



GUÍA DE TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN

TeeJet
TECHNOLOGIES

TeeJet® Technologies

TeeJet® Technologies es empresa líder en diseño, fabricación y comercialización de productos de aplicación agrícola de precisión.

Nuestra completa línea de productos incluye sistemas de GPS por barra de luces, sistemas de control de pulverización, controladores/ordenadores ISOBUS, sistemas de piloto automático y otros productos para agricultura de precisión, puntas de pulverización agrícola para aplicaciones diversas, componentes como válvulas/comandos, filtros, pistolas, sensores de velocidad y mucho más. Nuestra empresa y nuestros productos están presentes en las aplicaciones agrícolas desde que los primeros defensivos agrícolas surgieron en el mercado, en los años 1940.

TeeJet® Technologies sigue invirtiendo en investigación y desarrollo para promover el crecimiento de aplicaciones con precisión y tecnología.



Índice

1. Introducción a la tecnología de aplicaciones	
1.1. Introducción	06
1.2. ¿Cuál es el objetivo y dónde se encuentra?	08
1.3. ¿En qué momento del ciclo del cultivo se llevará a cabo la aplicación?	09
1.4. ¿En dónde tendrá lugar la aplicación?	10
1.5. ¿Cuál es la condición climática ideal?	11
1.6. ¿Qué tipo de producto se rociará y cuál es su forma de translocación dentro de la planta?	12
1.7. ¿Qué tipo de equipo se utilizará para realizar la aplicación en su área?	13
1.7.1. ¿Qué importancia tienen los diferentes componentes de un pulverizador en el momento de la aplicación?	14
1.8. ¿Qué modelo de boquilla debo utilizar?	15
1.9. ¿Quién es el fabricante de boquillas y porqué es importante saberlo?	16
2. Comprendiendo la pulverización	
2.1. ¿Cuál es la diferencia entre aplicar y pulverizar?	17
2.2. ¿Cuál es la diferencia entre boquillas y puntas de pulverización?	18
2.3. Nomenclatura de una boquilla de pulverización	20
2.4. Caudal nominal	21
2.5. Sistema VisiFlo®/ ISO color estándar	22
2.6. Materiales de fabricación de boquillas de pulverización	24
2.7. Tipos de boquillas de pulverización	27
2.8. Factores que afectan la distribución	31
2.8.1. Tipo de boquilla de pulverización	33
2.8.2. Patrón de pulverización	34
2.8.3. Superposición de los patrones de pulverización	35
2.8.4. Espacio entre boquillas y altura de la barra	36
2.8.5. Flujo y presión	37
2.8.5.1. Importancia de la precisión en el caudal nominal	38
2.8.6. Ángulo del patrón de pulverización	39
2.8.7. Coeficiente de variación – CV	41
2.8.8. Desgaste de las boquillas de pulverización	43
2.8.9. Punta de Aspersión Dañada	45
2.8.10. Boquillas obstruidas	46
2.8.11. Estado de mantenimiento de los filtros	47
2.8.12. Estabilidad de la barra de pulverización	48
2.8.13. Condiciones climáticas	49
2.8.14. Velocidad de avance y turbulencia resultante	50

3. Características de la pulverización

3.1.	Formación de gotas	51
3.2.	Clasificación de tamaño de gota	54
3.3.	Parámetros de tamaño de gota evaluados	55
3.4.	Relación entre tamaño de gota versus :	57
3.4.1.	Volumen	57
3.4.2.	Presión operacional	58
3.4.3.	Cobertura	59
3.4.4.	Deriva	60
3.4.5.	Penetración	61

4. Deriva

4.1.	Deriva	62
4.2.	Causas de la deriva	64
4.2.1.	Tamaño de gota	65
4.2.2.	Presión operacional	67
4.2.3.	Altura de la barra de pulverización	68
4.2.4.	Velocidad y dirección del viento	70
4.2.5.	Temperatura del aire y humedad relativa	72
4.2.5.1.	Delta T	73
4.2.6.	Inversión Térmica	75
4.2.7.	Flujo de la boquilla de pulverización	78
4.2.8.	Volumen de aplicación	79
4.2.9.	Velocidad operativa	80
4.3.	Problemas de deriva	81

5. Medidas de control de la deriva

5.1.	Altura de la barra de pulverización	84
5.2.	Estabilidad de la barra de pulverización	85
5.3.	Puntas de pulverización reductoras de deriva	86
5.4.	Boquillas de pulverización por inducción de aire Venturi	97
5.5.	Presión de trabajo	90
5.6.	Condiciones climáticas	91
5.7.	Reductores de deriva	92
5.8.	Zona buffer o área protegida	93
5.9.	Normativa europea para el control de la deriva	94

6. Definición del caudal nominal de una boquilla de pulverización

6.1.	Opción 1. Método de cálculo del caudal nominal requerido de una boquilla de pulverización para un volumen de aplicación dado	95
6.2.	Opción 2. Método que utiliza el catálogo de boquillas de pulverización TeeJet Technologies	97
6.3.	Opción 3. Método usando la aplicación SpraySelect	98

Referencias bibliográficas	100
---	------------

Pre Prefacio cio

El ***libro de trabajo de tecnología de aplicación*** de TeeJet® Technologies es educativo e informativo, y proporciona el contenido más relevante y de alta calidad relacionado con la tecnología de aplicación.

En este folleto encontrarás un contenido completo que te ayudará a incrementar tus conocimientos en tecnología de aplicaciones de una manera sencilla, práctica y eficaz, proporcionando una aplicación segura y de alto rendimiento.

1

Introducción a la tecnología de aplicaciones

1.1 Introducción

En las últimas décadas, la agricultura ha evolucionado mucho en términos de:

- Capacidad de producción de nuevas variedades y cultivares que se han lanzado al mercado;
- Moléculas de plaguicidas más efectivas y menos tóxicas para los humanos;
- Mejora en la tecnología de aplicación de plaguicidas agrícolas;
- Nuevos equipos agrícolas que ofrecen mayor rendimiento y seguridad en el momento de la aplicación;
- Boquillas de pulverización con tecnología de reducción de deriva y mejor rendimiento, asegurando que el producto aplicado permanezca en el campo y directamente en el objetivo.

Esta mejora en la tecnología de aplicaciones se debió a una mejor comprensión de la interdisciplinariedad de los factores involucrados, tales como:

- Conocimiento del objetivo y su ubicación;
- El tipo de equipo y componentes de aspersión utilizados;
- El tipo de entorno y condiciones climáticas en las que se realizará esta aplicación;
- El momento correcto de la aplicación;
- El tipo de producto que será aplicado.

La tecnología de aplicación de plaguicidas agrícolas se puede definir como el uso de todo el conocimiento científico que proporcione la correcta colocación del producto biológicamente activo sobre el objetivo en la cantidad necesaria, de forma económica y con la mínima contaminación de otras áreas. (MATUO, 1990).

Para tener éxito en la aplicación, es necesario comprender el proceso en su conjunto y responder algunas preguntas:



¿Cuál es el objetivo y dónde se encuentra?



¿En qué momento del ciclo del cultivo se llevará a cabo esta aplicación?



¿En dónde tendrá lugar la aplicación?



¿Cuál es la condición climática ideal?



¿Qué tipo de producto se rociará y cuál es su forma de translocación dentro de la planta?



¿Qué tipo de equipo usarás para realizar la aplicación en tu región?

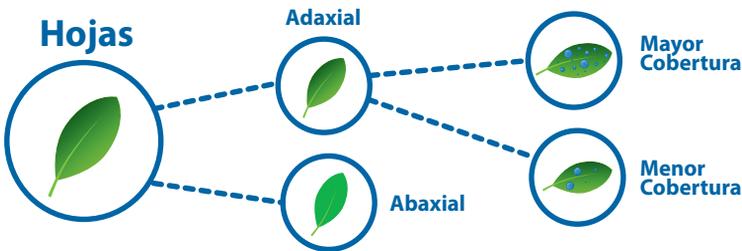
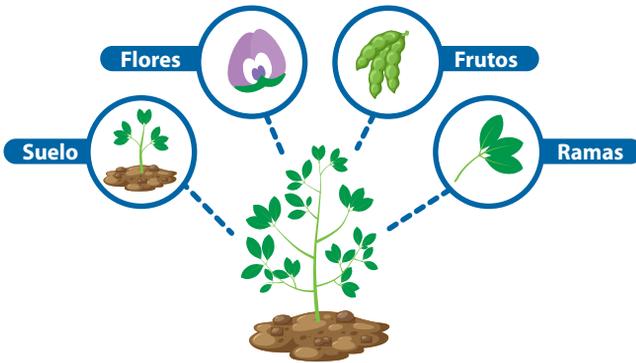


¿Quién es el fabricante de las boquillas y por qué es importante saberlo?



1.2 ¿Cuál es el objetivo y dónde se encuentra?

Para elegir el producto y la tecnología de aplicación más adecuados para el control del objetivo, es importante comprender su ubicación en el campo, ya sea que su objetivo esté en el suelo, flores, frutos, ramas, hojas, en la superficie inferior (abaxial) o superior (adaxial) de una hoja y si necesita más o menos cobertura para controlarla.



1.3

¿En qué momento del ciclo del cultivo se llevará a cabo la aplicación?

Diferentes momentos de aplicación con variación en la cantidad de masa vegetativa en el campo exigen opciones y ajustes en la tecnología ideal para la aplicación. Las áreas con menor cantidad de masa vegetativa (foto de la izquierda) exigen la elección de una boquilla de aspersión que proporcione una cobertura y penetración diferentes en comparación con las áreas con una mayor cantidad de masa vegetativa (foto de la derecha).



Inicio de la temporada de crecimiento: follaje o canopeo abierto.



Fin del ciclo vegetativo y comienzo del ciclo reproductivo: el follaje comienza a cerrarse más, pero aún es posible visualizarlo entre líneas.



Fin del ciclo reproductivo: Follaje completamente cerrado.

1.4 ¿En dónde tendrá lugar la aplicación?

Si la aplicación ocurre cerca de cultivos sensibles, áreas urbanas, ganadería, cuerpos de agua superficiales (ríos, lagos y estanques), entre otros, la preocupación debe duplicarse y se deben tomar algunas precauciones para la máxima seguridad de la aplicación. Por lo tanto, se deben tomar algunas medidas para reducir el potencial de deriva en estos lugares en el momento de la aplicación, como aplicar en condiciones climáticas adecuadas y elegir un modelo de boquilla de pulverización que produzca una menor cantidad de gotas derivables.

Áreas urbanas



Área con cultivo susceptible

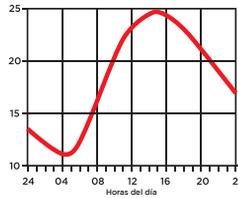


1.5 ¿Cuál es la condición climática ideal?

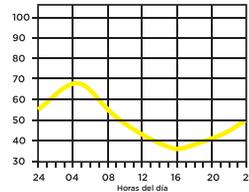
La temperatura, la humedad relativa del aire y la velocidad y dirección del viento son factores climáticos que afectan directamente la calidad de la aplicación de plaguicidas agrícolas. La pulverización, en general, debe realizarse en condiciones donde la temperatura sea inferior a 30°C, la humedad relativa superior al 55% y la velocidad del viento entre 3 y 10 km/h.



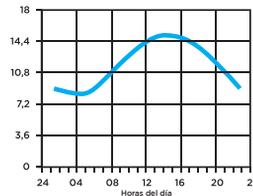
Temperatura < 30°C



Humedad Relativa > 55%



Velocidad del viento entre 3 a 10 km/h



*** Consulte el prospecto del producto fitosanitario para comprobar la especificidad de las condiciones meteorológicas durante la aplicación.**

Como vimos anteriormente, a lo largo del día varían la temperatura, la humedad relativa y la velocidad y dirección del viento. Así, es necesario estar atento a las variaciones en estos factores, optando por aplicar preferentemente dentro de los estándares informados anteriormente, brindando así una mayor calidad y seguridad en las aplicaciones de plaguicidas agrícolas.

1.6

¿Qué tipo de producto se aplicará y cuál es su forma de translocación dentro de la planta?

Las diferentes clases de productos: fungicidas, insecticidas y herbicidas, dependiendo de la forma de translocación dentro de la planta, determinarán cuál debe ser la cobertura mínima del producto en el momento de la aplicación, para que el objetivo sea efectivamente controlado. Los productos de contacto, es decir, los productos que no se translocan dentro de la planta, necesitan más cobertura que los productos sistémicos.

Así, la siguiente imagen nos orienta sobre la necesidad de cobertura del objetivo, mediante un análisis del número de gotas encontradas por cm^2 pulverizado. Este es un indicador importante para comprender si el volumen de aplicación utilizado combinado con la boquilla de pulverización y el rango de presión seleccionados, proporcionan la cantidad mínima de gotas (cobertura) para que la aplicación sea efectiva.

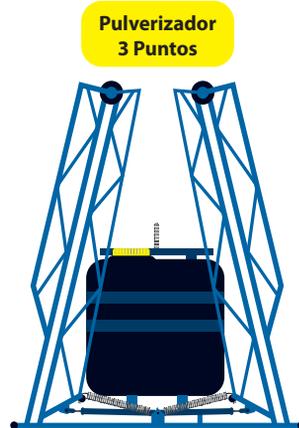
Objetivo	Producto	Gotas cm^2	Tamaño de gotas
	Herbicida pre-emergente	20 a 30	
	Herbicida post-emergente sistémico	20 a 30	
	Herbicida post-emergente contacto	30 a 40	
	Insecticida sistémico	20 a 30	
	Insecticida contacto	50 a 70	
	Fungicida sistémico	50 a 70	
	Fungicida contacto	> 70	

Fuente: Syngenta

1.7

¿Qué tipo de equipo se utilizará para realizar la aplicación en su zona?

Cada fabricante de maquinaria agrícola dispone de varios modelos de pulverizadores, los cuales tienen diferentes configuraciones que, en general, deben ser ajustadas y calibradas para las diferentes condiciones de aplicación.



1.7.1

¿Qué importancia tienen los diferentes componentes de un pulverizador en el momento de la aplicación?

Un circuito de pulverización tiene varios componentes, como boquillas para el lavado de tanques, agitadores para homogeneizar la mezcla en el tanque, válvulas de cierre manual o eléctrico, válvula de alivio de presión, válvula de regulación eléctrica, caudalímetro y / o sensor de presión, filtros, puntas de pulverización y tapas para fijar y sellar las puntas mientras se pulveriza.

Se debe conocer cada uno de estos componentes del circuito y estar en excelentes condiciones de trabajo para promover un alto rendimiento al pulverizar. Las puntas de pulverización merecen mayor atención entre todos los componentes, por ser responsables de la producción y distribución de gotas del caldo con agroquímicos para ser aplicadas en el momento de la pulverización (MATUO, 2001).

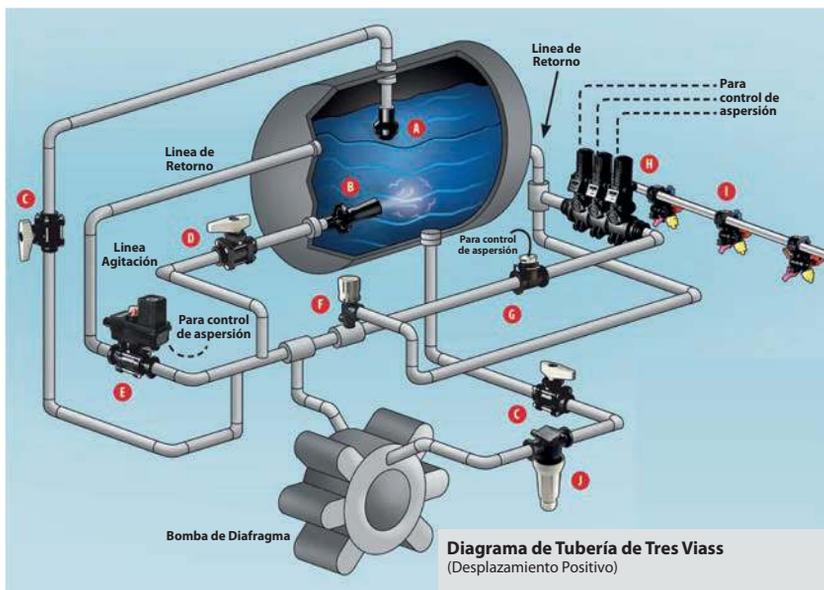


Diagrama de Tubería de Tres Vías
(Desplazamiento Positivo)

- A - Boquilla lavadora de tanque
- B - Boquilla eductora
- C - Válvula de Cierre Manual
- D - Válvula de Estrangulación
- E - Válvula de Cierre Eléctrico
- F - Válvula de Alivio de Presión
- G - Caudalímetro
- H - Comando Manifold de 3 Vías
- I - Cuerpo de Boquilla y puntas de pulverización
- J - Filtro de Línea

1.8 ¿Qué modelo de boquilla debo utilizar?

Cada boquilla de pulverización está cuidadosamente diseñada para proporcionar un rendimiento adecuado según el producto, el modo y el momento de pulverización. La elección incorrecta o el uso inadecuado de una boquilla de pulverización puede llevar a la necesidad de una nueva aplicación, a una productividad reducida o incluso a un problema de contaminación ambiental y / o de cultivos vecinos.

El modelo de boquilla de pulverización que se seleccione determinará:

- La cantidad de pesticida aplicado en el área;
- La uniformidad de aplicación a lo largo del área tratada;
- La cobertura del producto aplicado sobre el objetivo;
- El potencial de pérdidas por deriva.

Dependiendo del modelo de boquilla de pulverización y su caudal, es necesario elegir la malla de filtro compatible para la boquilla.



Gotas
Finas

Gotas
Gruesas

Mallas de
filtros de boquilla



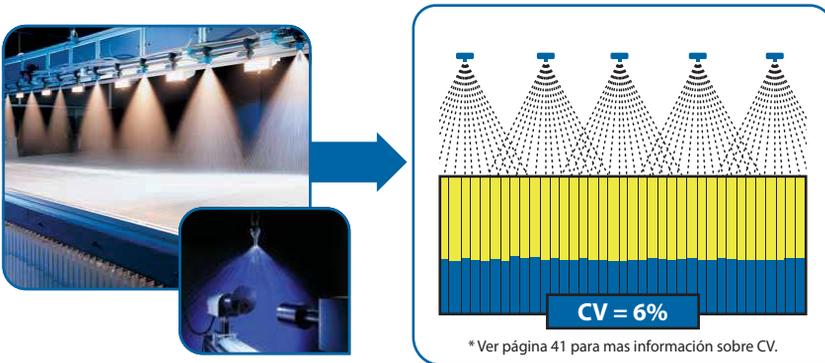
1.9

¿Quién es el fabricante de las boquillas y por qué es importante saberlo?

La elección correcta del fabricante de la boquilla de pulverización dará como resultado el máximo rendimiento durante las aplicaciones con la mayor seguridad.

Los fabricantes de boquillas de pulverización de alta calidad deben tener la experiencia, el conocimiento y el compromiso para producir boquillas de pulverización que exhiban una excelente repetibilidad a una tasa de flujo nominal y una distribución en el rango tratado.

Las boquillas de pulverización TeeJet® Technologies están diseñadas y fabricadas con precisión para realizar una aplicación con el máximo rendimiento, calidad y seguridad, cumpliendo con los más altos requisitos exigidos por los institutos internacionales más reconocidos.



Alemania



Reino Unido



Francia



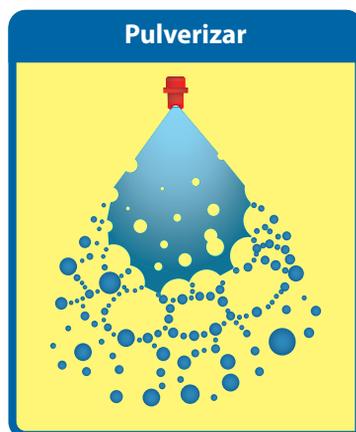
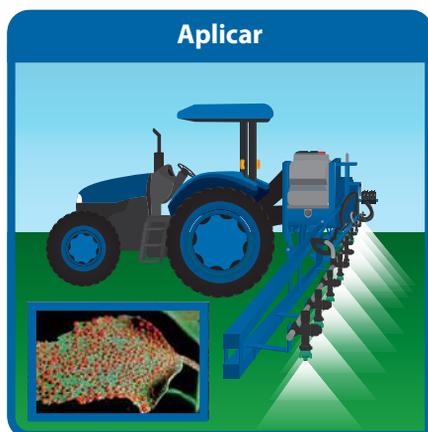
Estados Unidos



2.1 ¿Cuál es la diferencia entre aplicar y pulverizar?

Aplicar – consiste en el uso de técnicas adecuadas para colocar el producto activo en el objetivo.

Pulverizar – consiste en la fragmentación de un líquido atomizado en gotas, sin que necesariamente tenga la función de dar en el blanco.



2.2

¿Cuál es la diferencia entre boquillas y puntas de pulverización?

Tanto las boquillas de pulverización como las puntas de pulverización tienen un papel muy similar en su función: pulverizar.

La principal diferencia entre la boquilla y la punta de pulverización es la forma en que se unen a la tapa.

Las boquillas de pulverización deben tener una rosca para conectarse directamente a la tapa, teniendo pocas partes en su composición.

Una punta de pulverización cuenta con una base con bridas que encaja en la tapa, lo que permite un montaje más rápido en comparación con una boquilla.

Boquilla de pulverización



Boquilla
pulverización
TeeJet



Tapa

Punta de pulverización



Juego de
Tapa Quick
TeeJet y anillo
de sellado



Punta de
pulverización
TT con base
bridada

Una punta de pulverización no funciona por sí sola y debe ser parte de un conjunto de boquilla, que se compone de:



Funciones de la punta de pulverización:

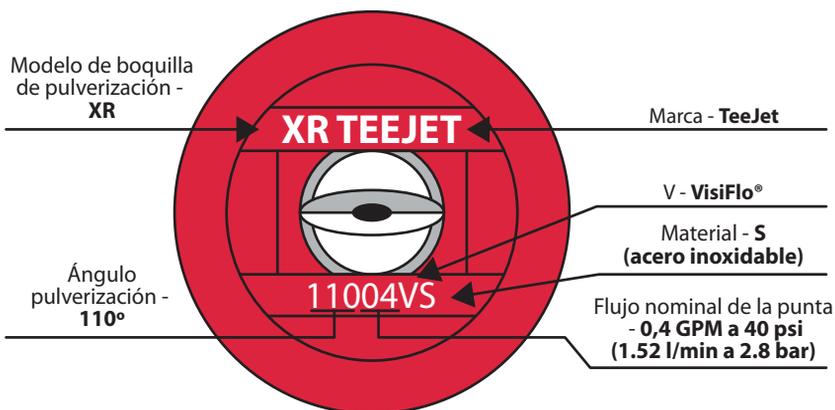
- Determinar el flujo (cantidad);
- Producir gotas de tamaños determinados (calidad);
- Proporcionar la distribución del líquido pulverizado (calidad).



2.3 Nomenclatura de una boquilla de pulverización

La mayoría de las boquillas de pulverización de TeeJet® Technologies están marcadas con:

- El modelo de punta;
- La marca;
- Una secuencia de dos a tres números que representan el ángulo de pulverización (generalmente 80° o 110°);
- El valor numérico de 2 a 3 números que representa el flujo nominal de la punta en galones estadounidenses por minuto - GPM - (015, 02, 03, etc);
- En algunos casos, justo después del caudal nominal se imprime la letra "V", que indica que la punta está clasificada dentro del sistema VisiFlo®;
- Una última letra que representa el tipo de material de fabricación de la boquilla, siendo las más comunes: P - polímero, K - cerámica y S - acero inoxidable.



2.4 Caudal nominal

El caudal nominal de una boquilla de pulverización está determinado por el volumen pulverizado por esa boquilla en una unidad de tiempo determinada, cuando se opera a una presión de 2.8 bar (o 40 psi) con agua a 21°C. El valor de la tasa de flujo nominal impreso en las puntas de pulverización se representa en galones estadounidenses por minuto (GPM).



2.5 Sistema VisiFlo® / ISO color estándar

Sistema de color, en el que cada color representa el caudal nominal de una boquilla de pulverización a una presión de 2.8 bar. El sistema VisiFlo® fue desarrollado por TeeJet® Technologies en 1985 y rápidamente se convirtió en un sistema de clasificación estándar en la industria de producción de boquillas de pulverización agrícola, así como en la norma internacional ISO 10625.

Tabla adaptada de la norma ISO 10625



Flujo de la punta

01

Capacidad (GPM a 40psi)

0.10

Capacidad (L/min a 2.8 bar)

0.38

Color

Naranja



Flujo de la punta

015

Capacidad (GPM a 40psi)

0.15

Capacidad (L/min a 2.8 bar)

0.57

Color

Verde



Flujo de la punta

02

Capacidad (GPM a 40psi)

0.20

Capacidad (L/min a 2.8 bar)

0.76

Color

Amarillo



Flujo de la punta

025

Capacidad (GPM a 40psi)

0.25

Capacidad (L/min a 2.8 bar)

0.95

Color

Violeta



Flujo de la punta

03

Capacidad (GPM a 40psi)

0.30

Capacidad (L/min a 2.8 bar)

1.14

Color

Azul



Flujo de la punta

035

Capacidad (GPM a 40psi)

0.35

Capacidad (L/min a 2.8 bar)

1.33

Color

Vino



Flujo de la punta

04

Capacidad (GPM a 40psi)

0.40

Capacidad (L/min a 2.8 bar)

1.52

Color

Rojo



Flujo de la punta

05

Capacidad (GPM a 40psi)

0.50

Capacidad (L/min a 2.8 bar)

1.89

Color

Marrón



Flujo de la punta

06

Capacidad (GPM a 40psi)

0.60

Capacidad (L/min a 2.8 bar)

2.27

Color

Gris



Flujo de la punta

08

Capacidad (GPM a 40psi)

0.80

Capacidad (L/min a 2.8 bar)

3.03

Color

Blanco



Flujo de la punta

10

Capacidad (GPM a 40psi)

1.00

Capacidad (L/min a 2.8 bar)

3.79

Color

Azul Claro



Flujo de la punta

12

Capacidad (GPM a 40psi)

1.20

Capacidad (L/min a 2.8 bar)

4.55

Color

Rojo mora



Flujo de la punta

15

Capacidad (GPM a 40psi)

1.50

Capacidad (L/min a 2.8 bar)

5.68

Color

Verde Claro



Flujo de la punta

20

Capacidad (GPM a 40psi)

2.00

Capacidad (L/min a 2.8 bar)

7.57

Color

Negro

2.6

Materiales de fabricación de boquillas de pulverización

El tipo de material de una boquilla de pulverización está relacionado con la capacidad de la boquilla para resistir el desgaste por abrasión y el ataque químico de los productos aplicados. Independientemente del material de fabricación, la calidad y rendimiento de la pulverización están relacionados con la capacidad de esta punta de presentar un bajo coeficiente de variación, repetibilidad del flujo nominal y uniformidad en el patrón de gotitas producidas.

Las boquillas de pulverización se pueden fabricar de polímero, acero inoxidable, cerámica, acero inoxidable endurecido y latón, siendo los tres materiales resaltados en rojo los materiales primarios fabricados por TeeJet® Technologies para uso agrícola.



VP
Polímero
VisiFlo



VS
Acero inoxidable
VisiFlo



VK
Cerámica
VisiFlo



SS
Acero inoxidable



HSS
Acero inoxidable
endurecido



VB
VisiFlo
Latón



Latón

Puntas de cerámica

Ejemplo:

XR 11003 VK

- Buena resistencia:
 - Productos químicos;
 - Abrasivos;
 - Corrosivos.
- Mayor dureza;
- Mayor potencial de fisuración en comparación con un inserto de polímero, debido a las propiedades físicas y mecánicas de la cerámica, que pueden comprometer el rendimiento;
- Mayor complejidad en el proceso de producción;
- Mayor dificultad para mantener la repetibilidad del caudal nominal de la punta.



Nota:

La mayor dureza del material cerámico proporciona una mayor resistencia física al material y no está directamente relacionada con una mejor calidad en la aplicación.



Puntas de polímero

Ejemplo:

XR 11003 VP

- Buena resistencia química;
- Mayor flexibilidad para puntas con orificios más complejos;
- Larga Vida;
- Gran rendimiento, calidad y durabilidad;
- Al ser un material con mayor flexibilidad en comparación con la cerámica y el acero inoxidable, los orificios de estas puntas pueden dañarse si se limpian de forma inadecuada;
- A TeeJet® utiliza cuatro tipos de polímero para producir puntas de su catálogo:
 - Acetal;
 - UHMWPE;
 - Nylon;
 - Polipropileno.



Puntas de acero inoxidable

Ejemplo:

XR 8003 VS

- Excelente resistencia química;
- Muy alta precisión en el flujo de la punta;
- Bajo potencial de desgaste del orificio de la boquilla de pulverización.



2.7 Tipos de boquillas de pulverización

Hay muchos tipos diferentes de boquillas y patrones de pulverización disponibles, y la selección del modelo correcto dependerá de su aplicación.

Abanico plano

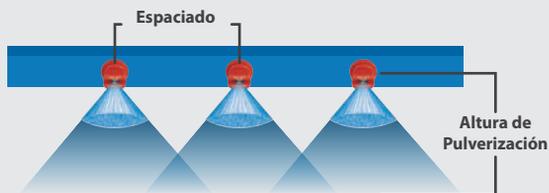
La pulverización de abanico plano forma un patrón elíptico, como una letra "V" invertida. La deposición es mayor en el centro y se disipa hacia los bordes. Se logra una distribución uniforme a lo largo de la barra cuando la altura de pulverización y la distancia la separación entre boquillas se ajustan para que los abanicos adyacentes se traslapen correctamente.

Las variaciones del tipo de abanico plano incluyen:

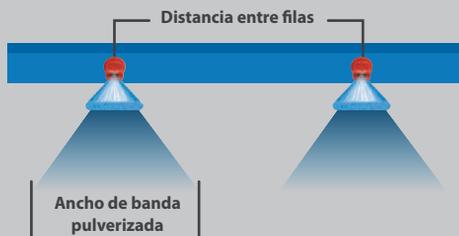
- Abanico plano extendido para pulverizar en toda la superficie - diseñado para operar en un rango de presión de pulverización más amplio;
- Abanico plano deflector estándar gran angular de gotitas más gruesas para aplicaciones en cobertura total;
- Abanico plano uniforme para aplicación directa o en banda. El patrón de pulverización plano uniforme proporciona una cobertura uniforme sin necesidad de superposición de abanicos.



Estándar con superposición para cobertura total



Aplicación de pulverización en banda



Cono hueco

La boquilla de pulverización de cono hueco produce un patrón en forma de anillo circular único, de rociado con gotas muy finas, proporcionando una buena cobertura * y penetración. Este tipo de boquilla de pulverización es ideal para aplicaciones especiales de turbo atomizador y accionado por motor. Existen modelos de boquillas de pulverización de cono hueco diseñadas en una pieza o incluso en dos piezas: boquilla y difusor.

- **Cono hueco con inducción de aire**

La boquilla de pulverización de cono hueco con inducción de aire es un modelo más actual y menos utilizado en el mercado, en el que se forma un patrón de gotas más gruesas para reducir el potencial de deriva.



Ejemplo de punta cono hueco: TXA



Ejemplo de punta cono hueco: punta y difusor



Punta cono hueco: con inducción de aire: AITXA



Aplicación especial con pulverización puntual

* Las puntas de pulverización de tipo cono hueco, en general, cuando se colocan en barras de pulverización para una aplicación de cobertura total, proporcionan una deposición desigual a lo largo del rango tratado, ya que los chorros adyacentes no se superponen adecuadamente, lo que da como resultado áreas que no recibirán el producto o recibirán una subdosis en el momento de la pulverización.

Cono lleno

La boquilla de pulverización de cono lleno crea un patrón circular completo, generalmente con gotas más gruesas y con mayor caudal (mayor capacidad en l/min). Este tipo de boquilla de pulverización se utiliza normalmente para aplicaciones específicas y aplicaciones especiales. Hay modelos de boquillas de pulverización de cono lleno diseñadas en una pieza o incluso en dos piezas: boquilla y difusor.



*Ejemplo de punta
cono lleno: FL*



*Ejemplo de punta
cono lleno: punta y
difusor*



*Aplicación especial con
pulverización localizada*

Chorro Sólido

Las puntas de aspersión de chorro sólido se ofrecen en gran variedad de tamaños que van desde 1 hasta 7 chorros sólidos individuales. Al utilizar chorros de aspersión individuales en lugar de una aspersión de abanico, el fertilizante líquido se puede aplicar directamente a la superficie del suelo donde es requerido. Esto minimiza la cobertura foliar en cultivos enpie reduciendo las posibilidades de quemadura de hojas y disminuyendo significativamente la posibilidad de deriva de la aspersión. Las puntas de chorro sólido para fertilizantes no se recomiendan para aplicaciones de pesticidas.

Las puntas de 3 chorros sólidos (o similares) producen un área de cobertura de aspersión más estrecha y proyectan el líquido más directamente a la superficie del suelo. Estas puntas son utilizadas comúnmente en aplicaciones de aspersión dirigida.

Las puntas de 7 chorros sólidos (o similares) producen un área de cobertura de aspersión más amplia lo que las hace ideales para aplicaciones al voleo, tanto para cultivos en pie como para suelo desnudo. Gracias a su mayor número de chorros y patrón de aspersión más amplio, estas puntas son ideales para aguillones de mayor altura, así como para velocidades de avance más altas.

Las puntas de aspersión de chorro único son utilizadas usualmente en conjunto con un disco o cuchilla que crea una zanja en la superficie del suelo y permite que el fertilizante líquido penetre en la zona de las raíces, donde será más accesible para la planta.



Boquilla de 7 chorros



Boquilla de 3 chorros



Boquilla de chorro único



2.8 Factores que afectan la distribución

Los factores que inciden en la distribución del producto en el área aplicada son:



Puntas de Pulverización



Tipo de punta



Patrón de pulverización



Tasa de flujo



Presión



Ángulo



Superposición de chorro



Espaciado



Calidad del patrón de pulverización



Altura de barra



Desgaste de puntas



Pérdidas de presión



Puntas obstruidas



Filtros obstruidos

Además, en condiciones de campo, otros factores pueden influir en la calidad de la distribución, tales como:



Estabilidad de barra



Movimiento vertical



Movimiento horizontal



Condiciones ambientales



Velocidad del viento



Dirección del viento



Humedad relativa



Pérdidas de presión
(circuito de pulverización)



Velocidad de avance y turbulencia resultante

2.8.1 Tipo de boquilla de pulverización

Hay muchos tipos diferentes de boquillas y patrones de pulverización disponibles, y la elección del modelo correcto dependerá de su aplicación.

TeeJet® Technologies ofrece en su cartera más de 20 modelos de boquillas de pulverización para diferentes modalidades de aplicación.

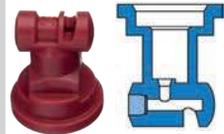
Los diferentes diseños de boquillas de pulverización producen diferentes tamaños de gota y patrones de pulverización. Por lo tanto, para obtener una distribución adecuada a lo largo de la gama tratada, es importante utilizar boquillas de pulverización del mismo modelo y caudal en la barra de pulverización.



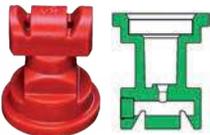
TXA
Cono Hueco



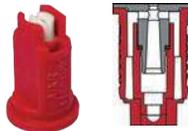
XR
Abanico simple



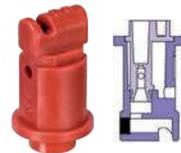
TT (Martillito)
Abanico simple



TTJ60
Abanico doble



AIRX
Abanico simple
Inducción de aire



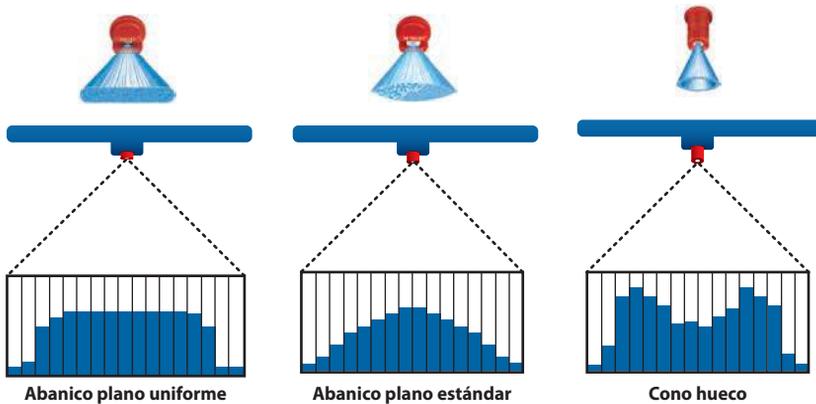
TTI
Abanico simple
Inducción de aire

2.8.2 Patrón de pulverización

El **abanico plano** uniforme no necesita superposición de los chorros para producir un CV adecuado dentro del área de cobertura de la pulverización y está posicionado para aplicaciones dirigidas, selectivas o en bandas.

El **abanico plano** estándar abarca la mayoría de puntas de pulverización para uso agrícola y para producir un CV uniforme en todo el rango de aplicación, los chorros deben superponerse.

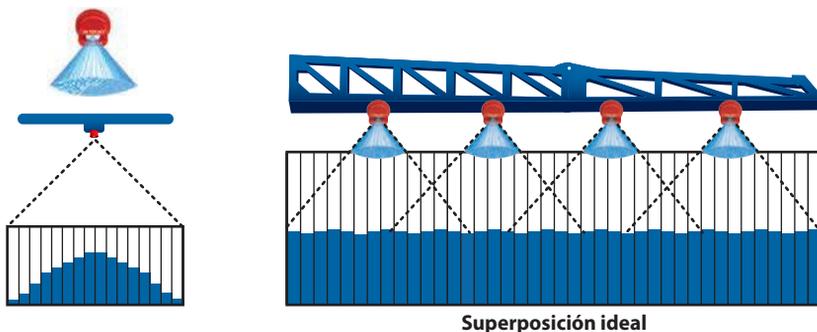
El **cono hueco** no tiene rango de distribución homogénea.



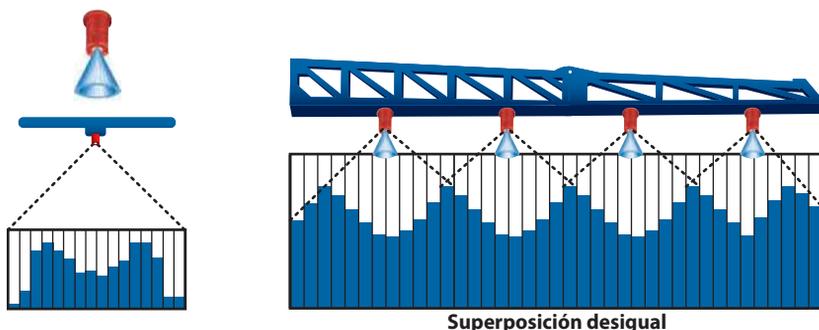
*Ver página 41 para más información sobre CV.

2.8.3 Superposición de los patrones de pulverización

La aspersión uniforme en abanico plano forma un patrón elíptico, como una letra "V" invertida, produciendo menos volumen de aplicación en sus extremos, requiriendo una superposición mínima del 30% para lograr un patrón de aspersión uniforme, como se puede ver en el modelo a continuación.



Las puntas de pulverización de tipo cono hueco, en general, cuando se colocan en barras de pulverización para una aplicación de cobertura total, proporcionan una deposición desigual a lo largo del rango tratado, ya que los chorros adyacentes no se superponen correctamente, lo que da como resultado áreas que no recibirán el producto (dosis insuficiente) o recibirá una sobredosis en el momento de la pulverización.



* Puntas de pulverización del tipo Cono lleno también producen un perfil de distribución desuniforme.

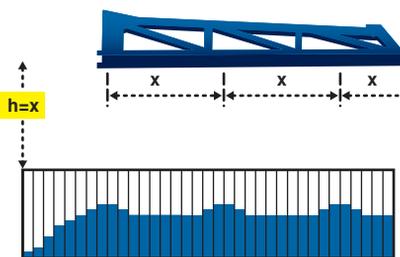
2.8.4 Espacio entre boquillas y altura de la barra

El espaciado de la boquilla y la altura de la barra deben ajustarse según las recomendaciones del fabricante de la boquilla de pulverización. Se logra una distribución uniforme a lo largo de la barra cuando la altura de la barra de pulverización y el espaciado de las puntas se ajustan para cruzar correctamente los chorros adyacentes.

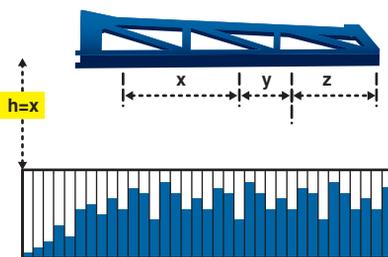
En muchos casos, los ajustes de altura típicos se basan en una relación de 1: 1 entre el espacio entre las puntas y la altura. Por ejemplo: las puntas de pulverización planas en ángulo de 110 °, cuando están separadas por 50 cm, generalmente se colocan 50 cm por encima del objetivo.

Si no se sigue esta relación, el rango de distribución será desigual.

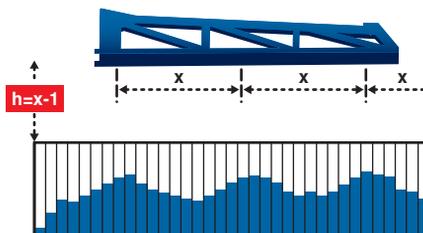
Relación entre el espaciado adecuado de las boquillas y la altura de la barra: distribución uniforme



Espaciado de boquillas fuera de la recomendación del fabricante de la boquilla: distribución desigual



Altura de la barra fuera de la recomendación del fabricante de la punta: distribución desigual



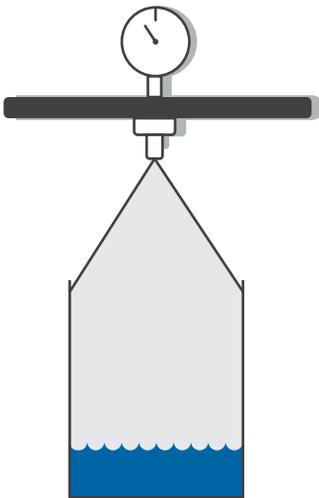
* Consulte siempre el catálogo del fabricante de la boquilla pulverizadora para conocer las recomendaciones de altura y espaciado de la barra para cada modelo en particular.

2.8.5 Flujo y presión

El flujo de la boquilla de pulverización varía con la presión del sistema de pulverización.

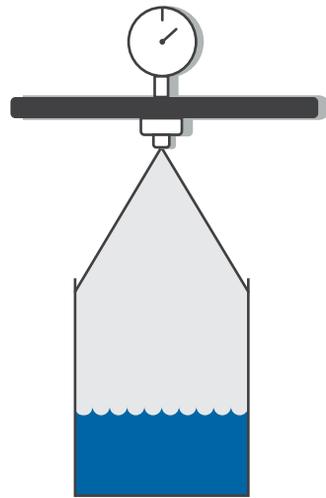
Para las puntas tipo abanico, la relación entre presión y flujo es cuadrática, lo que significa que para duplicar el flujo de una punta, es necesario cuadruplicar la presión, como se puede ver en la fórmula y la imagen a continuación.

$$\frac{\text{l/min}_1}{\text{l/min}_2} = \frac{\sqrt{\text{bar}_1}}{\sqrt{\text{bar}_2}}$$



11002

1.0 bar (15 PSI)=
0.46 l/min (0.12 GPM)



11002

4.0 bar (60 PSI)=
0.92 l/min (0.24 GPM)

2.8.5.1 Importancia de la precisión en el caudal nominal

Una nueva boquilla de pulverización puede variar su caudal nominal en + 5% o -5% según ISO 16122-2.

TeeJet® Technologies se destaca en la producción de boquillas de aspersión de altísima calidad, que tienen una baja variación en las características nominales, manteniendo puntos importantes para una aplicación de alto rendimiento, tales como:

- Repetibilidad óptima del caudal nominal;
- Repetibilidad de ángulo nominal;
- Aplicación uniforme y homogénea a lo largo de la tira tratada;
- Bajo coeficiente de variación.



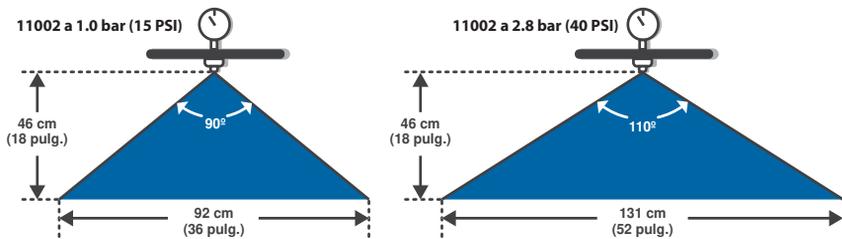
2.8.6 Ángulo del patrón de pulverización

El ángulo de pulverización proporciona una distribución adecuada de la pulverización. Los ángulos de pulverización indicados en las puntas de pulverización son nominales.

El ángulo nominal es el ángulo de apertura de una boquilla de pulverización funcionando a 2.8 bar con agua, un valor que se puede encontrar impreso en la boquilla de pulverización o incluso en el catálogo del fabricante de la boquilla de pulverización.

La apertura del ángulo del chorro es función de la presión y del diseño y la ingeniería de la punta. Una presión más alta puede resultar en un ángulo de pulverización más grande, dentro de un cierto rango*.

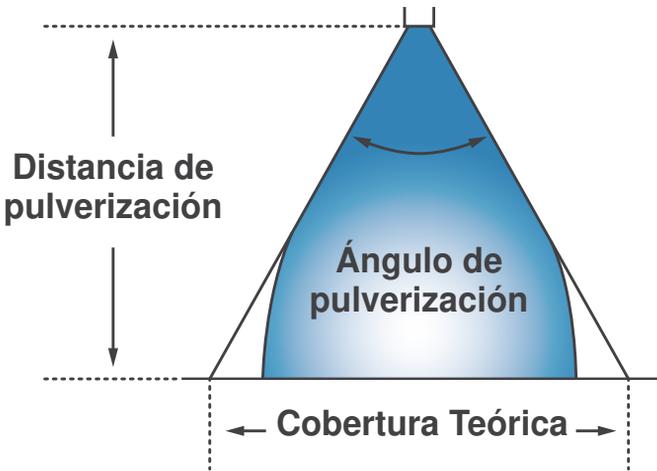
* Las boquillas de pulverización con un ángulo nominal de 80° nunca tendrán un ángulo de 110° si se operan a altas presiones. Ejemplo:



Relación entre la presión y el ángulo de aplicación de la boquilla de pulverización.

En términos generales, cuanto mayor sea el ángulo del chorro, mayor será la cobertura teórica resultante. En la siguiente tabla, podemos encontrar la relación de tamaño de cobertura teórica proporcionada por una boquilla de pulverización, en función del ángulo y la altura de pulverización.

Ángulo de Pulverización producido	COBERTURA TEÓRICA A DIFERENTES ALTURAS DE PULVERIZACIÓN EN (cm)							
	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm	70 cm	80 cm	90 cm
80°	33.6	50.4	67.1	83.9	101	118	134	151
85°	36.7	55.0	73.3	91.6	110	128	147	165
90°	40.0	60.0	80.0	100	120	140	160	180
95°	43.7	65.5	87.3	109	131	153	175	196
100°	47.7	71.5	95.3	119	143	167	191	215
110°	57.1	85.7	114	143	171	200	229	257
120°	69.3	104	139	173	208	243		
130°	85.8	129	172	215	257			
135°	97	145	193	241	290			
140°	110	165	220	275				
150°	149	224	299					



2.8.7 Coeficiente de variación – CV

La uniformidad de la distribución de la pulverización sobre el área tratada debajo de la barra de pulverización se evalúa mediante el coeficiente de variación (CV), que resulta de la distribución superpuesta del conjunto de boquillas de pulverización montadas en la barra.

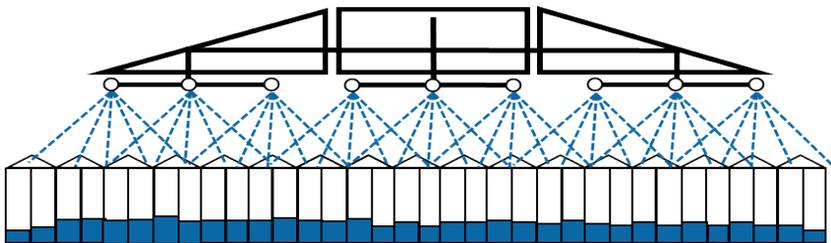
El coeficiente de variación (CV) es un método estadístico que compila todos los datos recopilados de una mesa de distribución y los resume en un porcentaje, que indica la cantidad de variación dentro de una distribución determinada.

$$CV = 100 \times \frac{S}{\bar{x}} \quad S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

ISO 16122-2 (2015)

Dónde:

- CV: Coeficiente de variación, representado en porcentaje;
- x_i : volumen de líquido en el tubo i ;
- n : número de canaletas;
- \bar{x} : volumen medio recogido en cada canaleta.



Cuanto mayor sea el coeficiente de variación, mayor será la variación en la distribución y menor será la uniformidad de aplicación.

Según la norma ISO 16122-2, una buena uniformidad de distribución a lo largo la franja tratada debe tener un valor $CV \leq 10\%$. TeeJet Technologies, al presentar un proceso de producción de boquillas de pulverización rígido y preciso, garantiza el CV de todas sus boquillas de pulverización muy por debajo del valor límite de la norma ISO 16122-2. En la imagen de abajo, podemos ver la excelente distribución resultante de la aplicación de la boquilla TT11004, resultando en un CV menor de 5%.



TT 11004

Espaciado: 50 cm (20")

Altura da barra:: 50 cm (20")

Presión: 2.8 bar (40 PSI)

CV < 5%

2.8.8 Desgaste de las boquillas de pulverización

Las puntas de pulverización no duran para siempre. Al observar los chorros de una pulverización con una boquilla nueva y una gastada, apenas podemos detectar el desgaste a simple vista.

El desgaste de una boquilla de pulverización es función de:

- Material de fabricación;
- Tipos de plaguicidas utilizados;
- Calidad del agua;
- Presión operacional;
- Cuidado al realizar la limpieza.

El desgaste se puede detectar:

- Comparando el volumen de aplicación de una punta usada con una nueva del mismo caudal a la misma presión - si al recolectar el volumen aplicado por una boquilla usada presenta un caudal un 10% mayor que el caudal de una nueva boquilla, se debe cambiar (método cuantitativo);

Medición del volumen asperjado por una boquilla nueva comparado a una usada
Ej. Punta TTJ60 11004



Volumen recogido por una punta gastada en el aguilón

En 30 segundos = 870 ml (0.23 GPM)
Esperado: 0.40 GPM
Actual: 0.47 GPM
+17.2%

Volumen recogido por una punta nueva

En 30 segundos = 757 ml (0.20 GPM)
Esperado: 0.40 GPM
Actual: 0.41 GPM
+1.6%

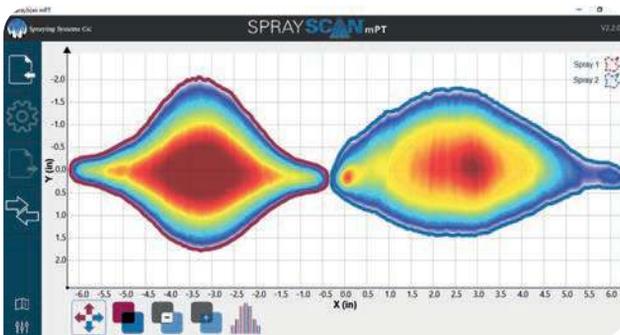
- Comparando la deposición de una nueva punta con una punta desgastada en una mesa de distribución (método cualitativo);

Mesa de distribución que compara el patrón de pulverización de una punta nueva (izquierda) con una punta desgastada (derecha):



- Usando un software que compara el patrón de pulverizar de una nueva boquilla frente a una boquilla gastada (método cualitativo).

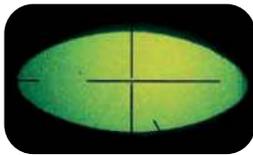
En la imagen de abajo, podemos ver el software SprayScan® comparando el patrón de pulverización de una nueva boquilla (izquierda) con una boquilla gastada (derecha). Las nuevas puntas de pulverización tienen una excelente uniformidad en la distribución de las gotas, representada por la mayor concentración de gotas en el centro (representado por el color rojo) y disipación hacia los bordes. Las puntas gastadas, por otro lado, presentan una distribución desigual, representada por un patrón de distribución de la pulverización irregular.



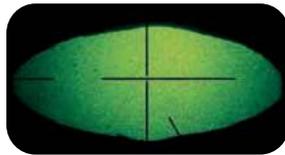
2.8.9 Punta de Aspersión Dañada

Las puntas de aspersión de abanico plano tienen finos bordes alrededor del orificio para controlar la aspersión. Aún el más pequeño daño debido a una limpieza inadecuada puede causar tanto un incremento del flujo como una mala distribución de la aspersión.

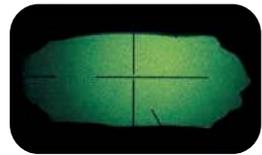
Asegúrese de utilizar los filtros adecuados en su sistema de aspersión para minimizar taponamientos. Si una punta de aspersión se tapa, use únicamente un cepillo de cerdas suaves para limpiarla, nunca utilice objetos de metal. Sea extremadamente cuidadoso con las puntas de aspersión de materiales suaves, como el plástico, porque incluso un palillo de madera puede distorsionar y dañar el orificio de aspersión.



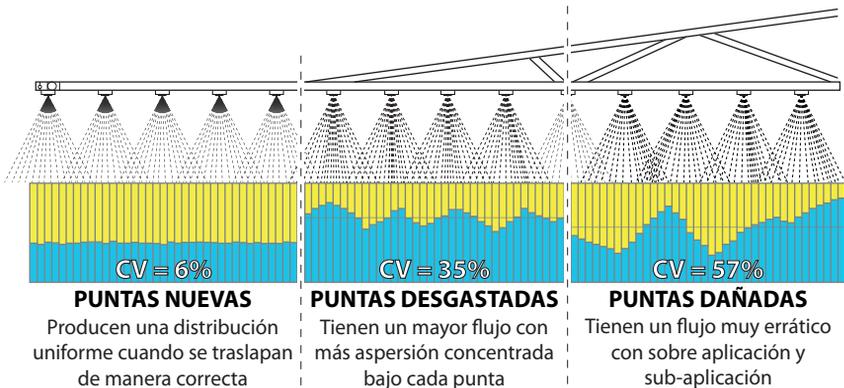
Puntas Nuevas



Puntas Desgastadas

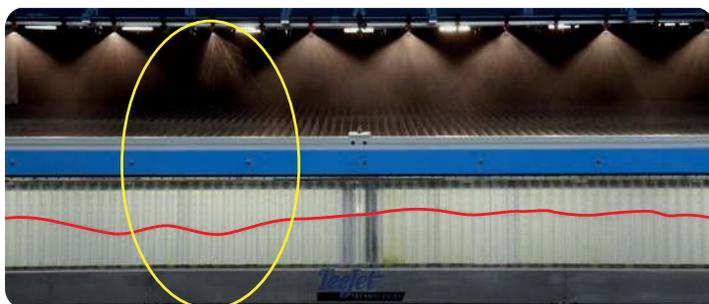
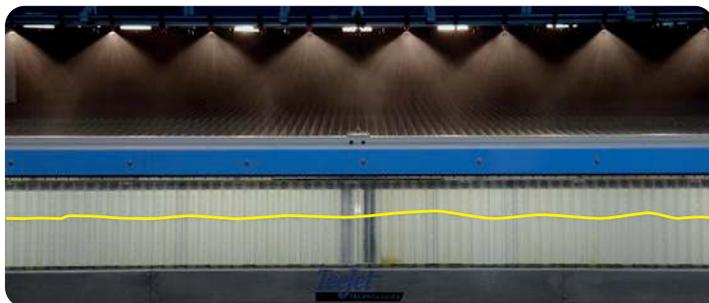


Puntas Dañadas



2.8.10 Puntas obstruidas

Las boquillas de pulverización obstruidas impactan la variación del caudal y el patrón de pulverización. En las imágenes a continuación, podemos comparar cómo una sola boquilla de pulverización obstruida a lo largo de la barra de pulverización puede afectar al CV.



AIXR 11004

Espaciado: 50 cm
Altura da barra: 50 cm
Presión: 2.8 bar

CV = 3.6% vs 17.4% con una sola punta obstruida a lo largo de la barra

2.8.11 Estado de conservación de filtros

El circuito de pulverización está compuesto por diferentes tipos de filtros: principal, de línea y de boquilla. Estos filtros deben estar presentes y en buenas condiciones de uso, con las mallas debidamente dimensionadas en función del circuito de pulverización para proporcionar un correcto filtrado de la solución que circula por el sistema, evitando obstrucciones y asegurando que todos los componentes de la solución lleguen al objetivo.

Las siguientes imágenes muestran diferentes filtros de un sistema de pulverización en condiciones inadecuadas de uso.



2.8.12 Estabilidad de la barra de pulverización

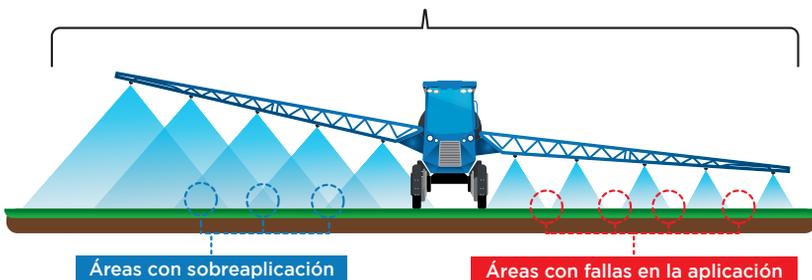
Para los equipos de pulverización agrícola, una buena estabilidad de la barra es muy importante para garantizar un menor movimiento vertical (inclinación hacia arriba / abajo) y horizontal (guiñada hacia la derecha / izquierda), promoviendo una mejor uniformidad en el momento de la aplicación.

La imagen a continuación ilustra cuál sería la condición ideal de distribución de los chorros a lo largo de la barra en una condición en la que la barra de rociado trabaja con baja estabilidad, lo que puede resultar en áreas con una aplicación insuficiente y excesiva de los productos aplicados, impactando negativamente la distribución sobre el rango de aplicación.

Condición ideal



Desigualdad a lo largo de la zona tratada



2.8.13 Condiciones climáticas

Las temperaturas superiores a 30°C, la humedad relativa del aire por debajo del 55% y la velocidad del viento por encima de los 10 km/h aumentan el riesgo de deriva por volatilidad y movimiento de partículas del líquido de aspersión, afectando así la distribución del producto en el campo y reduciendo su efectividad.

Velocidad
del viento



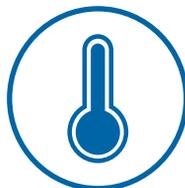
3 a 10 km/h

Humedad
relativa



**Encima de
55%**

Temperatura
del aire



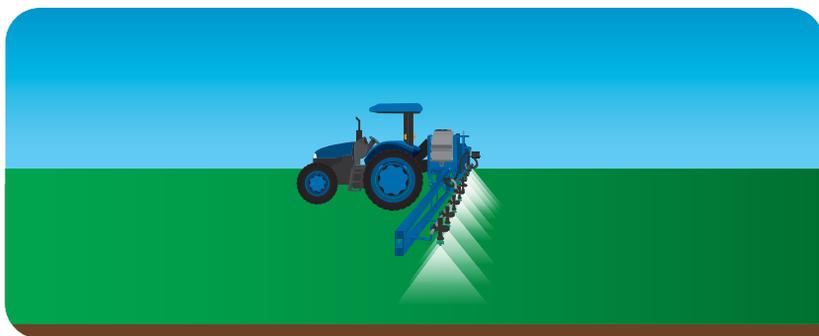
**Menor a
30°C**



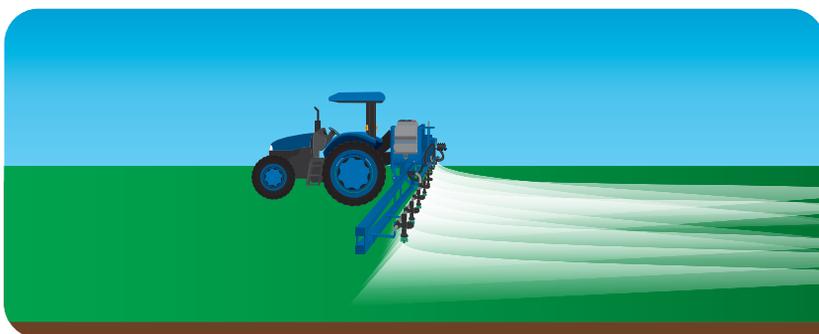
2.8.14 Velocidad de avance y turbulencia resultante

Al aumentar la velocidad del pulverizador y mantener la misma tasa de aplicación, la presión del sistema aumentará, lo que resultará en la formación de gotas más finas. Por lo tanto, cuanto mayor sea la velocidad de avance del pulverizador terrestre, mayor será la pérdida por deriva y el impacto de la distribución a lo largo del área tratada.

Menor velocidad de avance



Mayor velocidad de avance



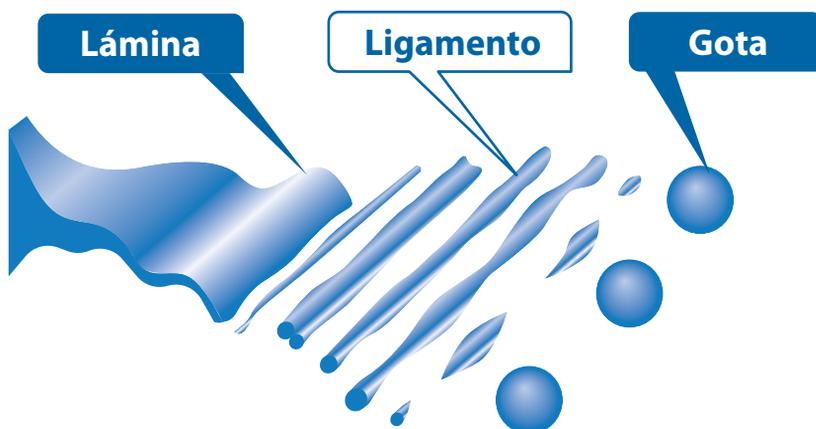
3

Características de la pulverización

3.1 Formación de gotas

La importancia de la información sobre el tamaño de las gotas ha aumentado considerablemente durante la última década. Tener información precisa sobre el tamaño de las gotas es un factor muy importante cuando la efectividad de un pesticida depende de factores como la movilidad del producto dentro de la planta, cuándo se está realizando la aplicación, ubicación del objetivo, condiciones climáticas, necesidad de control de deriva, entre otros.

La gota es un subproducto de la atomización, que comienza forzando a que la lámina de líquido salga del orificio de la punta de pulverización, y esta lámina se rompe en ligamentos que se rompen en pedazos aún más pequeños, llamados gotas.



Tamaño de la gota:

El tamaño de la gota es el diámetro individual de una gota pulverizada. Los tamaños de las gotas se miden en micrómetros (μm). Un micrómetro o micrón ($1 \mu\text{m}$) corresponde a $0,001 \text{ mm}$. En la siguiente tabla podemos ver algunos ejemplos de objetos con sus respectivos tamaños en μm para comparar.

Objetos	Tamaño Relativo (μm)
Punta de aguja 	25
Cabello humano 	100
Hilo de coser 	150
Cerda de cepillo de dientes 	300
Grapa para engrapar papel 	550
Clips de papel 	850
Mina de lápiz 	2000

El tamaño de la gota y la uniformidad del tamaño de la gota variarán debido a factores tales como: características y viscosidad de la solución, diseño de la boquilla de pulverización, flujo a través del orificio de la boquilla de pulverización y presión ejercida sobre el líquido.

3.2 Clasificación de tamaño de gota

La clasificación del tamaño de las gotas sigue un parámetro estricto y conciso, que fue creado por primera vez en 1985 en Inglaterra por el British Crop Protection Council (BCPC). En 1999, la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Agrícolas y Biológicos (ASABE) creó su propio sistema de clasificación S572.1 (2009), en el que los límites del tamaño de las gotas fueron fijados por una serie de boquillas TeeJet a presiones definidas de operación. S572 fue actualizado en la versión 572.2 en 2018 (ASABE, Jul 2018).

La Organización Internacional de Normalización (ISO) trabajó en el desarrollo de un estándar internacional de clasificación de tamaño de gota y, en 2018, se publicó el estándar ISO 25358 (ISO, 2018), que actualizó algunos rangos de clasificación de tamaño de gotas para mejorar y homogeneizar rangos de tamaño de gota.

Código de Colores Asabe S572.1

XF	VF	F	M	C	VC	XC	UC
EXTREMADAMENTE FINA	MUY FINA	FINA	MEDIA	GRUESA	MUY GRUESA	EXTREMADAMENTE GRUESA	ULTRA GRUESA

(ASABE, 2018).

Código de Colores ISO 25358

XF	VF	F	M	C	VC	XC	UC
EXTREMADAMENTE FINA	MUY FINA	FINA	MEDIA	GRUESA	MUY GRUESA	EXTREMADAMENTE GRUESA	ULTRA GRUESA

(ISO, 2018).

Para evaluar la distribución de los tamaños de las gotas producidas por una boquilla de pulverización, se deben analizar algunas medidas y parámetros:

- **DV_{0.1}** - es el valor donde el 10% del volumen total o masa del líquido pulverizado está formado por gotitas con diámetros menores o iguales a este valor. Por ejemplo, si DV0.1 tiene el valor 100 μm , significa que solo el 10% del volumen de pulverización contiene gotas de hasta 100 μm y el 90% del volumen de pulverización contiene gotas de más de 100 μm ;

- **DV_{0.5}** - también conocido como Diámetro Volumétrico Mediano (DVM) es el valor donde el 50% del volumen o masa total del líquido pulverizado está formado por gotas con diámetros menores o iguales a este valor. Por ejemplo, si el DV0.5 tiene el valor 250 μm , significa que el 50% del volumen pulverizado contiene gotas de hasta 250 μm y el otro 50% del volumen tiene gotas superiores a 250 μm ;

- **DV_{0.9}** - es el valor donde el 90% del volumen total o masa del líquido pulverizado está formado por gotitas con diámetros menores o iguales a este valor. Por ejemplo, si el DV0.9 tiene el valor de 500 μm , significa que el 90% del volumen pulverizado contiene gotas iguales o inferiores a 500 μm . Solo el 10% del volumen de pulverización contiene gotas de más de 500 μm ;

- **Porcentaje de gotas derivables** – es el porcentaje de gotas con un diámetro inferior a 150 μm producidas en un volumen de aplicación;

- **Amplitud relativa (AR)** – es el parámetro que indica la uniformidad de la distribución del tamaño de las gotas producida por una punta. Cuanto menor sea el valor calculado, mejor será la uniformidad del espectro de gotas generado por una punta de pulverización determinada.

* 1 micron (μm) = 1/25,000" = 0.001 mm.

Amplitud Relativa - $AR = \frac{DV_{0.9} - DV_{0.1}}{DV_{0.5}}$

Punta 1

$DV_{0.1} = 146 \mu\text{m}$
 $DV_{0.5} = 340 \mu\text{m}$
 $DV_{0.9} = 599 \mu\text{m}$

Amplitud Relativa - $AR = \frac{DV_{0.9} - DV_{0.1}}{DV_{0.5}}$

$AR = \frac{DV_{0.9} - DV_{0.1}}{DV_{0.5}} \rightarrow AR = \frac{599 - 146}{340} = 1,33$

Punta 2

$DV_{0.1} = 144 \mu\text{m}$
 $DV_{0.5} = 340 \mu\text{m}$
 $DV_{0.9} = 467 \mu\text{m}$

Amplitud Relativa - $AR = \frac{DV_{0.9} - DV_{0.1}}{DV_{0.5}}$

$AR = \frac{DV_{0.9} - DV_{0.1}}{DV_{0.5}} \rightarrow AR = \frac{467 - 144}{340} = 0,95$

Cuanto menor sea el valor de amplitud relativa, más homogéneo será el espectro de gotas de pulverización.

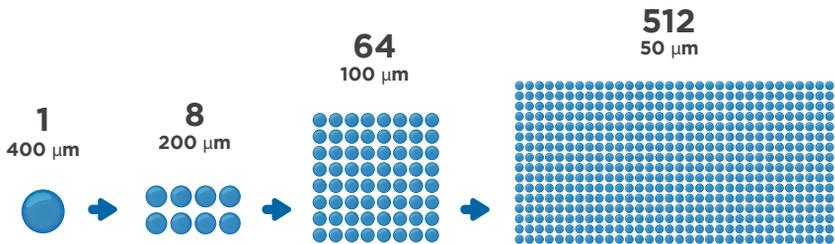
3.4 Relación entre el tamaño de la gota y:

3.4.1 Volumen de la gota

Considerando el mismo volumen de solución, al reducir a la mitad el diámetro de las gotas, se multiplica su número por ocho y se duplica el área cubierta, como se representa en la fórmula y ejemplo a continuación.

$$\text{Volumen} = \frac{4}{3} \pi r^3$$

Por tanto:



3.4.2 Presión operacional

Cuando se pulveriza una solución bajo cierta presión, se fuerza el líquido a través del orificio de la boquilla de pulverización y se forma una serie de gotitas. Para la mayoría de las boquillas de pulverización, cuanto menor sea el tamaño del orificio de la boquilla y cuanto mayor sea la presión del sistema, más pequeñas serán las gotas producidas.

Un factor importante que se debe recordar siempre al elegir una boquilla de pulverización que produce un cierto rango de tamaños de gota, es que puede producir diferentes tamaños de gota cuando se opera a diferentes presiones. Por ejemplo, la punta TT 11002 produce gotas de muy gruesas a medias a presiones inferiores a 5 bar y gotas finas cuando se opera a presiones superiores a 5 bar.

	Presión (bar)	Tamaño de Gota
TT11002 (50)	1.0	VC
	2.0	C
	3.0	M
	4.0	M
	5.0	M
	6.0	F

3.4.3 Cobertura

La cobertura es el porcentaje del objetivo que estaba cubierto por el líquido de pulverización en el momento de la aplicación. La relación entre la cobertura objetivo, el volumen de aplicación, el área foliar del cultivo y el diámetro de las gotas se puede calcular y comprender mediante la fórmula de Courshee (1967):

$$C=15 \frac{(VRK)^2}{AD}$$

Donde:

C = Cobertura (porcentaje de área);

V = Volumen de aplicación (l/ha);

R = Tasa de recuperación (porcentaje del volumen aplicado, capturado por el objetivo);

K = Factor de dispersión de gotitas;

A = Área foliar existente en el área (ha);

D = Diámetro de gotas (µm).

Entre los parámetros que componen la ecuación de Courshee, solo el volumen de aplicación y el diámetro de la gota son los que se pueden manipular fácilmente en el momento de la aplicación.

Por lo tanto:

- Para aumentar la cobertura objetivo, se debe aumentar el volumen de aplicación y / o reducir el diámetro de las gotas aplicadas.
- Para utilizar un volumen de aplicación menor y mantener la cobertura, se debe reducir el diámetro de las gotas aplicadas.
- Para utilizar gotas más gruesas y mantener la cobertura, se debe aumentar el volumen de aplicación.
- Para plaguicidas de contacto y productos cuya translocación es limitada, se deben utilizar gotas finas a gruesas y / o aumentar el volumen de aplicación para promover una mayor cobertura.
- Para plaguicidas agrícolas sistémicos que se aplican directamente al suelo o las plantas, se deben usar gotas más gruesas y se debe ajustar el volumen de aplicación para proporcionar la cobertura necesaria para controlar el objetivo. La combinación del volumen de aplicación (l/ha) y la punta de pulverización ajustada correctamente proporcionará una cobertura adecuada para alcanzar el objetivo, además de dar como resultado una aplicación más segura y eficiente.

3.4.4 Deriva

Las gotas con un diámetro menor de 150 μm se clasifican como gotas con alto potencial de deriva y cuanto más delgada es la gota, mayor es esta vulnerabilidad.

- Las gotas más finas pierden velocidad rápidamente;
- Permanecen en el aire más tiempo debido a su menor masa;
- Son más susceptibles a ser afectadas por el viento y dispersarse a lugares más distantes.



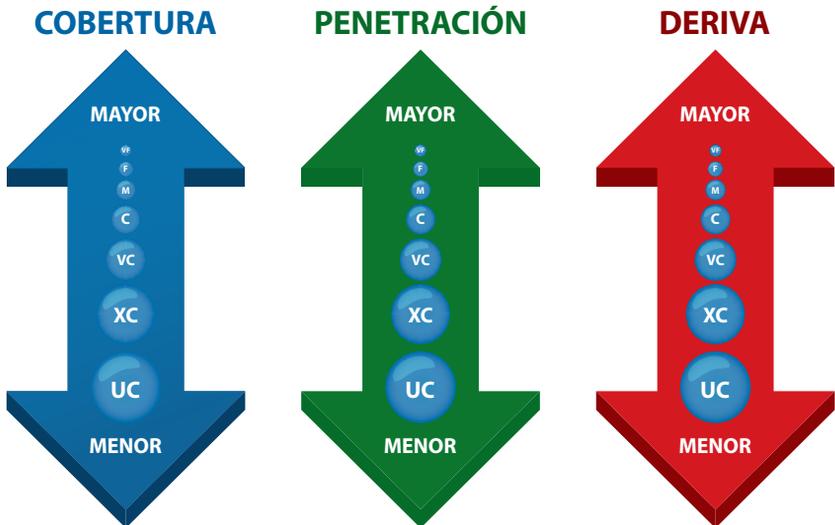
3.4.5 Penetración

Situación estática y en condiciones climáticas controladas en el exterior de las plantas: las gotas más grandes tienen mayor deposición en superficies horizontales y mayor dificultad para penetrar en el interior del follaje.

Condiciones del campo: el viento y la velocidad de avance del pulverizador pueden influir en el comportamiento de penetración de diferentes clases de tamaños de gotas en el follaje del cultivo.

Por lo tanto:

Las gotas más finas brindan mayor cobertura y tienen mayor potencial de penetración, sin embargo, al presentar menos peso e inercia, acompañarán la desviación de las corrientes de aire y serán más susceptibles a la deriva y resultarán en una aplicación menos segura.



4.1 Deriva

La deriva de la pulverización es el término utilizado para describir el movimiento físico de las gotas y partículas químicas a través del aire fuera del área objetivo y se puede clasificar como deriva por el movimiento de partículas y deriva por la volatilización del ingrediente activo en un producto.

La deriva debido al movimiento de partículas puede ocurrir durante o después de la pulverización de un producto fitosanitario antes de alcanzar el objetivo. El movimiento del producto fuera del área objetivo también se puede conocer como exoderiva, mientras que el movimiento de este producto dentro del mismo sitio de aplicación (como el escurrimiento del producto aplicado en la hoja al suelo) también se conoce como endoderiva.

La deriva por volatilización del ingrediente activo de un producto ocurre inmediatamente después de la pulverización de un plaguicida y, en forma de vapor, este ingrediente activo llega a otras áreas, siendo la forma más común de deriva cuando un producto tiene una mayor tendencia a la volatilidad y en condiciones climáticas desfavorables tales como baja humedad relativa y altas temperaturas.

Las condiciones climáticas como la velocidad y dirección del viento, la humedad relativa y la temperatura del aire tienen una influencia directa en la deriva, como se muestra en la siguiente imagen.



Ilustración de la aparición de deriva en una pulverización.

Al realizar una aplicación en condiciones climáticas inapropiadas y / o usar la tecnología de aplicación de manera inadecuada, puede causar deriva debido a la volatilidad y / o movimiento de partículas del producto aplicado, resultando en la contaminación de áreas adyacentes y daño al cultivo susceptible al producto aplicado.

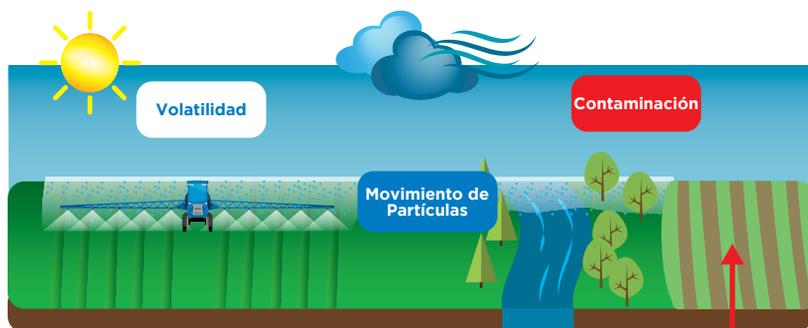


Ilustración de la aparición de deriva en una pulverización.



4.2 Causas de la deriva

La deriva es un proceso complejo, debido a la influencia de muchos factores, como:

- 4.2.1. Tamaño de gota
- 4.2.2. Presión operacional
- 4.2.3. Altura de la barra de pulverización
- 4.2.4. Velocidad y dirección del viento
- 4.2.5. Temperatura del aire y humedad relativa
 - 4.2.5.1. Delta T
- 4.2.6. Inversión térmica
- 4.2.7. Flujo de punta de pulverización
- 4.2.8. Volumen de aplicación
- 4.2.9. Velocidad de avance

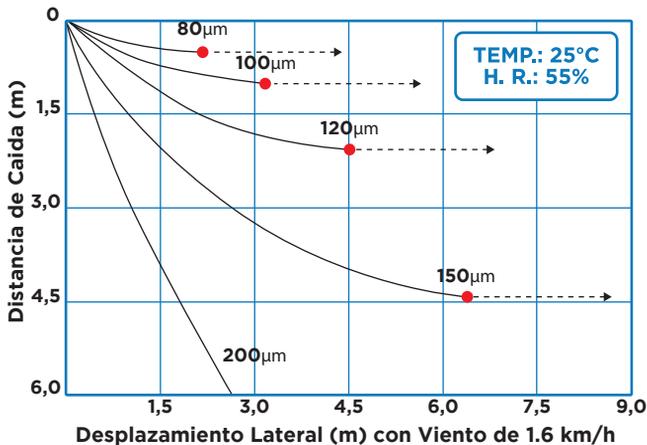
4.2.1 Tamaño de gota

En un sistema de pulverización, el tamaño de la gota es uno de los factores más importantes y está directamente relacionado con la deriva. Las gotas con diámetro inferior a $150\ \mu\text{m}$ se clasifican como gotas con alto potencial de deriva, también conocidas como gotas derivables. Las gotas muy finas son más susceptibles tanto a la acción del viento como a la evaporación, incluso antes de alcanzar el objetivo.



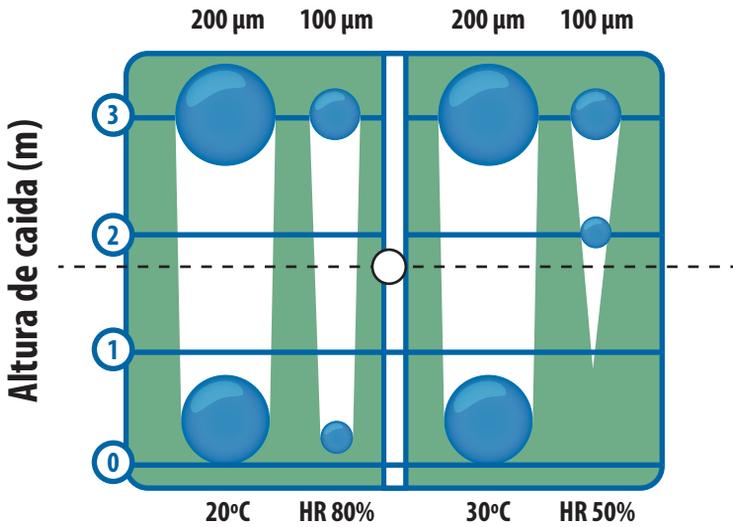
El siguiente gráfico representa la distancia de caída y el desplazamiento lateral de gotas con diferentes diámetros. Se puede observar que las gotas derivables ($<150\ \mu\text{m}$), incluso cuando se aplican en condiciones climáticas favorables, se pierden por evaporación y movimiento de partículas.

Diametro de gotas



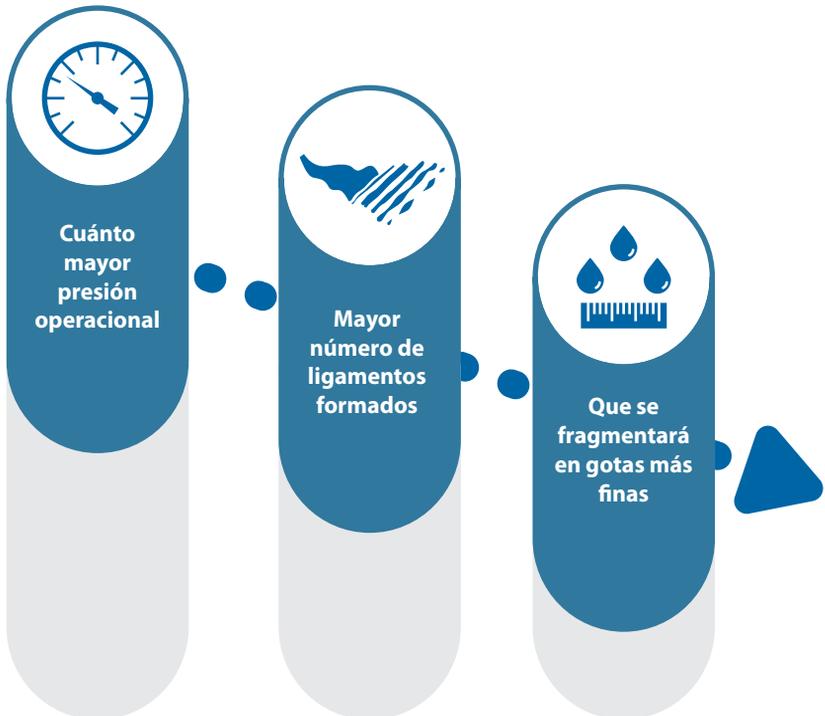
Adaptado de Hofman and Solseg, 2004

La siguiente imagen representa la distancia de caída de dos gotas, una con 200 μm y otra con 100 μm en diferentes situaciones de aplicación: en la primera situación (izquierda), la aplicación se realizó a 20°C y con 80% de humedad relativa, mientras que en la segunda situación (derecha), la aplicación se llevó a cabo a 30°C y con 50% de humedad relativa del aire. Se puede observar en la segunda situación que la gota con 100 μm recorre solo 1/3 de la trayectoria y ya se pierde en forma de vapor, no llegando al objetivo.



4.2.2 Presión operativa

La presión de trabajo influye en la formación del tamaño de las gotas producidas por la punta. Como se vio en el módulo anterior, la gota es un subproducto de la atomización que comienza al forzar la lámina de líquido a través del orificio de la boquilla de pulverización. El aumento de la presión de trabajo hace que esta lámina se fragmente en un mayor número de ligamentos, que posteriormente se fragmentará en gotas más finas, mientras que en condiciones de trabajo con presiones más bajas esta lámina será más gruesa y dará lugar a gotas más gruesas.

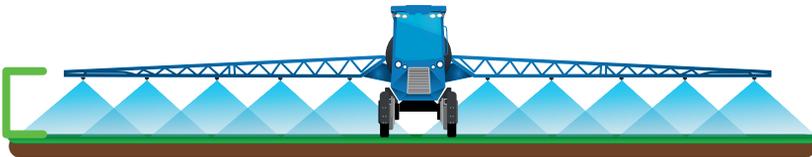


4.2.3 Altura de la barra de pulverización

Tiene una relación directa con la deriva. Cuanto más cerca de la superficie del suelo esté colocada la barra de pulverización durante una aplicación, menor será el riesgo potencial de que estas gotas se pierdan por deriva. Cuanto mayor sea la altura de trabajo de una barra de pulverización, mayor será el tiempo de exposición al viento y otras condiciones climáticas adversas y, por lo tanto, mayor será el riesgo potencial de deriva. Sin embargo, la altura de la barra que se adopte debe basarse en la recomendación del fabricante de la boquilla de pulverización, ya que la altura mínima de trabajo de la barra es una función del ángulo de apertura de la boquilla de pulverización.

Trabajar con una altura de barra inferior a la recomendada por el fabricante provocará una falta de uniformidad en el área tratada y fallas en la aplicación.

Altura óptima de la barra de pulverización



0.5 m (20") ✓

Altura de la barra de pulverización por encima de la distancia recomendada



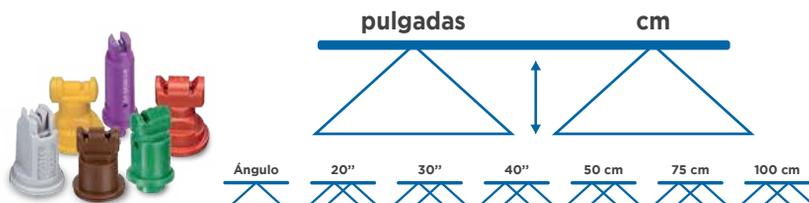
1.0 m (40") ✗

Altura de la barra de pulverización por debajo de la distancia recomendada



0.3 m (12") ❌

Para una distribución óptima a lo largo de la franja tratada, hay una recomendación de altura de la boquilla de pulverización que se debe seguir. Esta altura de la barra dependerá del ángulo de apertura del chorro y del espaciado entre puntas adoptado, que también se especificará en el catálogo del fabricante, como en la siguiente tabla:



	TP, TJ	65°	22-24"	33-35"	NR*	75 cm	100 cm	NR*
	TP, XR, TX, DG, TJ, AI, XRC	80°	17-19"	26-28"	NR*	60 cm	80 cm	NR*
	TP, XR, DG, TT, TTI, TJ, DGTJ, AI, AIXR, AIC, XRC, TTJ, AITTJ	110°	16-16"	20-22"	NR*	40 cm	60 cm	NR*
	FullJet	120°	10-18"***	14-18"***	14-18"***	40 cm**	60 cm**	75 cm**
	FloodJet TK, TF, K, QCK, QCTF, 1/4TTJ	120°	14-16"****	15-17"****	18-20"****	40 cm***	60 cm***	75 cm***

* No recomendado.

** La altura de la boquilla se basa en el ángulo de orientación de 30° a 45°.

*** La altura de la boquilla de pulverización de gran angular está influenciada por la orientación de la boquilla. El factor crítico es lograr una superposición en el patrón de pulverización.

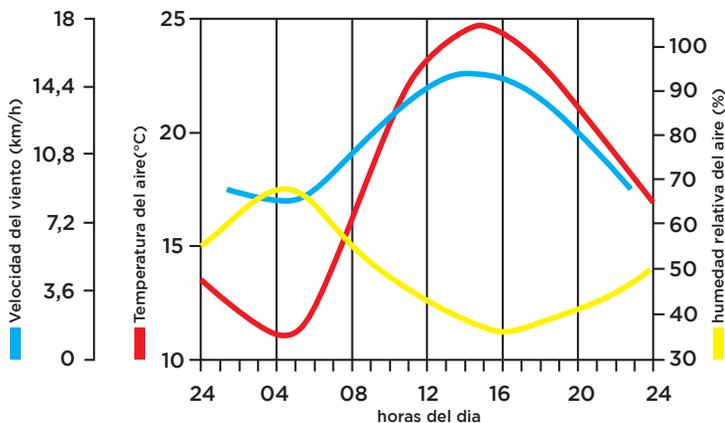
4.2.4 Velocidad y dirección del viento

Es el factor meteorológico más importante en relación a la deriva, presentando una relación directa. Las gotas muy finas se ven más afectadas por la velocidad del viento en comparación con las gotas gruesas (tabla siguiente).

Diametro de gota (μm)	Deriva (m)	
	1.6 km/h	8.0 km/h
100 (VC)	4.6	23.5
400 (C)	0.9	4.6

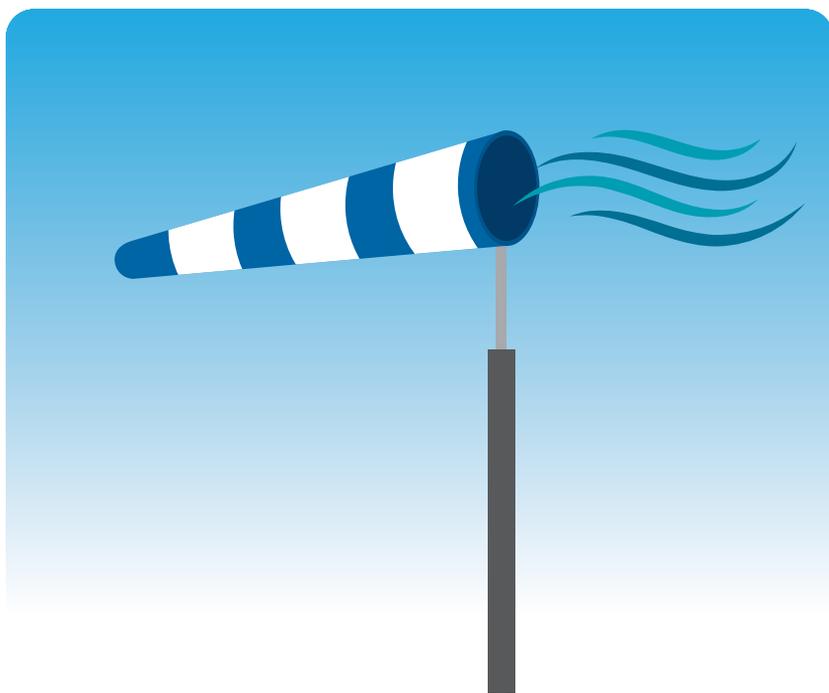
(Adaptado de Ross and Lembi, 1985)

Habitualmente la velocidad del viento varía a lo largo del día, siendo el inicio de la mañana y la noche los periodos que presentan las velocidades del viento más bajas e ideales para realizar una aplicación. Las velocidades del viento inferiores a 3 km/h también pueden ser un indicador de inestabilidad atmosférica, como la inversión térmica, y provocar grandes pérdidas por deriva. La recomendación es que las aplicaciones se realicen con velocidades de viento superiores a 3 km/h e inferiores a 10 km/h.



Por lo tanto, la medición de la velocidad del viento debe realizarse al menos al inicio de la pulverización y en cada repostaje, utilizando un medidor termo-higroanemómetro para verificar si la aplicación se está realizando dentro de los límites aceptables de velocidad del viento.

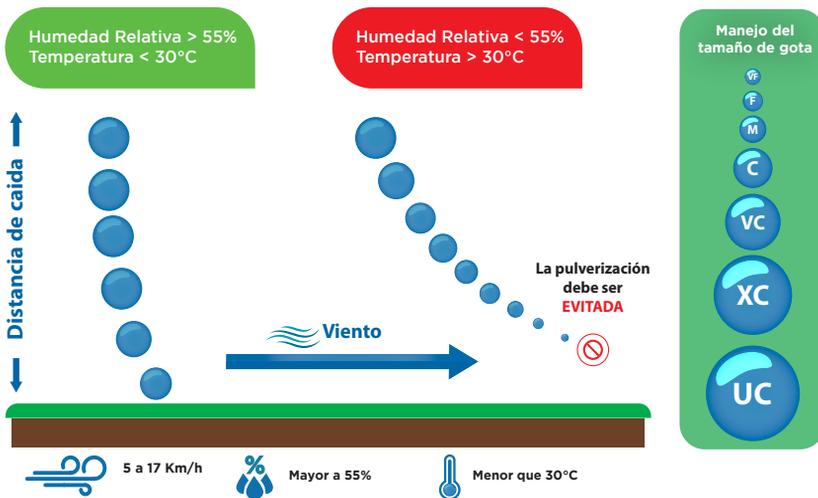
Los factores de velocidad y dirección del viento se vuelven aún más críticos cuando se aplican productos que causan daño a plantas susceptibles en áreas vecinas. Por lo tanto, si el viento sopla hacia un área con un cultivo susceptible al producto que se está aplicando, se debe detener la aplicación.



4.2.5 Temperatura del aire y humedad relativa

Influyen directamente en la evaporación de las gotas pulverizadas. Las gotas finas son más vulnerables a altas temperaturas y a condiciones de baja humedad y, en comparación con las gotas más gruesas, es menos probable que se depositen en la superficie objetivo.

En el siguiente ejemplo, podemos observar dos situaciones: simulación de pulverización en condiciones climáticas ideales (a la izquierda) y en condiciones no recomendadas (a la derecha). En condiciones no recomendadas, con temperatura $>30^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa $<55\%$, se debe evitar la pulverización para evitar pérdidas del producto pulverizado.



Si es necesario realizar la pulverización en condiciones de altas temperaturas y baja humedad relativa, se deben adoptar cambios en la forma de aplicación utilizando puntas reductoras de deriva o incluso con sistemas de inducción de aire que se encargan de producir gotas más gruesas, llenas de aire y más resistente a pérdidas por evaporación y deriva.

4.2.5.1 Delta T

Delta T – es un índice estándar para determinar las condiciones de pulverización aceptables. Combina los efectos de T (°C) y RH (%) y su aplicación sobre la tasa de evaporación de la gota y sobre el tiempo de supervivencia de la gota rociada, estimado através de la relación entre la temperatura de bulbo húmedo y seco de un termómetro, representada por la ecuación:

Delta T (ΔT) = $T_m - T_s$, en el cual:

T_m - temperatura del bulbo húmedo;

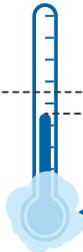
T_s - temperatura del bulbo seco;

La T_m se mide con un termómetro que tiene su bulbo cubierto con algodón húmedo (afectado por la humedad del aire), mientras que T_s está indicado por un termómetro ordinario (no afectado por la humedad del aire).

Termómetro de Bulbo Seco



Termómetro de Bulbo Húmedo



Pequeña diferencia
Aire con Alta Humedad Relativa

< ΔT

Algodón mojado

Termómetro de Bulbo Seco



Termómetro de Bulbo Húmedo



Gran diferencia
Aire con baja humedad relativa

> ΔT

Algodón mojado

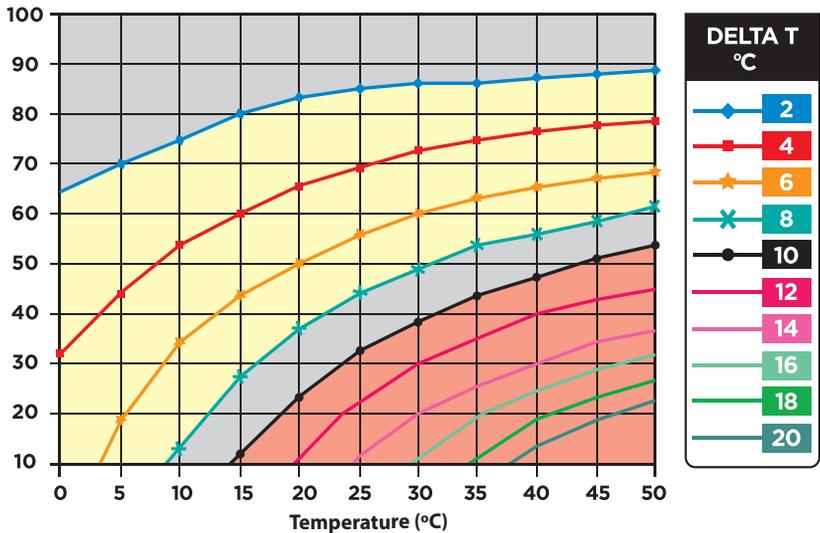
- Cuanto más seco esté el aire, mayor será la capacidad de evaporación del agua en el algodón y, en consecuencia, menor temperatura en el termómetro;

- **Menor Delta T** – mayor tiempo de supervivencia para las gotas;

- **Mayor Delta T** – baja supervivencia de las gotas debido a baja humedad relativa;

- A continuación, podemos ver un gráfico con valores de Delta T, que pueden oscilar entre 2 y 20. Los valores de Delta T recomendados para una pulverización segura y de alto rendimiento están entre 2 y 8, con temperatura entre 5 y 25°C y humedad relativa entre 60 y 95%.

Las aplicaciones en condiciones tales que presenten valores de Delta T entre 8 y 10 solo deben llevarse a cabo utilizando técnicas adecuadas de reducción de la deriva.



- Valor de Delta T **favorable** para aplicaciones
- Valor de Delta T **marginal** para aplicaciones
- Valor de Delta T **desfavorable** para aplicaciones

4.2.6 Inversión térmica

Es un fenómeno atmosférico natural, en el que la capa de aire cerca a la superficie del suelo o cultivo es más fría que la capa de aire superior. El resultado es una capa intermedia de aire muy estable que impide el movimiento vertical del aire, provocando que las gotas de pulverización más finas permanezcan suspendidas en el aire durante horas, formando una nube concentrada del ingrediente activo del producto, que puede permanecer durante la noche hasta la mañana siguiente.

Las gotas más finas son las más vulnerables a sufrir el proceso de inversión térmica. Incluso los modelos de boquilla de pulverización que producen gotas más resistentes a la deriva (gruesas y ultragruesas) producen un pequeño porcentaje de gotas más finas y derivables. Desde el momento en que se pulverizan hasta que se depositan sobre la vegetación, estas gotas más finas pueden desplazarse fuera de la zona objetivo, provocando daños en los cultivos y la vegetación susceptible al principio activo del producto pulverizado.

En la siguiente figura, podemos ver la situación anterior sin

Condición atmosférica normal



Inversión Térmica



En el campo, podemos observar la presencia de inversión térmica cuando vemos una neblina suspendida sobre el suelo (figura a continuación).



La ausencia de viento también puede considerarse un indicador de la aparición de inversión térmica. El uso de estaciones meteorológicas, así como el uso de balizas, puede ayudar a detectar inversiones térmicas.

Ejemplo de estación meteorológica para detección de inversión térmica.



Baliza en condiciones atmosféricas normales a la izquierda y con inversión térmica a la derecha.



4.2.7 Flujo de la boquilla de pulverización

Las boquillas de pulverización con mayor caudal también influyen en el tamaño de las gotas. En general, los orificios más grandes de las puntas de pulverización producen una lámina de líquido más espesa, lo que da como resultado la formación de gotas más gruesas en comparación con orificios más pequeños (flujos más bajos) a la misma presión de trabajo (tablas a continuación).

AIXR		bar 3.5	XR110		bar 2
AIXR110015	M		XR11001	F	
AIXR11002	M		XR110015	F	
AIXR110025	M		XR11002	F	
AIXR11003	C		XR110025	M	
AIXR11004	C		XR11003	M	
AIXR11005	C		XR11004	M	
AIXR11006	VC		XR11005	M	
AIXR11008	VC		XR11006	M	
AIXR11010	VC		XR11008	M	
			XR11010	C	
			XR11015	C	
			XR11020	VC	

4.2.8 Volumen de aplicación

Las aplicaciones de bajo volumen se llevan a cabo normalmente con boquillas de pulverización que producen gotas muy finas y finas, lo que aumenta el riesgo de pérdidas por deriva. En situaciones de aplicación de bajo volumen, la recomendación es realizar la pulverización en condiciones climáticas extremadamente favorables, con el fin de minimizar el riesgo de deriva. Las aplicaciones de mayor volumen, por otro lado, se llevan a cabo con puntas de pulverización que producen gotas de tamaño medio a ultragrueso, que son más resistentes a las pérdidas por deriva.



Tipo de boquilla de pulverización Caudal 1.14 l/min (0.3 GPM)	Porcentaje de gotas derivables (<150µm) 2,8 bar*	Tamaño de Gota (µm)**
Punta de cono hueco	>45%	Fina (F)
Punta de abanico plano simple	37%	Fina (F)
Punta de doble abanico plano con tecnología de reducción de deriva	15%	Media (M)
Punta de abanico plano simple con tecnología de reducción de deriva	14%	Gruesa (C)
Punta de abanico plano simple con inducción de aire para control de deriva	14%	Gruesa (C)
Punta de abanico plano simple con inducción de aire para un máximo control de la deriva	<2%	Extremadamente Gruesa (XC)

* Datos obtenidos con el sistema Oxford VisiSizer, pulverizando agua a 21°C en condiciones controladas de laboratorio.

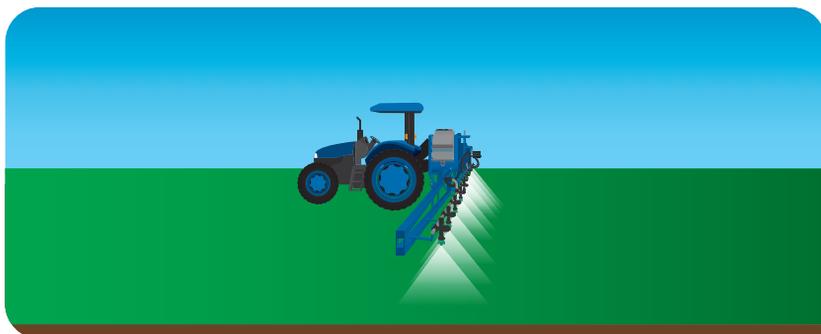
** La clasificación del tamaño de la gota está de acuerdo con la norma ISO 25358 en la fecha de impresión del material.

La clasificación del tamaño de las gotas está sujeta a cambios.

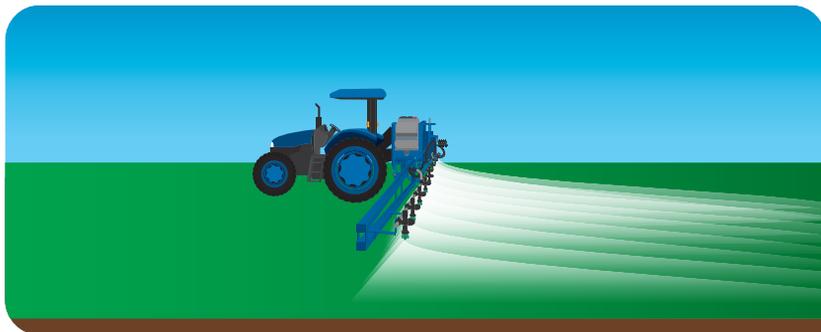
4.2.9 Velocidad de avance

Está relacionada con el tipo de pulverizador / tractor, el terreno, la preparación del suelo, el estado fenológico del cultivo y la habilidad del operador. Cuanto mayor sea la velocidad de avance del pulverizador, mayor será su capacidad operativa, sin embargo, será menos seguro y mayor será la probabilidad de deriva. Por otro lado, una velocidad de avance más lenta promueve una pulverización más segura y de mayor calidad. Por lo tanto, la velocidad de avance debe ser la adecuada para proporcionar la máxima capacidad operativa, garantizando la calidad de la pulverización y la seguridad del operador, de la zona tratada y del pulverizador.

Menor velocidad de avance



Mayor velocidad de avance

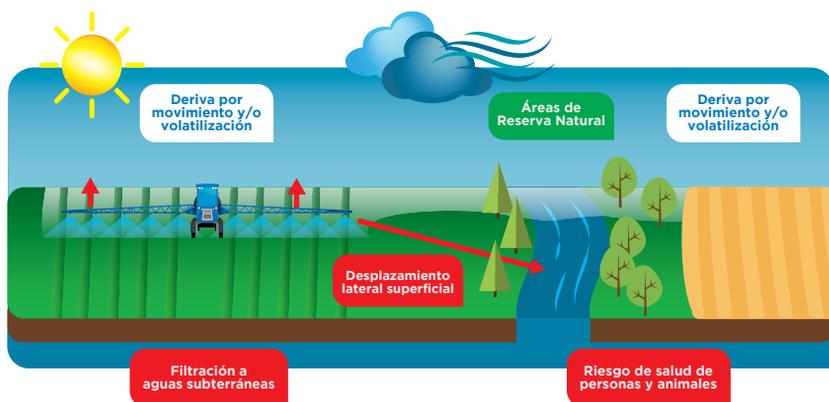


4.3 Conoce los problemas de la deriva

El mayor problema relacionado con la deriva de plaguicidas está relacionado con el producto químico que puede volverse menos efectivo en el objetivo previsto y depositarse donde no se desea, provocando:

- Desperdicio de recursos;
- Daño a cultivos adyacentes que son sensibles y susceptibles al producto químico;
- Contaminación de aguas superficiales y áreas de reserva natural;
- Riesgos para la salud de personas y animales;
- Posibilidad de sobreaplicación o subaplicación en área de destino de un producto.

La deriva de herbicidas, por ejemplo, puede dañar cultivos cercanos que son sensibles / susceptibles al ingrediente activo, mientras que la aplicación de un insecticida puede hacer que el cultivo no sea apto para la venta si se detecta algún ingrediente activo no registrado.



El riesgo más común de contaminación de personas y animales ocurre en **áreas rurales** por:

- Deriva causada en el proceso de aplicación;
- Exposición directa a plaguicidas;
- Contacto directo con el producto durante el transporte y almacenamiento;
- Preparación de la mezcla;
- Contacto con envases vacíos y contaminados.



En las áreas urbanas, sin embargo, se presenta un mayor riesgo de contaminación:

- En el momento de las aplicaciones, cuando el área urbana está muy cerca del área rural;
- Durante el control de malezas;

- En el control de plagas urbanas;
- En el consumo de alimentos;
- En agua con residuos de plaguicidas;
- Deriva de un plaguicida agrícola aplicado en zonas rurales que se trasladó a un área urbana.



Fuente:
<https://luiziana.pr.gov.br/site/>



Fuente:
<https://www.gazetadopovo.com.br/>

5.1 Altura de la barra de pulverización

Cuanto mayor sea la distancia entre la punta de pulverización y el objetivo, mayor será el tiempo de exposición de la gota y mayor será la relevancia del impacto de la velocidad del viento, aumentando el riesgo de deriva. Las gotas clasificadas como muy finas y finas son más susceptibles a las condiciones climáticas y las pérdidas por deriva.

Por lo tanto, trabajar con la barra de pulverización más cercana al objetivo de aplicación evita que las gotas se expongan a las condiciones ambientales por más tiempo. Sin embargo, es esencial seguir las recomendaciones del fabricante de la boquilla de pulverización con respecto a la altura ideal de la barra, ya que una altura de barra más pequeña que la recomendada puede provocar fallas en la aplicación.

Altura óptima de la barra de pulverización



Altura de la barra de pulverización superior a la recomendada



5.2

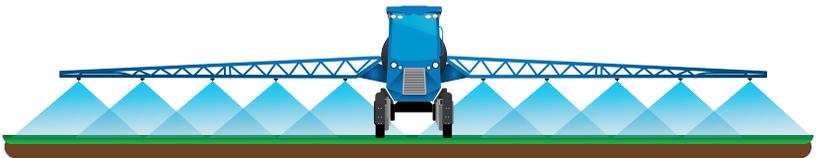
Estabilidad de la barra de pulverización

El movimiento resultante de una barra de pulverización con falta de estabilidad dará como resultado:

- Mayor probabilidad de pérdida por deriva: barra colocada a mayor altura de la recomendada;
- Falta de uniformidad de la zona tratada.

Por lo tanto, trabajar con una barra de pulverización estable que proporcione un rango de aplicación homogéneo también reducirá el riesgo de deriva.

Estabilidad óptima de la barra



Falta de estabilidad de la barra



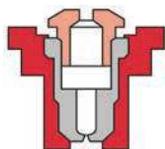
5.3 Puntas de pulverización reductoras de deriva

El potencial de deriva se puede minimizar con el uso de boquillas de pulverización reductoras de deriva. La principal función de las puntas de pulverización reductoras de deriva es la reducción de gotas finas y derivables ($<150\ \mu\text{m}$), incluso a caudales más bajos.

Los principales mecanismos que puede presentar una boquilla de pulverización como técnica de reducción de la deriva son la presencia de un pre-orificio o un sistema de inducción de aire Venturi.

- Boquillas de pulverización con orificio previo

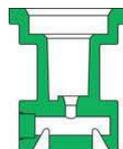
Las puntas de pulverización reductoras de deriva con orificio previo tienen en su diseño de ingeniería un sistema de preorificio que regula el flujo de entrada del líquido y la presión de trabajo, ayudando a controlar la creación y distribución de las gotitas que se formarán después del orificio de salida. Ejemplos de puntas de pulverización reductoras de deriva de TeeJet® Technologies con sistema de preorificio: DG, TT y TTJ60.



DG



TT



TTJ60

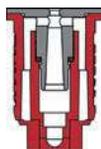
5.4

Boquillas de pulverización por inducción de aire Venturi

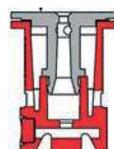
Las puntas de pulverización por inducción de aire tienen dos orificios. El primer orificio, conocido como preorificio, mide el caudal de líquido. El segundo orificio, conocido como orificio de salida, se encarga de formar el patrón de pulverización. Entre ambos orificios se encuentra un sistema venturi o aspirador de aire. Este sistema venturi se encarga de aspirar el aire hacia el interior del cuerpo de la punta donde se mezcla con el líquido. El patrón de pulverización está formado por gotas más grandes y una cantidad menor de gotas derivables. Ejemplos de puntas de pulverización reductoras de deriva de TeeJet® Technologies con preorificio y sistema de inducción de aire: AI, AIXR, AITTJ60, TT160 y TTI.



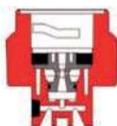
AI



AIXR



AITTJ60



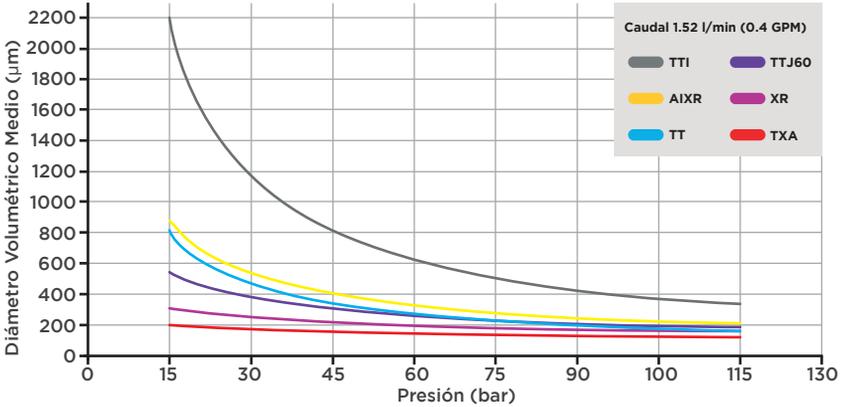
TT160



TTI

En el siguiente gráfico, podemos observar la comparación de las curvas del Diámetro Volumétrico Medio (DVM) de las boquillas de pulverización TTI, AIXR, TT, TTJ60, XR y TXA, con el mismo caudal de 1.52 l/min (0.4 GPM) operando a diferentes rangos de presión.

Diámetro Volumétrico Medio Presión



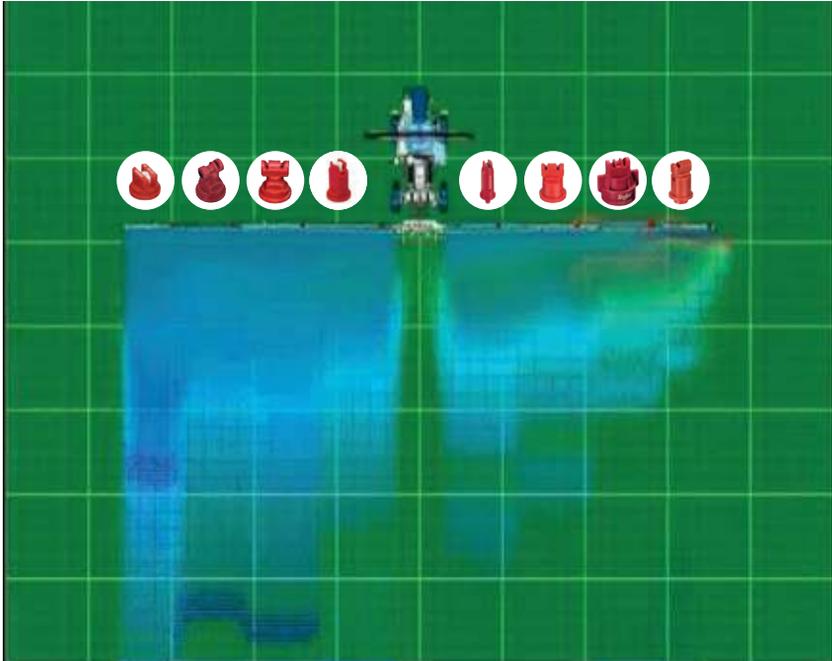
Para elegir la boquilla reductora de deriva ideal para una pulverización segura, también es importante evaluar el porcentaje de gotas derivables que produce cada modelo de boquilla de pulverización, como se muestra en la siguiente tabla.

Tipo de boquilla de pulverización caudal 1.52 l/m (0.4 GPM)	Porcentaje de gotas derivables (<150 µm) 2.8 bar *
TXA 8004	42%**
XR 11004	28%
TT 11004	17%
TTJ60 11004	10%
AIXR 11004	7%
TTI 11004	<2%

* Datos obtenidos con el sistema Oxford VisiSizer, pulverizando agua a 21°C en condiciones controladas de laboratorio.

** Valores de porcentaje de gota derivables de la punta TXA 8004 a 2 bar de presión.

Al realizar una comparación del potencial de deriva para diferentes modelos de boquillas de pulverización utilizando una técnica de dinámica de fluidos computacional, CFD, podemos crear una imagen que represente el potencial de deriva con los números mostrados en la tabla anterior (imagen a continuación). De izquierda a derecha tenemos las puntas XR, TT, TTJ60, AITXA, AI, AITTJ60, TTI60, TTI.



La simulación se realizó comparando la pulverización de diferentes modelos de puntas de pulverización con el mismo caudal 1.52 l/min a 2.8 bar (0.4 GPM a 40 PSI), con una velocidad del viento de 16 km/h.

5.5 Presión de trabajo

La reducción de la presión operativa se puede utilizar como medida para mitigar la deriva, como se muestra en la siguiente tabla. Sin embargo, si con solo reducir la presión de operación el porcentaje de gotitas derivables aún está por encima del límite para una aplicación segura, utilice puntas de aspersión que produzcan gotas más gruesas, resistentes a la deriva y con un porcentaje menor de gotitas derivables.

Tipo de punta de pulverización Caudal de 1.14 l/min (0.3 GPM)	Porcentaje de gotas derivables (<150 µm)	
	1.4 bar	2.8 bar
XR 11003	19%	31%
DG 11003	13%	18%
TT 11003	5%	17%
TTJ60 11003	4%	9.5%
AIXR 11003	4%	9%
AITTJ60 11003	2%	4%
AI 11003	2%*	5.5%
TTI60 11003	1%	< 2%
TTI 11003	1%	< 2%

* Porcentaje de gotas finas derivables de la punta AI11003 @30PSI.

5.6

Condiciones climáticas

Velocidad del viento



3 a 10 km/h

Humedad relativa del aire



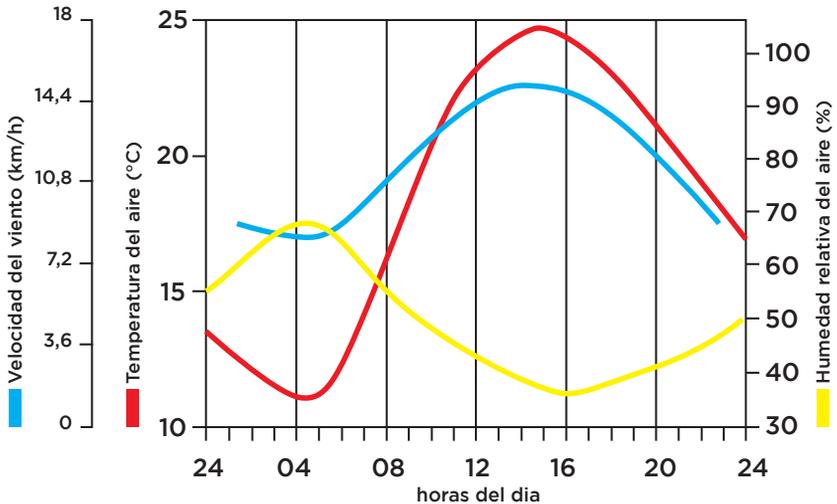
Arriba de 55%

Temperatura del aire



Menor a 30°C

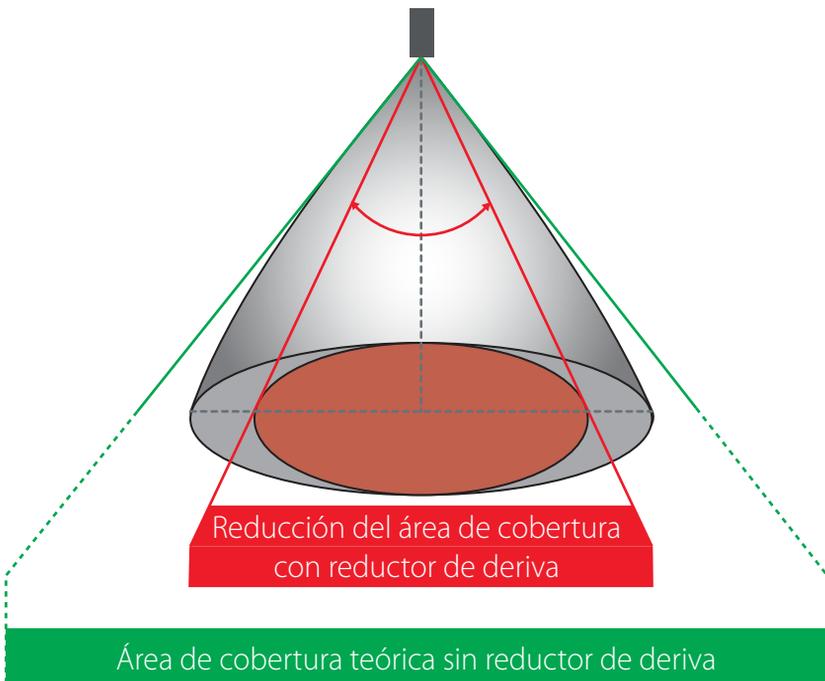
Realizar las aplicaciones de plaguicidas agrícolas dentro de las condiciones climáticas recomendadas. Antes y durante las aplicaciones, verifique las condiciones climáticas, ya que la velocidad del viento, la temperatura y la humedad relativa varían a lo largo del día, como se puede ver en el gráfico a continuación.



5.7 Reductores de deriva

El método más eficaz para reducir la deriva es elegir la boquilla de pulverización correcta. Agregar aditivos reductores de la deriva a una mezcla de tanque nunca reemplazará el uso de la boquilla correcta para un control de la deriva más adecuado, ya que su función es ayudar a la tecnología de la boquilla de pulverización y hacer que la pulverización sea aún más segura.

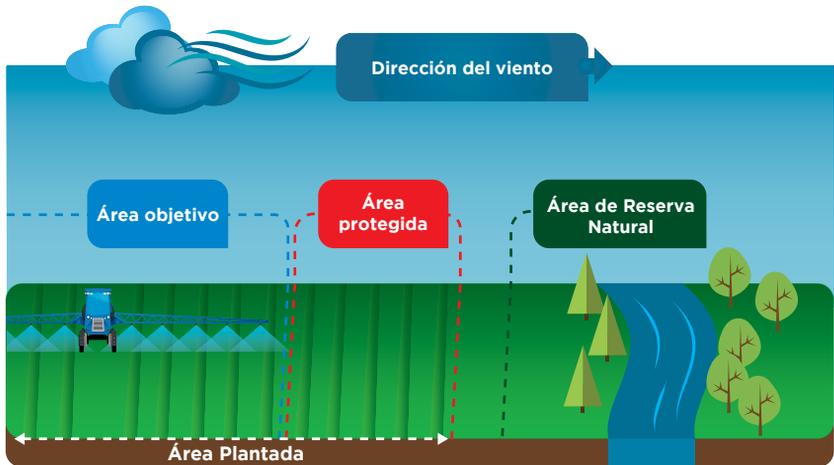
Preste atención a la formación del ángulo de pulverización cuando utilice reductores de deriva, ya que los coadyuvantes que tienen una viscosidad más alta pueden afectar la formación del ángulo de pulverización.



5.8 Zona Buffer o área de protección

Es el área que no debe recibir la aplicación de plaguicidas entre el lugar que está recibiendo directamente la aplicación (área con cultivo sembrado) y otro lugar susceptible al plaguicida aplicado. Las siguientes se consideran áreas sensibles:

- Zonas con cultivos susceptibles;
- Área de reserva natural;
- Fuente de agua;
- Áreas urbanas.



Importante: Algunos de los nuevos plaguicidas ya tienen en sus etiquetas la recomendación de una zona mínima limítrofe para evitar la deriva a zonas adyacentes susceptibles.

5.9 Normativa Europea para el control de la deriva

Muchos países europeos consideran importante evaluar sus boquillas de pulverización para el control de la deriva, lo que permite la cooperación general entre la agricultura, la conservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente.

El uso de puntas reductoras de deriva aporta importantes beneficios a los usuarios del Reino Unido, los Países Bajos y Alemania, así como a otros países en todo el mundo. Las condiciones más estrictas para las zonas limítrofes con el fin de proteger las aguas superficiales y las áreas sensibles alrededor de los campos, en particular, han llevado al desarrollo de un programa que evalúa las puntas de pulverización para reducir la deriva. Dependiendo de la ubicación de los campos de cultivo en relación con áreas ecológicamente sensibles, como aguas superficiales y áreas vecinas susceptibles, el ancho de la zona protegida puede reducirse si se utilizan las puntas de reducción de deriva correctas.

TeeJet® Technologies presenta muchos modelos de boquillas de pulverización diseñadas para reducir la deriva y que están aprobadas y certificadas en varios países de la Unión Europea. La certificación de estas autoridades de registro corresponde a una categoría de reducción de la deriva basada en el porcentaje de reducción de deriva de una boquilla en comparación con una boquilla de pulverización estándar. Todos los informes de puntas TeeJet aprobados y certificados como reductores de deriva realizados por estos institutos son de acceso público. En Alemania, el Instituto Julius Kuhn - Instituto Federal de Investigación de Plantas Cultivadas (JKI) es responsable de probar las puntas de pulverización para uso agrícola, en el Reino Unido las pruebas son realizadas por LERAP, en Francia por IRSTEA y en los Países Bajos por DRD. Para obtener más información, visite nuestro sitio web www.teejet.com/es

Alemania



Reino Unido



**90% Reducción
de Deriva**

6

Definición del caudal nominal de una boquilla de pulverización

Ahora que entendemos todos los factores que afectan la distribución a lo largo de la barra de pulverización, entendamos cómo elegir el caudal correcto para una boquilla de pulverización.

6.1

Opción 1: Método para calcular el caudal nominal requerido de una boquilla de pulverización para un volumen de aplicación determinado.

Ejemplo: sabiendo que:

1 - Volumen de aplicación recomendado 190 l/ha
(recomendado en la etiqueta del fabricante del plaguicida)

2 - Velocidad de pulverización medida..... 10 km/h

3 - Espaciado entre puntas 50 cm

Usando la fórmula para calcular el caudal de una punta de pulverización:

$$\text{Caudal de una punta } q \text{ (l/min)} = \frac{Q \left(\frac{l}{ha}\right) \times V \left(\frac{km}{h}\right) \times W \text{ (cm)}}{60,000}$$

Dónde:

- **q** = el flujo de una sola boquilla de pulverización en l/min – litros por minuto
 - **Q** = el volumen de aplicación en un área en l/ha – litros por hectárea
 - **V** = la velocidad de avance del pulverizador en km/h – kilómetros por hora
 - **W** = el espacio entre puntas de pulverización en cm – centímetros.
- Y 60,000 es el factor de conversión.

$$q \text{ (l/ min)} = \frac{190 \left(\frac{l}{ha} \right) \times 50 \text{ (cm)} \times 10 \left(\frac{km}{h} \right)}{60,000} \rightarrow q = 1,58 \text{ l/min}$$

	Presión (bar)	Tamaño de Gota	Flujo de una boquilla (l/min)
TT11004 (50)	1.0	XC	0,91
	2.0	C	1,29
	3.0	M	1,58
	4.0	M	1,82
	5.0	M	2,04
	6.0	F	2,23

6.2

Opción 2: Método que utiliza el catálogo de boquillas de pulverización de TeeJet Technologies.

Ejemplo: utilizando los mismos datos que en el ejemplo de la página anterior, volumen de aplicación de 190 l/ha, velocidad de avance promedio de km/h y espaciado de boquillas de 50 cm, consulte la página de boquillas de pulverización que produce el espectro de tamaño de la gota ideal para su aplicación.

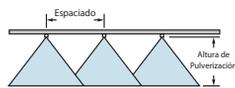
Encuentre el volumen de aplicación deseado dentro de la velocidad de operación deseada y cruce hacia la izquierda para verificar el flujo y la presión del modelo de boquilla de pulverización ideal.

TAMAÑO DE GOTA	TAMAÑO DE GOTA (µm)	FLUJO (L/min)	1/ha 													
			4 km/h	5 km/h	6 km/h	7 km/h	8 km/h	10 km/h	12 km/h	16 km/h	18 km/h	20 km/h	25 km/h	30 km/h	35 km/h	
TT11001 (100)	1.0	C	0.23	690	552	460	394	345	276	230	173	153	138	110	92	79
	2.0	M	0.32	960	768	640	549	480	384	320	240	213	192	154	128	110
	3.0	M	0.39	117	936	780	669	585	468	390	293	260	234	187	156	134
	4.0	F	0.45	135	108	900	771	675	540	450	338	300	270	216	180	154
	5.0	F	0.50	150	120	100	857	750	600	500	375	333	300	240	200	171
	6.0	F	0.55	165	132	110	94.3	82.5	66.0	55.0	41.3	36.7	33.0	264	22.0	18.9
TT110015 (100)	1.0	VC	0.34	10	81.6	68.0	58.3	51.0	40.8	34.0	25.5	22.7	20.4	16.3	13.6	11.7
	2.0	M	0.48	144	115	96.0	82.3	72.0	57.6	48.0	36.0	32.0	28.8	23.0	19.2	16.5
	3.0	M	0.59	177	142	118	101	88.5	70.8	59.0	44.3	39.3	35.4	28.3	23.6	20.2
	4.0	F	0.68	204	163	136	117	102	81.6	68.0	51.0	45.3	40.8	32.6	27.2	23.3
	5.0	F	0.76	228	182	152	130	114	91.2	76.0	57.0	50.7	45.6	36.5	30.4	26.1
	6.0	F	0.83	249	199	166	142	125	99.6	83.0	62.3	55.3	49.8	39.8	33.2	28.5
TT11002 (50)	1.0	VC	0.46	138	110	92.0	78.9	69.0	55.2	46.0	34.5	30.7	27.6	22.1	18.4	15.8
	2.0	C	0.65	195	156	130	111	97.5	78.0	65.0	48.8	43.3	39.0	31.0	26.0	22.3
	3.0	M	0.79	237	190	158	135	119	94.8	79.0	59.3	52.7	47.4	37.9	31.6	27.1
	4.0	M	0.91	273	218	182	156	137	109	91.0	68.3	60.7	54.6	43.7	36.4	31.2
	5.0	F	1.02	306	245	204	175	153	122	102	76.5	68.0	61.2	49.0	40.8	35.0
	6.0	F	1.12	336	269	224	192	168	134	112	84.0	74.7	67.2	53.8	44.8	38.4
TT110025 (50)	1.0	VC	0.57	171	137	114	97.7	85.5	68.4	57.0	42.8	38.0	34.2	27.4	22.8	19.5
	2.0	C	0.81	243	194	162	139	127	97.2	81.0	60.8	54.0	48.6	38.4	32.4	27.8
	3.0	M	0.99	297	238	198	170	149	119	99.0	74.3	66.0	59.4	47.5	39.6	33.9
	4.0	M	1.14	342	274	228	195	171	137	114	85.5	76.0	68.4	54.7	45.6	39.1
	5.0	F	1.28	384	307	256	219	192	154	128	96.0	85.3	76.8	61.4	51.2	43.9
	6.0	F	1.40	420	336	280	240	210	168	140	105	93.3	84.0	67.2	56.0	48.0
TT11003 (50)	1.0	VC	0.68	204	163	136	117	102	81.6	68.0	51.0	45.3	40.8	32.6	27.2	23.3
	2.0	C	0.96	288	230	192	165	144	115	96.0	72.0	64.0	57.6	46.1	38.4	32.9
	3.0	M	1.18	354	283	236	202	177	142	118	88.5	78.7	70.8	56.6	47.2	40.5
	4.0	M	1.36	408	326	272	233	204	163	136	102	90.7	81.6	65.3	54.4	46.6
	5.0	M	1.52	456	365	304	261	228	182	152	114	101	91.2	73.0	60.8	52.1
	6.0	M	1.67	501	401	334	286	251	200	167	125	111	100	80.2	66.8	57.3
TT11004 (50)	1.0	XC	0.91	273	218	182	156	137	109	91.0	68.3	60.7	54.6	43.7	36.4	31.2
	2.0	C	1.29	387	310	258	221	194	155	129	96.8	86.0	77.4	61.9	51.6	44.2
	3.0	C	1.58	474	379	316	271	237	190	158	119	105	94.8	75.8	63.2	54.2
	4.0	M	1.82	546	437	364	312	273	218	182	137	121	109	87.4	72.8	62.4
	5.0	M	2.04	612	490	408	350	306	245	204	153	136	122	97.9	81.6	69.9
	6.0	M	2.23	669	535	446	382	335	268	223	167	149	134	107	89.2	76.5
TT11005 (50)	1.0	XC	1.14	342	274	228	195	171	137	114	85.5	76.0	68.4	54.7	45.6	39.1
	2.0	VC	1.61	483	386	322	276	242	193	161	121	107	96.6	77.3	64.4	55.2
	3.0	C	1.97	591	473	394	338	296	236	197	148	131	118	94.6	78.8	67.5
	4.0	C	2.27	681	545	454	389	341	272	227	170	151	136	109	90.8	77.8
	5.0	M	2.54	762	610	508	435	381	305	254	191	169	152	122	102	87.1
	6.0	M	2.79	837	670	558	482	397	310	259	196	186	167	134	112	95.7
TT11006 (50)	1.0	XC	1.37	411	329	274	235	206	164	137	110	91.3	82.2	65.8	54.8	47.0
	2.0	VC	1.94	582	466	388	333	291	233	194	146	129	116	93.1	77.6	66.5
	3.0	VC	2.37	711	569	474	406	356	284	237	178	158	142	114	94.8	81.3
	4.0	C	2.74	822	658	548	470	411	329	274	206	183	164	132	110	93.9
	5.0	C	3.06	918	738	612	525	459	367	306	230	204	184	147	122	105
	6.0	M	3.35	1005	804	670	574	503	402	335	251	223	201	161	134	115
TT11008 (50)	1.0	XC	1.82	546	437	364	312	273	218	182	137	121	109	87.4	72.8	62.4
	2.0	VC	2.58	774	619	516	442	387	310	259	194	172	155	124	103	88.5
	3.0	C	3.16	948	758	632	542	474	379	316	237	211	190	152	126	108
	4.0	C	3.65	1095	876	730	626	548	438	365	274	243	219	175	146	125
	5.0	M	4.08	1224	979	819	699	612	490	408	306	272	245	196	163	140
	6.0	M	4.47	1341	1073	894	766	671	536	447	335	298	268	215	179	153

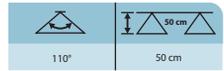


PRODUCTO DE CONTACTO	PRODUCTO SISTEMICO	MANEJO DE DERIVA
MUY BIEN	MUY BIEN	MUY BIEN
BIEN*	EXCELENTE*	MUY BIEN*

*A presiones por debajo de 2 bar (30 PSI)



Altura Ideal de Pulverización

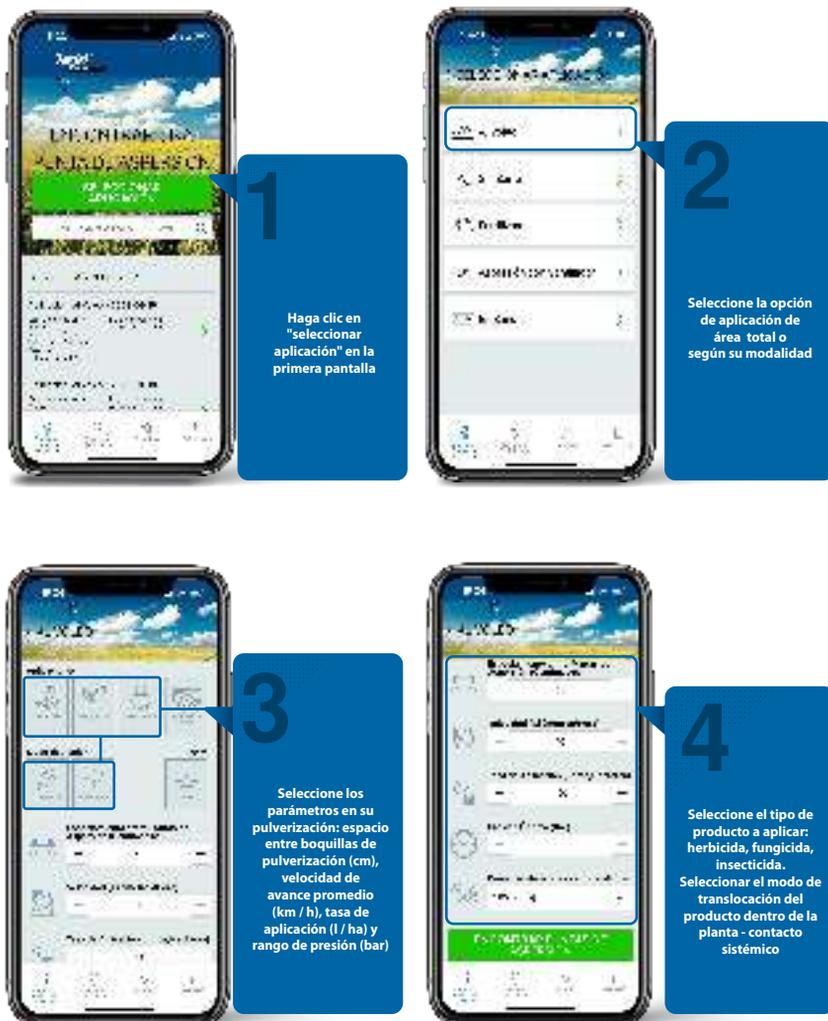


Como pedir:
Especifique el número de puntas.
Ejemplo:
TT11001-VP – Polímero de codificación de colores VisiFlo®
TT11002-VP-C – Polímero de codificación de colores VisiFlo®, Incluye tapas y sellos TeeJet Quick Connect

Nota: Siempre verifique dos veces los caudales de aplicación. Las tabulaciones se basan en la pulverización con agua a 21 ° C (70 ° F). Consulte las páginas 136-157 para ver las clasificaciones del tamaño de las gotas, fórmulas útiles y otra información.

6.3 Opción 3: Método con la aplicación SpraySelect.

Ejemplo: utilizando la aplicación SpraySelect y los mismos datos que en el ejemplo anterior, volumen de aplicación de 190 l/ha, velocidad de avance promedio de 10 km/h y distancia entre puntas de 50 cm:



1

Haga clic en "seleccionar aplicación" en la primera pantalla

2

Seleccione la opción de aplicación de área total según su modalidad

3

Seleccione los parámetros en su pulverización: espacio entre boquillas de pulverización (cm), velocidad de avance promedio (km / h), tasa de aplicación (l / ha) y rango de presión (bar)

4

Seleccione el tipo de producto a aplicar: herbicida, fungicida, insecticida.
Seleccione el modo de translocación del producto dentro de la planta - contacto sistémico



5

La aplicación SpraySelect proporcionará las principales soluciones de pulverización según los parámetros ingresados



6

Al hacer clic en la boquilla de pulverización de su elección, la aplicación proporcionará información como: rango de presión de trabajo y velocidad de operación a la que la boquilla producirá un cierto tamaño de gota, materiales de fabricación, tipo de patrón producido, aplicaciones principales y accesorios relacionados con el modelo y el flujo de la punta seleccionada: tapa, anillo de sellado y malla de filtro de boquilla adecuada

Disponible na
App Store



DISPONIBLE NO
Google Play



TeeJet® SpraySelect
Descárguela hoy

Disponible en la App Store y
Google Play

Referencias bibliográficas

American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE) S572.1: Spray nozzle classification by droplet spectra. St. Joseph, Mich.: ASABE, 2009. 4p.

COURSHEE, R. J. Application and use of foliar fungicides. In: TORGESON, D. C. (Ed.) Fungicide: an advanced treatise. New York: Academic Press, 1967. p.239-86.

Hofman, V. e Solseg, E. 2004. Spray equipment and calibration. North Dakota State University AE-73. North Dakota State University, Fargo.

International Standard. Agricultural and forestry machinery - Inspection of sprayers in use - Part 2: horizontal boom sprayers. (ISO 16122-2:2015)

MATUO, T.; PIO, L. C; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. Tecnologia de aplicação e equipamentos. In: ABEAS - Curso de proteção de plantas. Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 85 p. 2001.

MATUO, T. Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

ROSS, M., e LEMBI, C.A. 1985. Applied Weed Science. Burgess Publishing Company, Minneapolis. p. 133-139.

Syngenta. Water-Sensitive Paper. Disponible en: <https://www.syngenta.com.au/awri>. Acceso en: 12/07/2021.



TeeJet México, Central America & The Caribbean
Acceso B No. 102
Parque Industrial Jurica
76120 Querétaro, Qro., México.



+52-442-218-4571



@teejet_mx



@TeeJetMex

www.teejet.com