocidad de aplicación. Las consecuencias directas de **disminuir el caudal, sin modificar el tamaño de las gotas (Boquilla y presión), lo que se obtendrá será una menor cobertura y por lo tanto una menor dosificación.**

Para aumentar la cobertura es necesario, o bien disminuir el tamaño de las gotas, manteniendo constante el caudal de campo o por el contrario incrementar este último conservando el mismo tamaño de gota. En el siguiente Cuadro 20 se observa cómo al aumenta la cantidad de gotas /cm² para un mismo tamaño de gota se debe incrementar el caudal (L/ha) y también con el incremento en el **tamaño** de las gotas se disminuye necesariamente el **número** de gotas por unidad de área.

Cuadro 20.

Características técnicas del espectro de pulverización de una pastilla 8003, de rango extendido. (Leiva 2011).

Volumen de aspersión [lt/ha]			
Diámetro de gota	47	94	178
[μ]	---- gotas / cm ² ----		
200	112	223	446
300	33	66	133
400	14	28	56
500	7	14	29

En el Cuadro 21, se muestra cuál sería el volumen a aplicar por hectárea, si se deseara una cobertura constante de 50 gotas por centímetro cuadrado e incrementando el tamaño de las gotas. **En conclusión a mayor tamaño de gotas, se debe aumentar el caudal paulatinamente para mantener constante la cobertura.**

Si se desea por motivos de deriva incrementar el tamaño de gota (All o TTI) se debe aumentar el caudal de descarga incrementando la presión de trabajo, con esto reducirá el tamaño de las gotas y mejorara la cobertura. Si es necesario incrementar más el volumen de aplicación también se recomienda reducir la velocidad de aplicación, además de conveniente por la deriva.

Cuadro 21.

Incremento en el tamaño de las gotas y volumen de descarga manteniendo la cantidad de 50 gotas por cm² (CID 2014).

Tamaño gota (micras)	Volumen necesario L/ha
60	0,56
80	1,34
100	2,62
150	8,83
200	20,94
250	40,91
300	70,69
400	167,55
500	322,25

Las consecuencias de no modificar el caudal respecto a la cobertura, se puede observar en la Figura 21, donde se asperjó con boquillas de diferente tamaño de gotas con 3 caudales diferentes sobre papel hidrosensible, del resultado se obtuvo que la mayor cobertura se logró con el mayor caudal (125 L/ha) y gotas finas y por el contrario la misma disminuyó al incrementar el tamaño de las gotas sin aumentar el caudal de descarga.

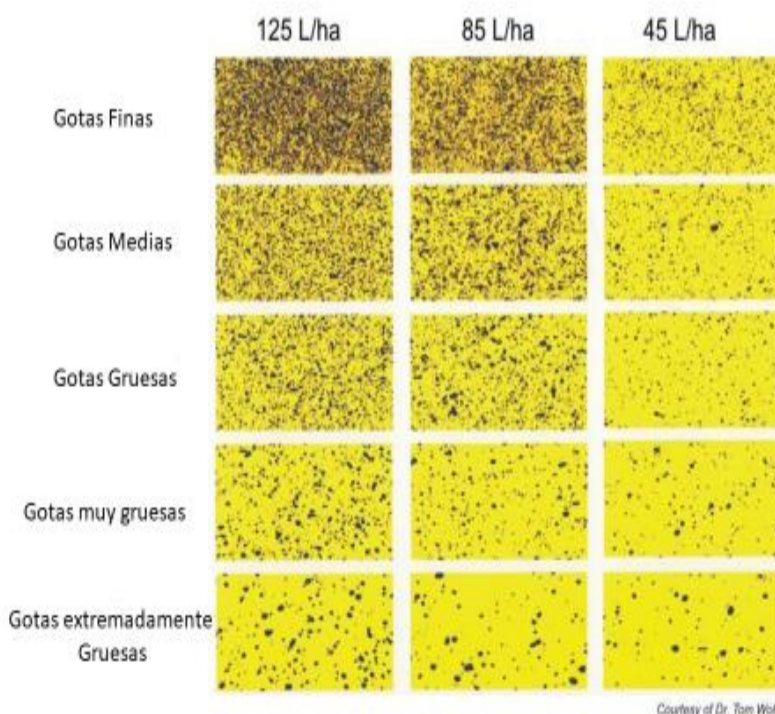


Figura 21. Distribución en cantidad y tamaño de las gotas asperjadas sobre papel sensible con diferente caudal Fuente: <http://sprayers101.ca/nozzle-choice/venturi-nozzles/>

En la Figura 22 se presenta el resultado de la variación de la cobertura ejercido por dos boquillas con diferente tamaño de gota a diferentes caudales. La boquilla AI110 03 presenta un mayor tamaño de gota que la boquilla XR 110 03, como se observa. Cuando se le reduce a cada boquilla el caudal de 250 L a 125 L/ ha, la cobertura paulatinamente también disminuye al igual que el caso anterior.

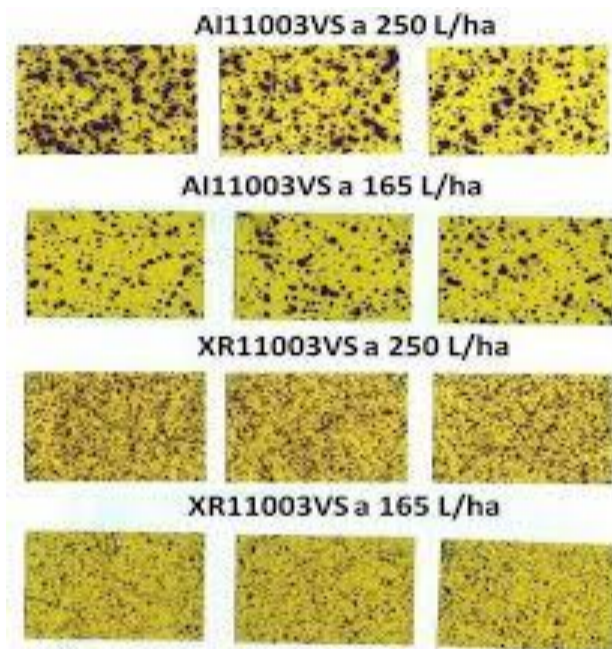


Figura 22. Cobertura lograda por dos tipos de boquillas y dos caudales asperjadas sobre papel hidrosensibles. (Barrios 2010).

3.7. Relación Tamaño de gotas/cantidad gotas (cm²).

Al hablar de cobertura por unidad de área, se debe tomar en cuenta que existe una estrecha relación entre el tamaño y el número de las gotas, como se ha mencionado a mayor tamaño de las gotas menor deberá ser el número estas, una forma de hacerlo sería bajar la altura de la boquilla.

En teoría y a modo de ejemplo si se lograra mantener constante el volumen de descarga de un equipo a un 1 litro de agua por hectárea, se obtendría como se observa en el Cuadro 22, que en la medida en que se aumenta el tamaño de las gotas menor será la cobertura lograda, porque el número de gotas se reducirá significativamente a falta de incrementar en la misma proporción el volumen de descarga.



Cuadro 22.

Numero de gotas por cm² con diferentes tamaños de gotas en micrones aplicados con un volumen de 1 L /ha (CASAL 2017).

Tamaño gota (micras)	Numero gotas /cm ²
10	19099
20	2387
50	153
100	19
200	2,4
400	0,298
1000	0,019

3.8. Relación velocidad de aplicación/caudal.

Como se indicó anteriormente el caudal depende de muchos factores entre los que sobresalen el tipo de boquilla, presión y en un equipo de aplicación el número de boquillas y la altura del objetivo, sin embargo hay un factor muy determinante sobre el caudal y es la velocidad de aplicación. En los Cuadros 23 y 24, se presentan los caudales asperjados por diferentes tamaños de equipos (600 y 800 L) y equipados con boquillas 80 y 110 de ángulo y diferentes caudales.

Cuadro 24.

Caudal por hectárea asperjado por dos equipos de aplicación equipado con diferentes boquillas de abanico 80 y velocidades de avance.

boquilla 80				Velocidad del tractor								Km / h
				4	5	6	7	8	9	10	12	
Spray	Boquillas	Lt / 30 seg	# boquillas	1,11	1,38	1,66	1,94	2,22	2,5	2,77	3,33	mts / seg
jacto 600 L y 12 metros	0,2	0,4	24	180,18	144,93	120,48	103,09	90,09	80,00	72,20	60,06	Lts /ha
jacto 600 L y 12 metros	0,3	0,6	24	270,27	217,39	180,72	154,64	135,14	120,00	108,30	90,09	Lts /ha
jacto 600 L y 12 metros	0,4	0,8	24	360,36	289,86	240,96	206,19	180,18	160,00	144,40	120,12	Lts /ha
jacto 600 L y 12 metros	0,6	1,2	24	540,54	434,78	361,45	309,28	270,27	240,00	216,61	180,18	Lts /ha
Has / hora				4,80	5,96	7,17	8,38	9,59	10,80	11,97	14,39	
Jacto 800 L y 16 mts	0,2	0,4	32	240,24	193,24	160,64	137,46	120,12	106,67	96,27	80,08	Lts /ha
Jacto 800 L y 16 mts	0,3	0,6	32	360,36	289,86	240,96	206,19	180,18	160,00	144,40	120,12	Lts /ha
Jacto 800 L y 16 mts	0,4	0,8	32	480,48	386,47	321,29	274,91	240,24	213,33	192,54	160,16	Lts /ha
Jacto 800 L y 16 mts	0,6	1,2	32	720,72	579,71	481,93	412,37	360,36	320,00	288,81	240,24	Lts /ha
Has / hora				6,39	7,95	9,56	11,17	12,79	14,40	15,96	19,18	

IV Sobre cobertura.

4.1. Traslape o Solapado de boquillas.

El traslape es la franja de aplicación que es cubierta por dos boquillas a la vez si lo que se utiliza es un spray boom o si la aplicación es con aspersora manual con dos pases de la misma boquilla sobre el área aplicada. (Figura 23).

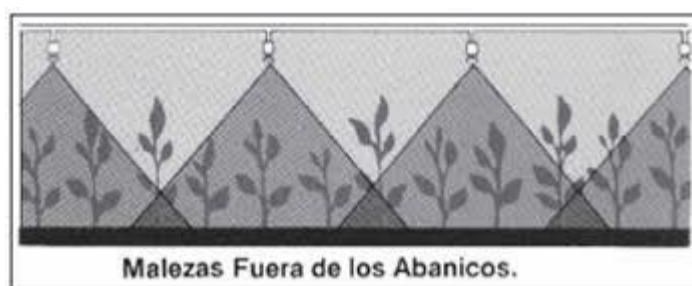


Figura 23 Traslape de boquillas en una aplicación con spray boom de tractor.

El traslape de boquillas es necesario para que no queden franjas sin aplicación, aunque pareciera que en la franja traslapada la dosis se duplica, en realidad esto no ocurre si se utilizan boquillas de aspersión al voleo (no de franjas), estas boquillas el área asperjada presenta una forma oblicua como se observa en la Figura 24 por lo que la cantidad de producto en los bordes se reduce precisamente para que con el traslape el cual no debe ser superior a 15 o 20 cm se compense, quedando la dosificación igual en los bordes que en el centro de la franja de aplicación.



Figura 24.Formación del área aplicada por una boquilla de aplicación al voleo (Spraying Systems Co.2014).

Es importante indicar que cuando se desee realizar aplicaciones en banda, por ejemplo solo en la franja de cultivo y no en el entresurco o viceversa, como en la caña de azúcar, se debe utilizar boquillas especiales para aplicación en bandas con la característica de que el ancho de la franja de aplicación es igual en todo el abanico, como se observa en la Figura 25. Estas boquillas son idénticas a las disponibles para aplicación al voleo y tienen el mismo nombre se diferencian porque utilizan la terminación **EVEN**.

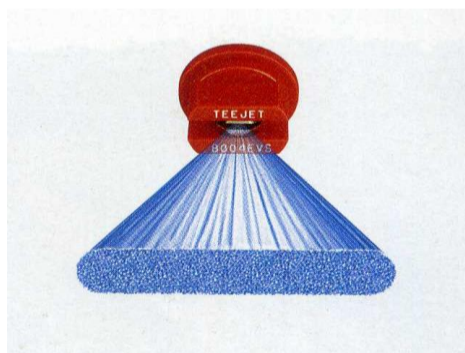


Figura 25.Formación del área aplicada por una boquilla de aplicación en bandas (Spraying Systems Co.2014).

Como se observa en la Figura 26 el traslape varía por el tipo de boquilla (ángulo de aspersión), por la altura y por la distancia entre las mismas.

Si no se desea incrementar el área de traslape y con ello la cobertura y dosificación, estos factores debe ser ajustados entre si hasta lograr el traslape recomendado.

La altura de la barra de pulverización o altura de la boquilla respecto al objetivo depende de varios factores a considerar como son, la altura de la maleza, el cultivo y las condiciones atmosféricas; en días de calma puede levantarse más la barra, mientras que si hay condiciones ventosas (de todas formas no apropiadas) se debe cambiar de boquilla (antideriva) y bajar la barra para evitar el arrastre de las gotas y la mala distribución del herbicida. Dependiendo de la altura de la barra y la boquilla empleada se deberá ajustar la separación de las mismas para evitar un sobre traslape o por el contrario áreas o franjas sin aplicar o sub dosificadas. Las recomendaciones sobre alturas y separación de boquillas se mostró en el Cuadro 16.

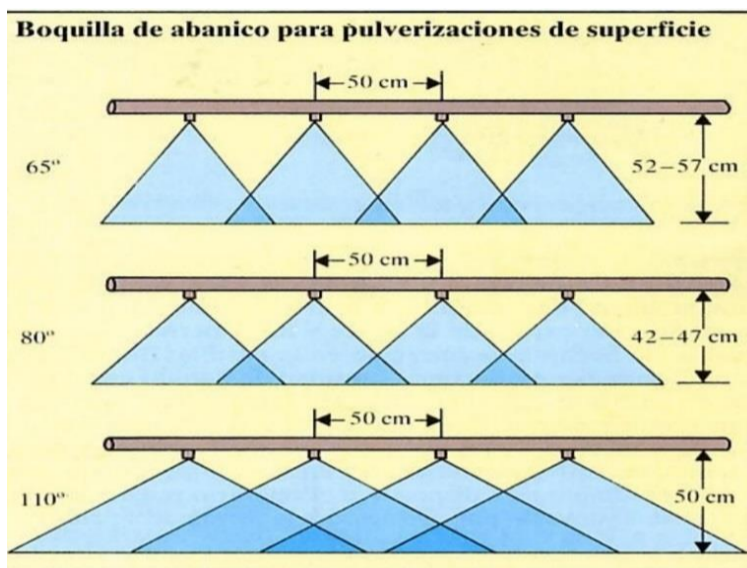


Figura 26. Variación del traslape ejercido por diferentes ángulos, alturas y distancia entre las boquillas de un spray boom. (Spraying Systems Co.2014).

En la Figura 27 se presenta como se amplía o se reduce el traslape a diferentes alturas si no se cambia la distancia entre las boquillas. Como se observa a la altura A no hay traslape (mojado simple) y si hubiera presencia de malezas de cierto tamaño entre los abanicos no serían mojados por el herbicida. Si la altura se incrementa al doble (altura B) se tendría entonces un traslape excesivo en diferentes partes del terreno.

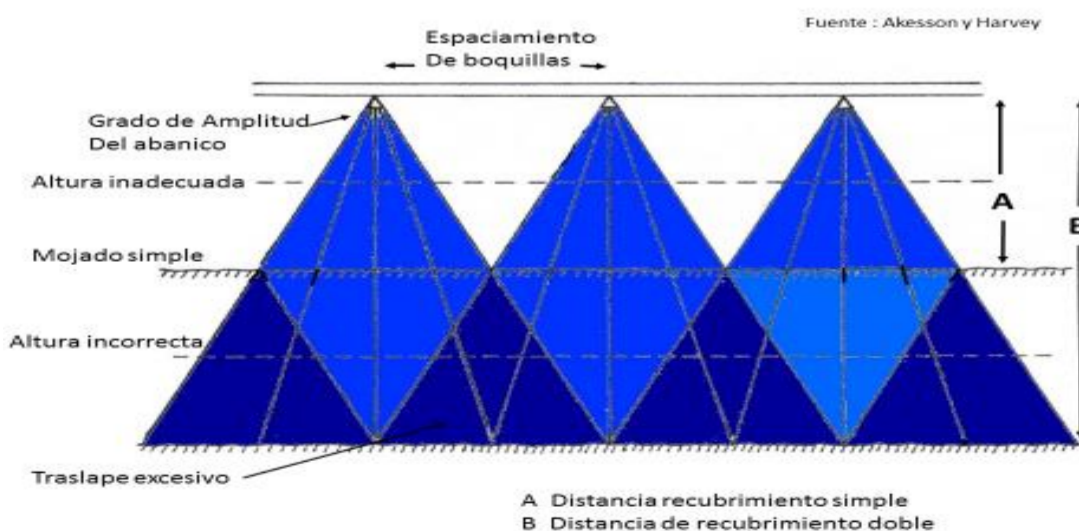


Figura 27 .Diferentes condiciones del traslape a diferentes alturas de aplicación por 3 boquillas sin modificar su separación.

Si se dispone sobre una barra de aspersión boquillas de diferente ángulo o con daños, obstrucciones o desviadas en exceso, como consecuencia se tendrá un mal traslape como se presenta en la siguiente Figura 28. Estas condiciones no se deben dar o corregir de inmediato si no se desea tener fallas en las aplicaciones.

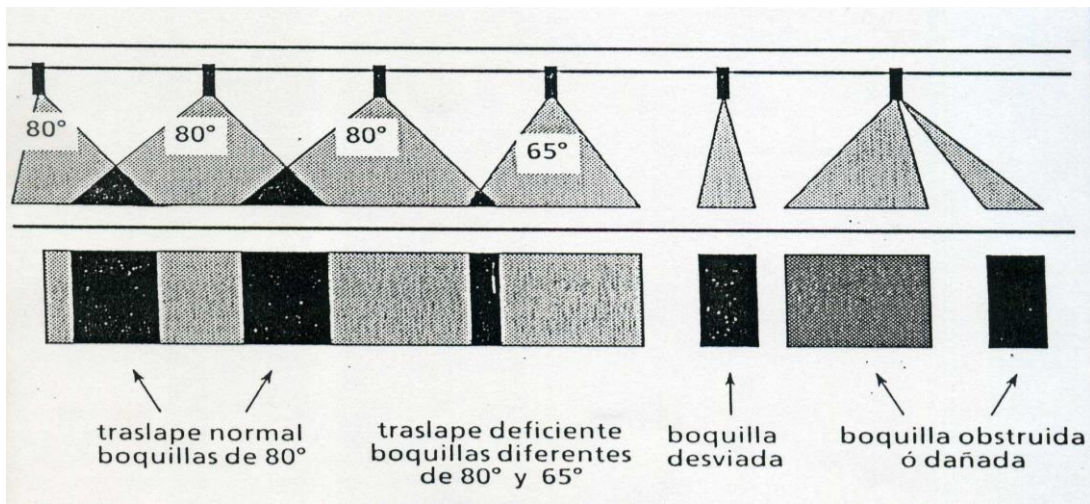


Figura 28. Diferentes condiciones del traslape ejercido por diferentes boquillas a una misma altura y distribución de una barra de aspersión. Fuente: (MAG .CAMARA DE INSUMOS AGROPECUARIOS. 1991).

Por lo general cuando el equipo de aplicación presenta fallas estructurales (cables, poleas, soportes, etc.) se presentan como en la Figura 29 una inclinación de la barra hacia el extremo en vez de mantenerse totalmente horizontal, esta situación traerá consecuencias en forma directa sobre el traslape el cual se reducirá hacia el extremo, reduciéndose hasta que se presente una franja sin aplicación. Como se observa en la figura dependiendo del ángulo de la boquilla utilizada la franja cada vez será más grande.

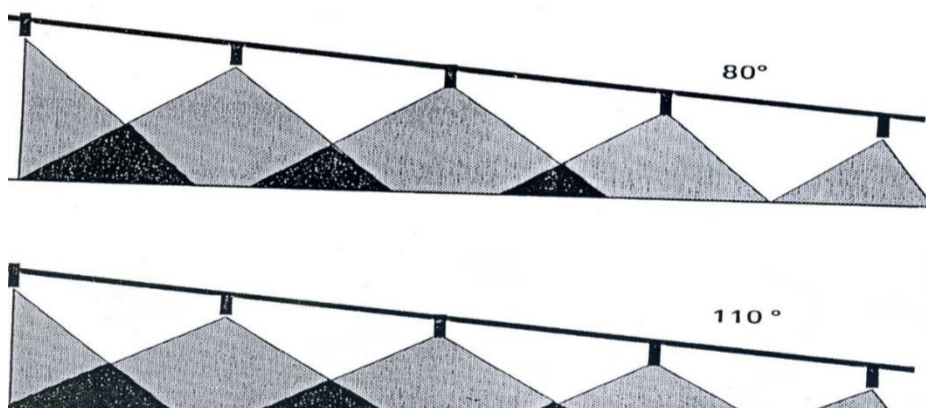


Figura 29. Condiciones del traslape en dos tipos de boquillas cuando la barra de aspersión no mantiene su altura adecuada. Fuente:(MAG .CAMARA DE INSUMOS AGROPECUARIOS. 1991).

Dependiendo del tamaño de las gotas y la presión, por lo general en el área traslapada por las boquillas, se forma cierta turbulencia que provoca sobre todo en aplicaciones de post emergencia, escurrimiento en las hojas de la maleza aplicada, por este motivo es recomendable orientar el ángulo de la boquilla en posición respecto a la barra de tiro en unos 10 grados como se presenta en la Figura 30.

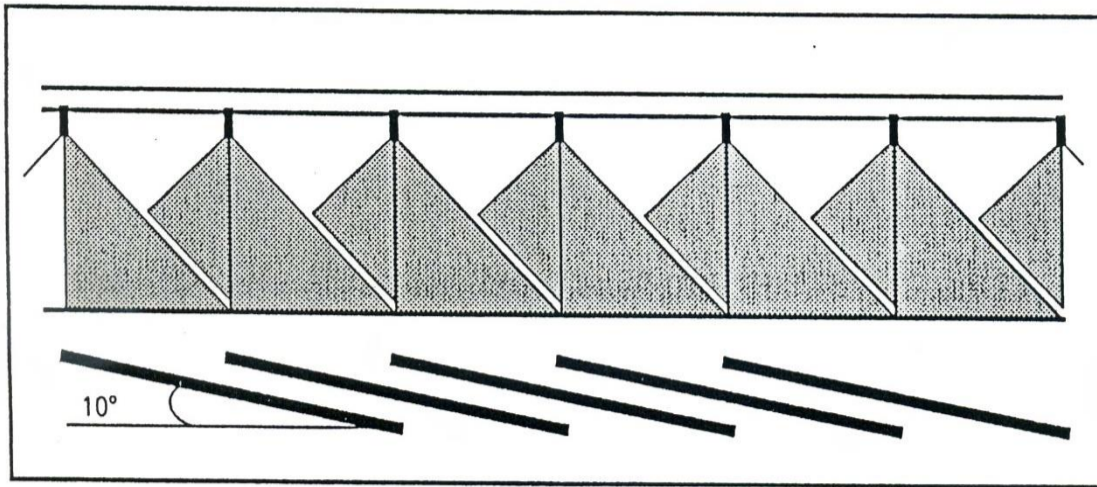


Figura 30. Forma adecuada de la orientación de las boquillas para evitar turbulencia en la zona de traslape. (MAG.CAMARA DE INSUMOS AGROPECUARIOS. 1991).

V Conclusiones.

- Los herbicidas sólo pueden ser eficaces si se aplican correctamente., esto significa en primer lugar la selección de la boquilla de pulverización, para que esta sea la apropiada, se debe tomar en cuenta, las condiciones ambientales, las malezas presentes, los herbicidas a aplicar y el equipo disponible.
- La cobertura esperada estará en función de la boquilla seleccionada, del caudal, de la velocidad de aplicación y de la altura de las boquillas respecto al objetivo.
- El caudal dependerá de la presión del equipo y el tipo de boquilla.
- La cobertura se mide por el tamaño de las gotas y el número de gotas por unidad de área.
- A mayor tamaño de gotas se disminuye la cobertura y a menor tamaño se incrementa.
- A mayor cantidad de gotas por unidad de área se incrementa la cobertura.
- Para mantener la cobertura si se incrementa el tamaño de las gotas se debe aumentar el caudal.
- Disminuir el caudal, sin modificar el tamaño de las gotas (Boquilla y presión), lo que se obtendrá será una menor cobertura y por lo tanto una menor dosificación.
- Para aumentar la cobertura es necesario, o bien disminuir el tamaño de las gotas, manteniendo constante el caudal de campo o por el contrario incrementar este último conservando el mismo tamaño de gota
- A mayor tamaño de gotas, se debe aumentar el caudal paulatinamente para mantener constante la cobertura.
- Este proceso de optimizar la cobertura como se nota es complejo, debido a la gran cantidad de variables que intervienen en el mismo y las cuales hay que sincronizar adecuadamente para lograr la eficiencia y racionalidad necesarias para tener éxito en la aplicación de los herbicidas.

VI Literatura consultada

BARRIOS, E, E. 2010. Efectividad de las boquillas de abanico plano de amplio espectro y por aire inducido en la eficacia de glifosato y paraquat. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo .Zamorano Honduras. Consultado en: [bdigital.zamorano.edu/ bitstram /11](http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11).

CASAL, G, A .2007.Pulverización o aplicación .Dosis modo de acción y prevención de deriva. Elementos fundamentales para el buen uso de Fitoterápidos. Jornadas de Actualización. Sociedad Rural de Tucumán. Argentina. Consultado en www.insuagro.com.ar/wp .

CASELEY, J, C; PARKER, C.1996.Manejo de Malezas para Países en Desarrollo CID, R; CID, R. 2014. Aplicación Eficiente de Fitosanitarios Cap. 6.Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria INTA. Centro de Investigaciones de Agroindustria, Ingeniería Rural. Argentina. Consultado en: [es.scribd.com> document >INTA](http://es.scribd.com/document/INTA).

CID, R. 2014. Aplicación eficiente de fitosanitarios. El Proceso de Pulverización. Cap. 5 Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria INTA. Centro de Investigaciones de Agroindustria, Ingeniería Rural. Argentina.consultado en: <file:///E:/DERIVA%202/AplicacionEficienteFitosanitariosCap5Cid.pdf>.

CID, R; MORIC, C.2011. Manual para agro aplicadores .Uso responsable y eficiente de fitosanitarios .Instituto nacional de tecnología agropecuaria .Centro de investigaciones agropecuarias .Mendoza Rosario, Argentina. Consultado en www.inta.go.ar/ur.

COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. CAMARA DE INSUMOS AGROPECUARIOS. 1991. Equipos y técnicas de aplicación Terrestre. San José. CR.80 pg.

FAO.ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 1996. Roma Italia .Consultado en WWW.fao.org/org/docrep/t1147s/t .

GARAY, J, A.2018. Influencia del tamaño de gota en el recubrimiento foliar. Grupo de Investigación en producción agrícola. EEA .INTA San Luis Argentina. Octubre. Consultado en www.elsemiarido.com/ningun.

LEIVA, P, D. 2011. Pastillas para pulverizaciones agrícolas su correcta selección y uso para una óptima calidad de aplicación. INTA, Pergamino Argentina. Consultado en www.Pregoneroagropecuario.com/cat,php?txt.

MASIÁ, G.2011.Manual para Agroaplicadores. Uso Responsable y Eficiente de Fitosanitarios. Ediciones INTA.1a. ed. - Buenos Aires. Argentina Consultado en: [inta.gob.ar>default>files](http://inta.gob.ar/default>files).

PORRAS, P, A; PORRAS, S, A Tecnología de la Pulverización de Productos fitosanitarios sobre las plantas cultivadas. Universidad de Castilla –La Mancha Albacete, España. UCLM 14 p g .Consultado en: [previa.uclm.es>profesorado](http://previa.uclm.es/profesorado)

SPRAYING SYSTEMS CO.2014. Productos para aspersion Teejet. Guía del Comprador. Catalogo 51 –ES 29.Illinois USA. pg. Consultado en [www.Teejet.com/media/350064/l.ms112%20 user%20.guide](http://www.Teejet.com/media/350064/l.ms112%20user%20guide).

SPRAYING SYSTEMS CO.2014.2004. Guía del usuario de boquillas de pulverización; Wheaton, Illinois 60189-7900 USA.

STAINMASTER. 2016. Sistema de lector de tarjetas hidrosensibles para calibración de pulverizaciones. Consultado en www.stainmaster.com.ar/gento/index.php.

