



Guía de calibración

Equipos de aplicación de
productos fitosanitarios (EAPF)

PUBLICACIÓN ELABORADA POR:

Gestión del Medio Rural de Canarias, SAU.

Área de Agricultura – División de Proyectos.

Servicio de Sanidad Vegetal. Dirección General de Agricultura.

Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Gobierno de Canarias.

COORDINADOR DE LA PUBLICACIÓN:

Manuel Morales González.

© del texto: Los autores.

© de las imágenes: GMR Canarias y autores citados.

Depósito legal: TF 138-2021.

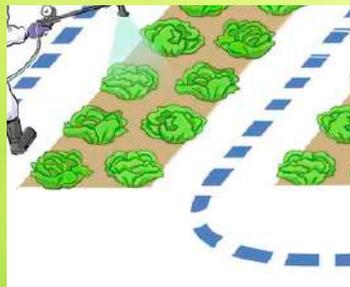
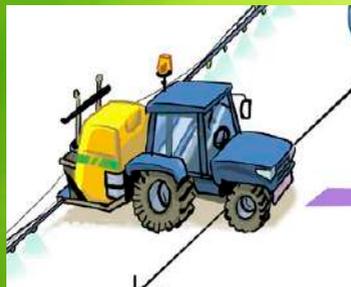
Marzo 2021.

Guía de calibración

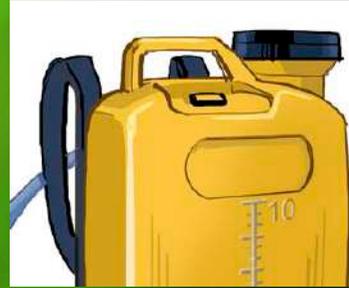
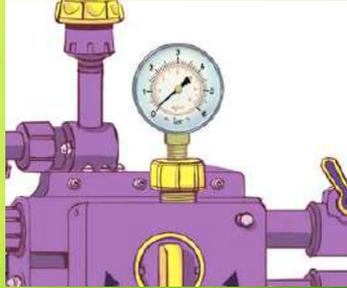
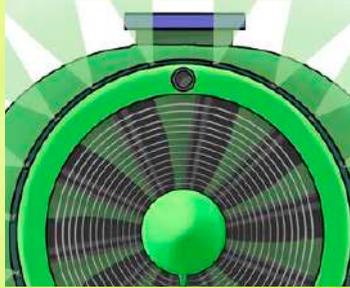
Equipos de aplicación de
productos fitosanitarios (EAPF)

Esta publicación ha sido cofinanciada mediante recursos del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), articulados a través del Programa de Cooperación Territorial INTERREG V A España-Portugal MAC 2014-2020.

Índice



Preámbulo	4
Introducción	5
1.-Definición de calibración	6
Condiciones del cultivo.....	7
Los productos fitosanitarios	9
Los equipos de aplicación.....	13
2.-Relación entre los parámetros iniciales a la calibración	16
Anchura de trabajo.....	20
Caudal y presión de trabajo	21
Velocidad de avance.....	23
3.-Ejercicios prácticos:	24
Práctica 1: Determinación de la velocidad de avance del conjunto formado por el tractor y el EAPF.....	25
Práctica 2: Determinación de la velocidad de avance del conjunto formado por el aplicador y el EAPF.....	27
Práctica 3: Determinación del caudal de la boquilla.....	29



Práctica 4: Determinación del ancho de trabajo de una boquilla para CPB o CPA	32
Práctica 5: Determinación del ancho de trabajo de un carro de tratamiento para CPA entutorado	34
Práctica 6: Control de orugas en cultivo de lechugas.....	38
6.1 Parte teórica	38
6.2 Trabajo con parámetros de calibración: Supuestos	40
6.3 Preparación del tratamiento	41
6.4 Verificación de resultados	44
4.-ANEXO I. Boquillas	45
4.1.-Material de fabricación.....	46
4.2.-Tamaño de gota	46
4.3.-Tipo de boquilla	47
4.4.-La deriva	50
Siglas.....	52
Referencias bibliográficas.....	53



Preámbulo

Esta guía está orientada hacia el sector hortofrutícola, forestal y jardinero, tanto a técnicos y aplicadores que quieran iniciarse, como a los que pretendan usarlo como guía a la hora de establecer criterios de calibración de equipos de aplicación de productos fitosanitarios, dentro de un campo sujeto a multitud de vías que persiguen todos una eficaz aplicación.



Introducción

El equipo de aplicación de productos fitosanitarios es único dentro del conjunto de máquinas existentes en el ámbito agrícola, forestal y en jardinería. Se usa para aplicar medios de defensa fitosanitarios, con el objetivo de proteger a las plantas de los efectos perjudiciales de las plagas, enfermedades y malas hierbas. Es primordial que las personas que aplican plaguicidas estén adecuadamente formadas para manipular estas máquinas, dominen principios generales de sanidad vegetal y por supuesto conozcan los productos que aplican. De modo que el objetivo marcado se realice con seguridad para el consumidor, el trabajador y con respeto por el medio ambiente, tal y como se indica en el RD 1311/2012, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de productos fitosanitarios.

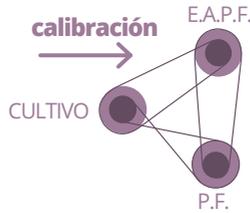


Definición de **calibración**

Se entiende por calibración al resultado de definir qué instrumentos y qué posiciones deben adoptar los diferentes elementos de regulación de un equipo de aplicación de productos fitosanitarios, ante una situación vegetativa de un cultivo en particular, dentro de las características específicas de un plaguicida determinado, para conseguir controlar o erradicar el agente nocivo.

El trabajo de calibración toma una forma inicial teórica partiendo de unos datos básicos, continúa con un ensayo práctico de regulación del equipo y termina con la verificación de los parámetros de aplicación, en un lugar adecuado para ello o en el campo a tratar.

Nunca se podrá realizar una calibración si no existe un conocimiento previo del tipo de cultivo a tratar, del producto fitosanitario a emplear y por supuesto del correcto funcionamiento de la máquina de aplicación. Es lo que marca la diferencia con las revisiones de mantenimiento y conservación periódica de la máquina, concebidas en el manual de usuario.



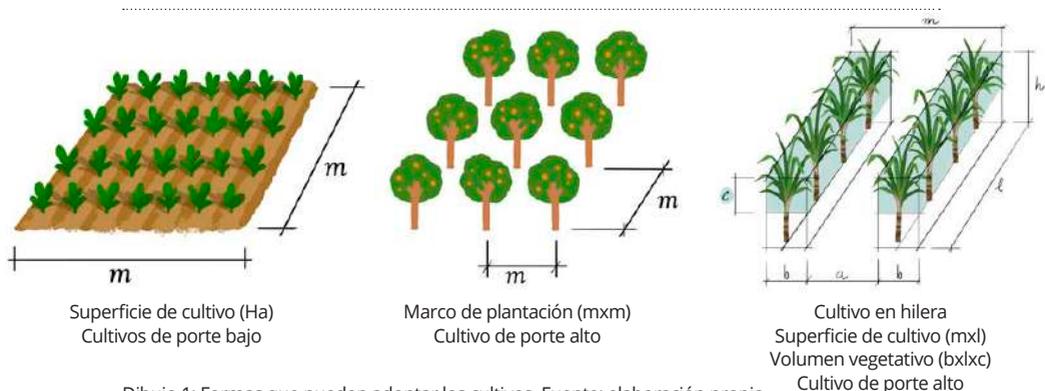
PARÁMETROS INICIALES A LA CALIBRACIÓN:

Las técnicas de cultivo, los productos fitosanitarios así como las máquinas de aplicación existentes hoy día, pueden ser desde lo más habitual y sencillo hasta lo más novedoso, altamente moderno o específico. Pese a esta evolución, que hay que tener presente, se deben conocer y poder extraer de cada uno sus aspectos básicos y dominar como interrelacionarlos entre sí.

1.1.-Condiciones del cultivo.

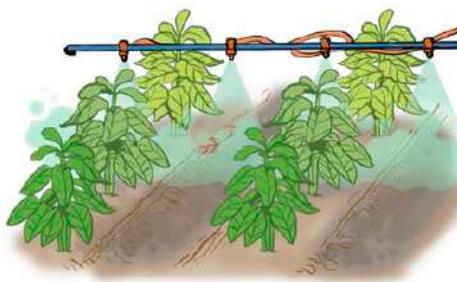
Los cultivos adoptan una distribución en el espacio atendiendo a los criterios técnicos de producción. Se pretende entonces saber cómo se presentan en el terreno, con el fin de conseguir un buen grado de cobertura del PF con el EAPF más conveniente.

Se establecen dos tipos; cultivos de porte bajo CPB y cultivos de porte alto CPA. Ambos tipos pueden verse al aire libre o protegido bajo malla o invernadero. Los parámetros comunes a tener en cuenta en la calibración son: la superficie de terreno que ocupa el cultivo (Ha), el marco de plantación (m x m), volumen foliar (m³), estado de desarrollo y nutricional del cultivo y sanidad del mismo, entre otros. Existen métodos específicos que ayudan a determinar el volumen de masa foliar, creados a partir de investigaciones que han realizado varios autores. En la presente guía sólo se tratará como superficie plana, ya que con el tiempo y la práctica cada técnico o aplicador puede orientarse por emplear el método que más se adapte a su cultivo (dibujo 1). Es importante que la uniformidad de estos parámetros sea constante en toda la parcela. Si hubiera cambios, habría que tenerlos en cuenta cuando se llegue a ellos.



Dibujo 1: Formas que pueden adoptar los cultivos. Fuente: elaboración propia.

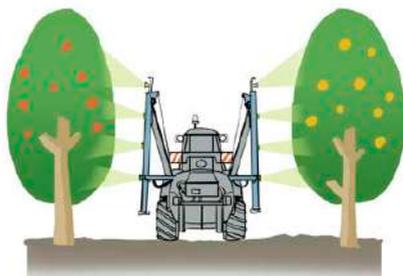
A.-Cultivos de porte bajo CPB: son aquellos que normalmente se desarrollan cerca de la superficie del suelo y que no superan cierta altura. La orientación de la aplicación es perpendicular a la superficie del terreno, aunque puede variar unos grados. Dicho de otra forma, se aplica por la parte superior de la planta de modo que se consiga una buena cobertura en todo el cultivo (dibujo 2). Esta técnica de aplicación y este tipo de cultivos van a determinar la creación de EAPF conocidos como de barras horizontales o de porte bajo, además de las carretillas (pulverizador hidráulico) y mochilas espolvoreadoras y pulverizadoras.



Dibujo 2: Cultivo de porte bajo, tipo de aplicación. Fuente: Elaboración propia.

B.-Cultivos de porte alto CPA: son todos aquellos que se desarrollan verticalmente a la superficie de cultivo como los entutorados - en todas sus variantes - arbustivos y arbóreos. La orientación de

la aplicación es normalmente paralela a la superficie del terreno o perpendicular al tallo o tronco principal del cultivo, pudiendo variar unos grados en función de las dimensiones tanto del equipo como del cultivo objetivo. En este tipo de cultivo se han utilizado máquinas con barras verticales (pulverizador hidráulico) y más recientemente los pulverizadores hidroneumáticos (atomizadores y nebulizadores), además de poder emplear también mochilas y carretillas.



Dibujo 3: Cultivo de porte alto, tipo de aplicación. Fuente: Elaboración propia.

1.2.-Los productos fitosanitarios.

Son las sustancias o preparados destinados a combatir los agentes nocivos para los cultivos y productos vegetales, además de prevenir su acción. Se deben transportar, almacenar, conservar y manipular con seguridad.

El método de seguimiento y observación del cultivo, llevado a cabo por el agricultor o técnico, es lo que va a determinar si existe la necesidad de usar un determinado PF debido a la presencia de algún agente nocivo. Se seleccionará siempre aquellas materias activas de menor impacto ambiental.

El PF debe cumplir con la legalidad vigente en cada país.

En España, según el RD 1311/2012, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de productos fitosanitarios, todos los usuarios profesionales, vendedores y per-

sonal auxiliar en el manejo de productos fitosanitarios, deberán disponer de un carnet que acredite unos conocimientos sobre el uso y manejo de los mismos.

Con este real decreto, surge también la figura del asesor en GIP, que debe de estar inscrito en el ROPO (Registro Oficial de Productores y Operadores). Existen explotaciones que por sus características, deben tener este asesor acreditado.

En el siguiente enlace se pueden comprobar las que están exentas en la obligatoriedad de tener asesor: <https://tinyurl.com/y7lcw6xz>

Una vez autorizado su uso, se pasa a leer la etiqueta del mismo para obtener las características que lo definen, como son:

A.-Tipo de agente nocivo sobre el que actúa: insecticida, acaricida (ovicida, larvicida, adulticida), fungicida (preventivo o curativo), nematocida, herbicida (presiembrado, preemergencia o postemergencia), repelentes, bactericidas, molusquicida, otros. Van a determinar el tipo de EAPF así como el tipo de boquilla, el tamaño de gota y el grado de uniformidad en el cultivo, para el caso de los pulverizadores.

B.-Tipos de cultivos para los que el PF esté autorizado: si en la etiqueta no aparece el nombre del cultivo o familia a la que pertenece debe considerarse como no autorizado.

C.-Dosis de aplicación: identificar en qué forma viene expresado.

Cantidad de PF en litros de agua para formar un caldo expresado en: %; gramos/litro (g/l); cc/litro (cc/l); l/Hl (l/100l) otros.

Cantidad de PF por unidad de superficie referido a suelo o cultivo: l/ha y kg/ha.

·Cantidad de caldo por volumen de follaje: l. caldo/m³.

Para evitar sobrantes, es aconsejable determinar qué cantidad de

PF adquirir relacionándola con la superficie objetivo a tratar.

Calcular bien la cantidad de caldo a preparar para evitar que sobre el mismo. Si sobra se debe gestionar adecuadamente (bolsas de evaporación, etc).

D.-Formulación del producto y modo de aplicación: sólido, líquido o gaseoso. Van a definir tres tipos de máquinas. Espolvoreadores, que aplican productos en estado sólido, en forma de polvo que son arrastrados por una corriente de aire. Pulverizadores, que aplican líquidos como soluciones acuosas o suspensiones a través de pulverización hidráulica, pulverización neumática o ambas combinadas (hidroneumáticas). Fumigadores, para PF en estado gaseoso. También se pueden aplicar en estado líquido sin diluir a ultra bajo volumen ULV, lo que requiere máquinas con boquillas centrífugas o pulverizadores diseñados para esta técnica de aplicación. En la etiqueta se indica, mediante siglas (cuadro I) cómo se presenta el PF, y el estado físico de cómo se aplican. Esta información es importante contemplarla ya que va a determinar el tiempo de funcionamiento del sistema de agitación del EAPF, para conseguir que se aplique un producto homogéneo desde el inicio del tratamiento hasta el final del mismo. Unos productos se disuelven y otros no, quedan en suspensión, por lo que es conveniente tener el sistema de agitación en marcha al menos 5 minutos después de introducir el producto en la cuba y durante todo el proceso de aplicación.

PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO FITOSANITARIO		
SIGLAS	ESTADO DEL PF	ESTADO DE LA APLICACIÓN
DP	Sólido. Polvo para espolvoreo	Sólido, espolvoreo
WP	Sólido. Polvo mojable	Líquido, pulverización
WG	Sólido. Gránulos dispersables	Líquido, pulverización
CS	Suspensión de cápsulas	Líquido, pulverización
SC	Suspensión concentrada	Líquido, pulverización
SP	Sólido. Polvo soluble	Líquido, pulverización
EW	Emulsiones acuosas	Líquido, pulverización
SE	Suspension emulsiones	Líquido, pulverización

PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO FITOSANITARIO		
SIGLAS	ESTADO DEL PF	ESTADO DE LA APLICACIÓN
EC	Emulsiones concentradas	Líquido, pulverización
LS	Líquido soluble	Líquido, pulverización
LE	Líquido emulsionable	Líquido, pulverización
LA	Líquido autoemulsionable	Líquido, pulverización
SU	Suspensión Ultra Bajo Volumen	Líquido, directo
GR	Sólido. Partículas	Sólido, gránulos
DT	Tabletas para aplicación directa	Sólido, directo

Cuadro I. Estado de algunos PF, forma de aplicación. Fuente: elaboración propia.

E.-Según cómo se comporta en la planta: sistémicos, penetrantes o translaminares y superficiales o de contacto. Van a determinar el grado de cobertura en la planta. Los menos exigentes son los sistémicos, seguido de los penetrantes y finalmente los de contacto.

F.-Según su especificidad: polivalentes (o de amplio espectro) y específicos (o selectivos) en función de que actúen sobre muchos organismos nocivos o unos pocos. La especificidad es importante si además se pretende proteger a la fauna auxiliar presente.

G.-Según su modo de acción: por contacto, ingestión, inhalación, repelentes, atrayentes. Es importante conocer al organismo nocivo, su biología, estado de desarrollo, estado más sensible, densidad en el cultivo, tipo de hoja. Se puede así determinar, en el caso de pulverización, los tipos de boquillas más adecuados y el tamaño de gota más recomendable, para conseguir que el PF actúe por su modo de acción (cuadro III).

Como nota final recordar cómo proceder a la hora de preparar el caldo:

- 1).-Seguir indicaciones de la etiqueta en relación a la dosis así como cualquier otra que pudiera señalar (por ejemplo indicaciones relativas a las seguridad).
- 2).- Introducir inicialmente el agua en la cuba (1/2 o 1/3 del agua requerida).

3).-Posteriormente el corrector de PH (imprescindible en aguas alcalinas).

4).-A continuación los productos fitosanitarios siguiendo el criterio: primero los de pH más bajo (ácido) y posteriormente los de pH más alto (básico).

5).-En cuanto a la naturaleza del producto fitosanitario, el orden sería:

.Gránulos solubles.

.Gránulos dispersables.

.Polvos mojables.

.Suspensión concentrada.

.Líquidos emulsionables.

.Mojantes. Aceites.

.Líquidos solubles.

6).-En zonas con aguas alcalinas la aplicación debe realizarse lo antes posible para evitar pérdidas de estabilidad de la mezcla y por tanto de eficacia.

7).-Mantener el sistema de agitación activo desde el momento de la mezcla hasta y durante la aplicación del caldo.

Más información: <https://tinyurl.com/y8yke8gt>.

1.3.-Los equipos de aplicación.

Un EAPF certificado y homologado debe cumplir con:

1).-La normativa de seguridad para el usuario (trabajador aplicador).

2).-Calidad intrínseca que garantice una calidad mínima de la aplicación.

3).-Medidas mínimas que garanticen la protección la protección del medioambiente.

Todo EAPF debe estar registrado y someterse a las correspondientes inspecciones periódicas, en función a la legislación vigente.

Con independencia de la naturaleza de los EAPF, se pueden establecer una serie de elementos o piezas en común (dibujo 4). Estas

deben ser fácilmente reconocibles por el aplicador y saber su utilidad dentro de la máquina, como son:

A.-Depósito principal, fabricado generalmente en polietileno de alta densidad o fibra de carbono. Está diseñado para albergar el caldo. Tiene unos elementos filtrantes en la boca de entrada y en la salida. Debe incluir un dispositivo indicador de nivel, que permita visualizar que cantidad de caldo o agua.

Se pueden encontrar otros tipos de depósitos dentro del EAPF como, por ejemplo, los que facilitan la introducción del PF en la cuba o los que almacenan agua limpia para enjuagar el equipo, una vez finalizada la aplicación.

B.-Bomba de impulsión hidráulica accionada por un motor de combustión interna, mediante toma de fuerza del tractor, eléctrico o manual, que va a garantizar una presión de trabajo que permite el funcionamiento de la pulverización. Para el caso de los equipos que empleen aire como medio de transporte, también se localizará una turbina o hélice

C.-Distribuidor o regulador donde se contemplan elementos como válvulas, manómetro, baipás y reguladores de presión o de caudal.

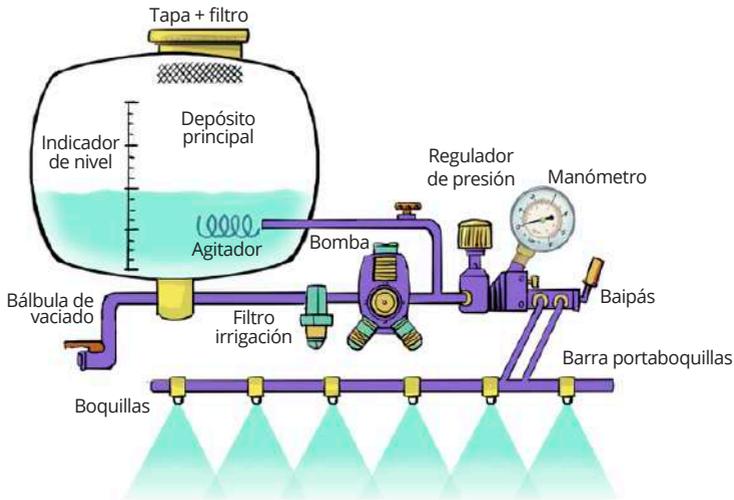
D.-Sistema de agitación que garantice homogeneidad en el caldo. Puede ser hidráulico o mecánico, para los equipos pulverizadores o vibratorio para el caso de los espolvoreadores.

E.-Tuberías rígidas y flexibles que conducen el caldo desde el depósito hasta las boquillas pasando por la bomba.

F.-Boquillas que son las responsables de romper la vena líquida en finas gotas que tienen como destino, cubrir una superficie penetrando en la masa vegetal. En el anexo I se pueden ver aspectos de estos elementos.

G.-Portaboquillas que puede ser una barra regulable, que adopta

diferentes posiciones en función del tipo de equipo, o terminar en forma de pistola a partir de una manguera flexible.



Dibujos 4: Elementos comunes en un EAPF. Pulverizador. Fuente: Elaboración propia.

Todo EAPF debe tener su manual de instrucciones donde se indique su mantenimiento, uso correcto y en algunos casos, tablas de calibración que relacionan caudales, boquillas y velocidades de avance para las que ha sido diseñada. La adquisición de un EAPF requiere un gasto económico importante, conocerlos ayuda a acertar y cubrir las necesidades cuando sea preciso su uso.



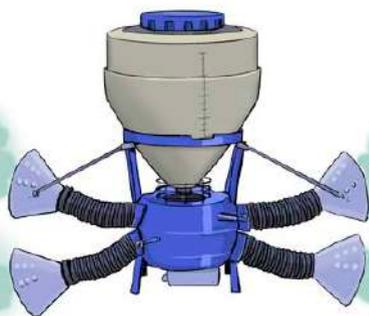
2

Relación entre los **parámetros iniciales** a la **calibración**

Después de un primer paso, que ha consistido en conocer las diferentes alternativas y características que ofrecen cada uno de los tres parámetros iniciales (cultivo, EAPF y productos fitosanitarios) se puede resumir en el cuadro II con el objetivo de visualizar la interrelación entre ellos.

PARÁMETROS / TIPOS DE EAPF		ESPOLVO-READOR	PULVERIZA-DOR HIDRÁULICO	PULVERIZA-DOR HIDRO-NEUMÁTICO, ATOMIZADOR	PULVERI-ZADOR CENTRÍ-FUGO	PULVERI-ZADOR NEUMÁ-TICO
ESTADO DE LA APLICACIÓN	LÍQUIDO		X	X	X	X
	SÓLIDO	X				
TIPO DE CULTIVO	CPB	X	X		X	X
	CPA	X (entutorados)	X	X		X
TIPO DE ACCIONAMIENTO	SUSPENDIDO ARRASTRADO AUTOPROPULSADO	X	X	X	X	X
	ESTACIÓN FIJA		X	X		X
	SEMIMÓVILES, CARRETILLAS		X			
	MOCHILAS	X	X	X	X	X
TIPO DE SALIDA	BARRA HORIZONTAL	X	X		X	X
	BARRA VERTICAL	X	X	X		X
	BARRA CIRCULAR			X		
	PISTOLA O LANZA	X	X		X	X
	CAÑÓN	X		X		X

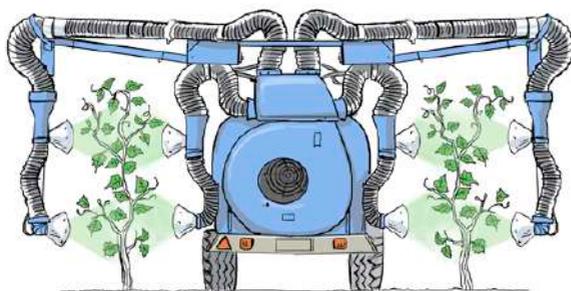
Cuadro II. Relación de parámetros iniciales con características de los EAPF.
Fuente: elaboración propia.



A: EAPF tipo espolvoreador suspendido



B: EAPF tipo hidroneumático



C: EAPF tipo neumático



D: EAPF tipo pulverizador hidráulico de mochila

Dibujo 5: Tipos de EAPF. Fuente: Elaboración propia.

Ante un tratamiento con productos fitosanitarios, se debe tener en cuenta, entre otros, el coste del mismo (gastos de combustible y/o de productos fitosanitarios), efecto sobre el medio ambiente, eficacia del tratamiento y sobre todo la seguridad e higiene del trabajador (aplicador). Por tanto, a la hora de adquirir o alquilar un EAPF es conveniente conocer el cultivo que se tiene, dimensiones de la parcela, la cantidad de producto fitosanitario a utilizar, la autonomía de trabajo del equipo, así como otras características como el tamaño de gota y presiones de trabajos y tamaño de cuba. Todo esto con la finalidad de hacer un tratamiento fitosanitario lo más eficaz posible con un corto tiempo de aplicación del mismo.

Así para parcelas y/o explotaciones de gran superficie y monocultivo serán preferibles equipos de gran capacidad (> 200 litros) y para parcela pequeñas y diferentes cultivos son preferibles carretillas (< 100 litros) y/o mochilas (< 20 litros). Ver cuadro III

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS / EAPF		ESPOLVO-READOR	PULVERIZA-DOR HIDRÁULICO	PULVERIZA-DOR HIDRO-NEUMÁTICO, ATOMIZADOR	PULVERIZA-DOR CENTRÍ-FUGO	PULVERIZA-DOR NEUMÁTICO
CAPACIDADES DE LA CUBA PRINCIPAL	SUSPEN-DIDO	50-125 Kg	200-1200 L	200-1000 L	200-1200 L	200-1200 L
	ARRASTRA-DO	500-1000 Kg	200-4500 L	1000-5000 L	200-1000 L	1000-5000 L
	AUTOPRO-PULSADO	500-1000 Kg	2000-5000 L	2000-5000 L	1000-2000 L	2000-5000 L
	ESTACIÓN FIJA		500-5000 L	500-5000 L		500-5000 L
	SEMIMÓVI-LES, CARRETI-LLAS		50-300 L			
	MOCHILAS	5-8 Kg	5-20 L	7-15 L	1-15 L	7-23 L
PRESIONES DE TRABAJO (bar)/ VELOCIDAD DEL AIRE (m/seg)	CPB	25 m/seg	2-8 bar		1-3 bar	3-8 bar/xxx
	CPA	25 m/seg	20-40 bar hortícola entutorado	20-60 bar/25 -40 m/seg arbusto y arbóreo		5-15 bar/250Km/h
	PISTOLA O LANZA		20-40 bar		1-3 bar	
	MOCHILA MOTORI-ZADA	7 m/seg	1-5 bar		1-3 bar	1-3 bar/9 m/seg
	MOCHILA MANUAL	2 m/seg	1-3 bar			
TIPO DE BOQUILLA EMPLEADA	CPB	Difusores	Hendidura Cónicas Espejo Varias		Rotativa con placa	Cónica
	CPA	Difusores	Hendidura Cónicas	Cónicas		Cónica
	PISTOLA O LANZA		Hendidura Cónicas			
	MOCHILA MOTORI-ZADA	Difusor	Hendidura Cónicas		Rotativa con placa	Cónica
	MOCHILA MANUAL	Difusor	Hendidura Cónicas			

Cuadro III. Características de los EAPF. Fuente: elaboración propia.

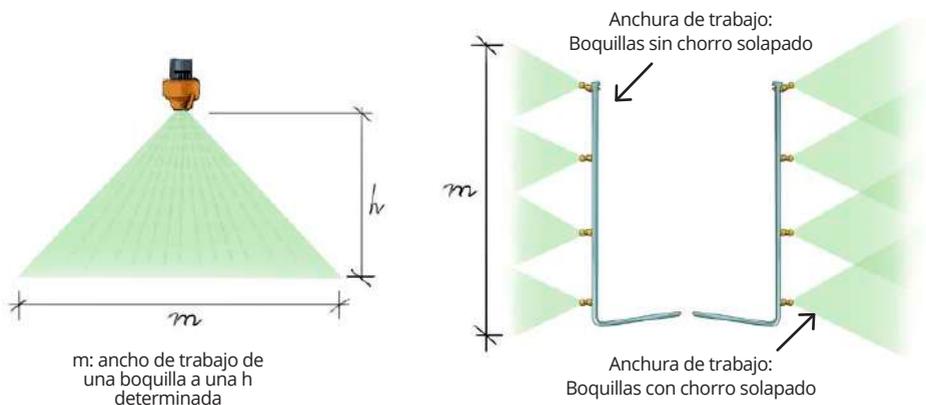
PROCESO DE REGULACIÓN DEL EAPF EN LA CALIBRACIÓN

Una vez conocidos los tres parámetros previos a la calibración (cultivo, EAPF y producto fitosanitario), es en el EAPF donde se van a llevar a cabo una serie de regulaciones y adaptaciones que ayudarán a que la aplicación sea correcta. Antes es necesario conocer qué herramientas (ver prácticas), cálculos y elementos del equipo, intervienen en la combinación de los auténticos parámetros de calibración, comunes en toda aplicación como son la anchura de trabajo, el caudal, la presión y la velocidad de avance.

Para los cálculos es necesario conocer la dosis de aplicación del PF y la superficie a tratar (ver casos prácticos). El equipo debe tener sus revisiones al día y todos sus elementos deben funcionar correctamente.

2.1.-Anchura de trabajo.

Es la longitud en metros, de la proyección de la aplicación que tiene lugar en la superficie objeto. Puede proceder de una o varias boquillas (dibujo 6). Esta anchura de trabajo debe tener una distancia al objetivo lo más constante posible para no verse modificada.



Dibujo 6: Ancho de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Cada boquilla está diseñada para trabajar a una cierta distancia, distancia entre ellas y altura con respecto al cultivo, es por ello que hay que consultar el manual del equipo o el catálogo de la boquilla para conseguir el dato.

Por norma general, se recomiendan alturas que van desde 0,2 a 0,9 m y en el caso de ir colocadas sobre una barra portaboquillas, se separan de 0,3 a 0,75 m que puede llegar a ser hasta de 1 m para las boquillas de espejo en CPB.

2.2.-Caudal y presión de trabajo.

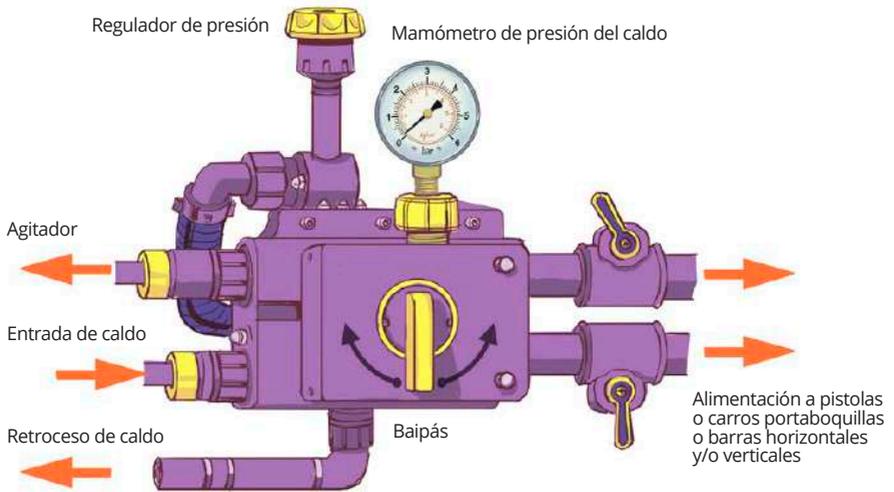
El caudal representa la cantidad de agua o caldo, en litros por minuto, que sale por las boquillas a una determinada presión (práctica 3). Durante la aplicación, el caudal debe mantenerse constante. La presión se mide normalmente en bar o Kg/cm² y se verifica en el manómetro, único elemento que permite saber que el caudal en las boquillas permanece constante (dibujo 7).



Dibujo 7: Manómetros. De rango superior a la presión máxima de la bomba.
Fuente: Elaboración propia.

En un EAPF se debe conocer la franja de presiones y caudales a las que trabajan las boquillas para garantizar una buena aplicación. Una vez conocidas (práctica 3), se puede averiguar si funcionan correctamente aconsejando su cambio en caso que sufra un desgaste $\pm 10\%$ del caudal nominal indicado por el fabricante.

Como se indicó anteriormente, es en el distribuidor (dibujo 8) donde se localizan las válvulas de apertura y cierre de -por ejemplo- secciones de barras o mangueras de pistolas. El sistema de agitación en caso de ser hidráulico, el mando regulador de presión o de caudal y el manómetro. Este conjunto debe estar cerca del aplicador, de modo que le permita durante la aplicación accionar válvulas, cerrar caudal en caso de emergencia (bypass) y además observar el manómetro



Dibujo 8: Distribuidor. Conjunto de válvulas, regulador de presión, baipás y manómetro.
Fuente: Elaboración propia.

2.3.-Velocidad de avance.

Velocidad en Km/h, con la que se desplaza el EAPF y por tanto sus boquillas por la superficie a tratar avanzando perpendicularmente al ancho de trabajo y manteniendo el caudal constante. Estos parámetros (velocidad y caudal), no debe variar durante la aplicación ya que si, por ejemplo, reduce de la velocidad, aumenta la aplicación de PF sobre la superficie y por el contrario, si aumenta la velocidad se aplica menos.

En caso de realizar un tratamiento con equipo suspendido o arrastrado al tractor, es conveniente hacer ensayos previos. Se combinarán las diferentes marchas y revoluciones del motor, de modo que se garanticen las vueltas de trabajo de la bomba de impulsión y de la velocidad de avance de todo el conjunto. Esto ayuda a determinar las condiciones de regulación del tractor para velocidades particulares deseadas, dentro de una franja que van desde 7 a 20 Km/h (práctica 1º).

También se debe estudiar previamente que ruta se va a seguir para lograr pasar por toda la superficie objeto de tratamiento, recorrer el menor número de metros, esquivar los posibles obstáculos que existan o cuidar la distancia a cauces de agua u otras parcelas. Poner marcas de aplicación ayuda además a prevenir pasar dos veces por el mismo lugar.

En el caso de uso de mochilas, mangueras con pistolas o carros portaboquillas, es el aplicador el responsable de marcar la velocidad de avance, la distancia al objetivo y la apertura y cierre de la válvula. El entrenamiento previo con agua, sobre una distancia determinada cronometrada, ayuda a determinar una velocidad constante para que, llegado el momento del tratamiento la aplicación, se realice correctamente. Las velocidades están comprendidas entre 3 y 5 Km/h, cada aplicador debe conocer su ritmo o velocidad de aplicación (práctica 2).



Ejercicios prácticos

Son prácticas que aunque en esta guía se realizan sobre ejemplos concretos, se pueden llevar a cabo en diferentes EAPF y bajo diferentes situaciones de cultivo.

Se deben realizar en zonas despejadas de posibles obstáculos, al aire libre, con la colaboración al menos de dos personas y que una de ellas conozca el manejo del tractor y del EAPF.

El EAPF debe estar limpio, sin residuos de tratamientos, que no presente pérdidas en sus conducciones o válvulas. Los filtros deben estar limpios, en buen estado y con las protecciones de elementos móviles colocadas.

Como herramientas se precisa disponer de cinta métrica, metro enrollable, jarra calibrada, cronómetro, cepillo pequeño, mangueras de varios grosores, bloc de notas, calculadora y papel hidrosensible entre otros (dibujo 9).

Como equipo de protección se aconsejan botas de goma, guantes de nitrilo o látex, mono de tratamiento desechable y gafas de protección ocular



Dibujo 9: Algunas herramientas para calibrar. Fuente: Elaboración propia.

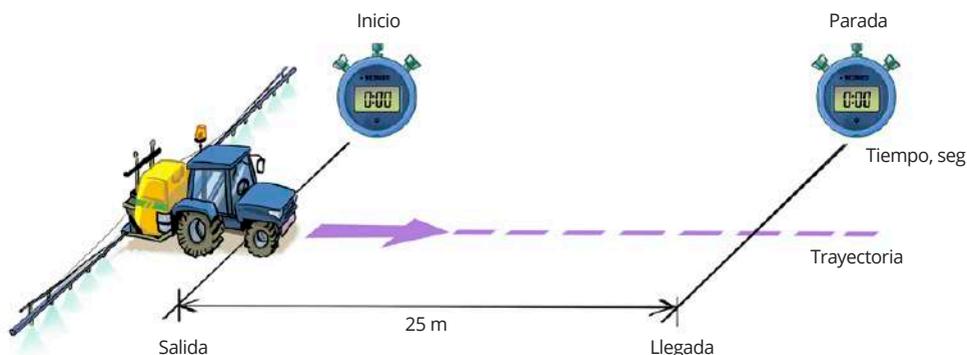
3.1.Practica 1ª:

Determinación de la velocidad del conjunto formado por el tractor y el EAPF:

.- Se marcan sobre el terreno, con ayuda de la cinta métrica, dos líneas separadas al menos 25 metros. Una línea se considera la salida y otra la llegada.

.- Se selecciona una marcha y unas revoluciones del motor (rpm) que puedan ofrecer 540 vueltas en la toma de fuerza, (tdf) y un ritmo de velocidad cómodo que permita moverse con soltura adaptado a la zona.

.- Con la ayuda del cronómetro, se toma el tiempo en segundos que tarda el tractor desde el punto de salida hasta el de llegada. El conjunto debe pasar por la línea de salida con la velocidad estable, y no detenerlo hasta atravesar la de llegada. El punto de referencia de comienzo y de parada del cronómetro con las líneas del terreno son el soporte o extremo de las boquillas (dibujo 10).



Dibujo 10: Determinación de la velocidad de avance, tractor. Fuente: Elaboración propia.

.- La operación anterior se debe realizar dos o tres veces de modo que se pueda establecer un tiempo lo más real posible. Si se suman los segundos de los tiempos obtenidos y se dividen entre el número de veces que se ha realizado la práctica, se obtiene el tiempo medio que se emplea en atravesar la distancia marcada.

.- A continuación se obtiene la velocidad en Km/h con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{(Distancia entre líneas (m) x 3,6) / Tiempo (seg) = Km/h}$$

.- Imprescindible anotar la marcha empleada y las revoluciones del motor, para conseguir la misma velocidad cuando se realice la aplicación. Se recomienda realizar la práctica con otras marchas para disponer de un abanico de velocidades que permitan elegir la que más se ajusta a las condiciones establecidas.

.- Los siguientes cuadros resumen dos ejemplos con velocidades diferentes:

ENSAYO	Distancia entre marcas (m)	Tiempo empleado en recorrerlo (seg)
1°	25	6
2°	25	6,3
3°	25	5,9
MEDIA		$(6+6,3+5,9) / 3 = 6,06$ seg
VELOCIDAD	Velocidad en m /seg	$25 \text{ m} / 6,06 \text{ seg} = 4,12 \text{ m/seg}$
	Velocidad en Km/h	$4,12 \text{ m/seg} \times 3,6 = 14,85 \approx \mathbf{15 \text{ Km/h}}$

Tabla de datos I, Práctica 1°: determinación de la velocidad tractor más EAPF.

ENSAYO	Distancia entre marcas (m)	Tiempo empleado en recorrerlo (seg)
1°	25	8
2°	25	7,9
3°	25	8,2
MEDIA		$(8+7,9+8,2) / 3 = 8,03$ seg
VELOCIDAD	Velocidad en m /seg	$25 \text{ m} / 8,03 \text{ seg} = 3,11 \text{ m/seg}$
	Velocidad en Km/h	$3,11 \text{ m/seg} \times 3,6 = 11,20 \approx \mathbf{11 \text{ Km/h}}$

Tabla de datos II, Práctica 1°: determinación de la velocidad del tractor más EAPF.

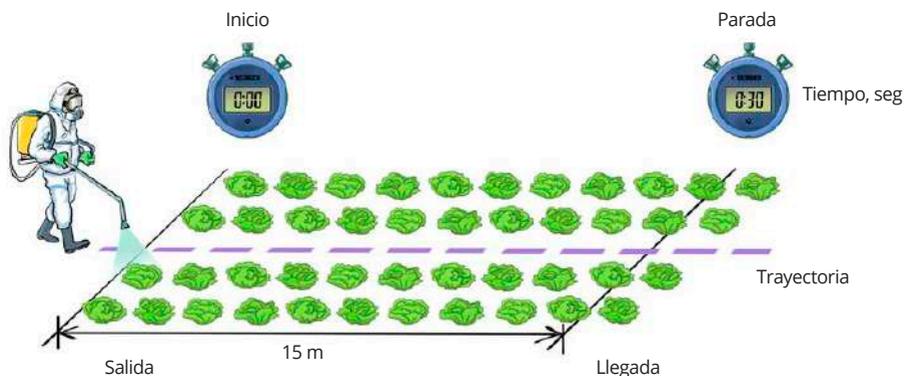
3.2.Práctica 2ª.

Determinación de la velocidad de avance del conjunto formado por el aplicador y el EAPF:

.- Se marcan sobre el terreno, con ayuda de la cinta métrica, dos líneas separadas 15 metros. Una línea se considera la salida y otra la llegada.

.- Se prepara la mochila con la mitad de carga de agua y se coloca sobre el aplicador. Éste debe coordinar varios parámetros como son el ritmo del paso, la presión de trabajo con la palanca de carga y mantener la lanza a una determinada altura. Se trata de realizar una práctica de velocidad bajo unas condiciones de aplicación real. Si se usan mangueras con pistola, resulta útil distribuir las o colocarlas por las zonas de trabajo previo al ensayo, de modo que la aplicación no se vea limitada o entorpecida por ellas.

.- Con la ayuda del cronómetro, se toma el tiempo en segundos que tarda el aplicador desde el punto de salida hasta el de llegada. El conjunto debe pasar por la línea de salida con la velocidad estable, y no detenerlo hasta atravesar la línea de llegada. El punto de referencia de comienzo y pare del cronómetro con las líneas del terreno es el extremo de la boquilla (dibujo 11).



Dibujo 11: Determinación de la velocidad de avance, aplicador. Fuente: Elaboración propia.

.- La operación anterior se debe realizar dos o tres veces de modo que se pueda establecer una media que represente un tiempo real. Si se suman los segundos de los tiempos obtenidos y se dividen entre el número de veces que se ha realizado la práctica, se obtiene el tiempo medio que se emplea en atravesar la distancia marcada.

.- A continuación se obtiene la velocidad en Km/h con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{(Distancia entre líneas (m) x 3,6) / Tiempo (seg) = Km/h}$$

.- La velocidad obtenida se debe anotar ya que hay que tenerla en cuenta en el proceso de calibración, los siguientes cuadros resumen dos ejemplos:

ENSAYO	Distancia entre marcas (m)	Tiempo empleado en recorrerlo (seg)
1º	15	17,8
2º	15	16,8
3º	15	16,3
MEDIA		$(17,8+16,8+16,3) / 3 = 16,96$ seg
VELOCIDAD	Velocidad en m /seg	$15 \text{ m} / 16,96 \text{ seg} = 0,88 \text{ m/seg}$
	Velocidad en Km/h	$0,88 \text{ m/seg} \times 3,6 = 3,18 \approx \mathbf{3 \text{ Km/h}}$

Tabla de datos III, Práctica 2º: determinación de la velocidad del aplicador con EAPF.

ENSAYO	Distancia entre marcas (m)	Tiempo empleado en recorrerlo (seg)
1º	15	13,8
2º	15	14
3º	15	13,5
MEDIA		$(13,8+14+13,5) / 3 = 13,76$ seg
VELOCIDAD	Velocidad en m /seg	$15 \text{ m} / 13,76 \text{ seg} = 1,09 \text{ m/seg}$
	Velocidad en Km/h	$1,09 \text{ m/seg} \times 3,6 = 3,92 \approx \mathbf{4 \text{ Km/h}}$

Tabla de datos IV, Práctica 2º: determinación de la velocidad del aplicador con EAPF.

.- El aplicador debe tener cierta destreza y ser responsable por lo que es imprescindible practicar para lograr aplicaciones aceptables.

3.3.Práctica 3ª.

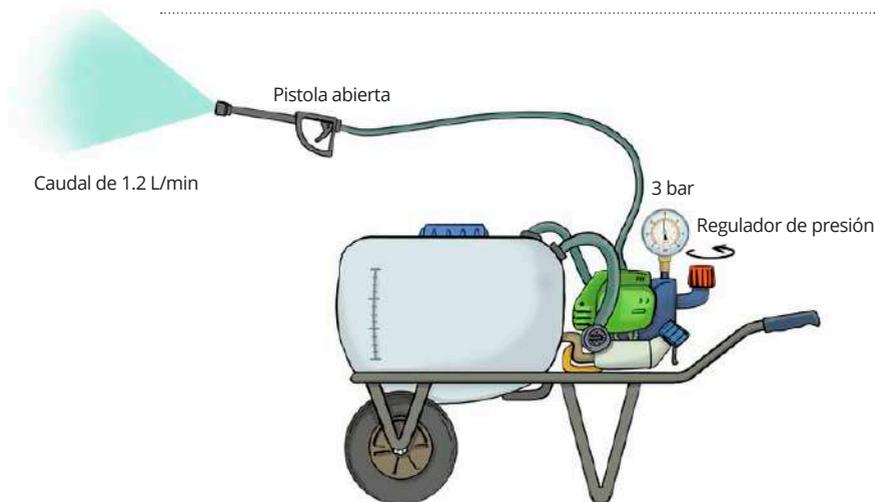
Determinación del caudal de la boquilla.

Cada EAPF dispone de boquillas que trabajan a unas presiones y caudales determinados por su diseño. En el cuadro IV se puede obtener una aproximación de cuales son, con el objeto de conocer por ejemplo, que capacidad debe tener la probeta para el ensayo. Además al comparar el caudal obtenido con el del fabricante, permite determinar la necesidad de un cambio de boquilla ($\pm 10 \%$ requiere el cambio de boquilla). Esta práctica se puede realizar en EAPF con manguera que terminan en lanza con pistola.

.- Se toman los datos del fabricante de la boquilla, presiones de trabajo y caudales, se anotan en libreta. La boquilla suele tener marcado el ángulo de proyección y el caudal medio a una cierta

presión. Se toma como ejemplo una boquilla de abanico que a 3 bar debe proporcionar 1,2 L/min.

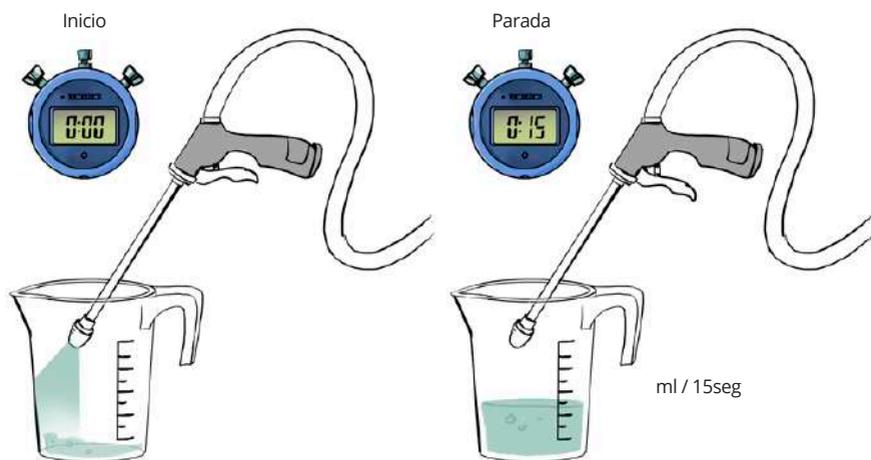
.- Se carga de agua 1/3 de la capacidad de la cuba, se desenrolla la totalidad de la manguera de su soporte - a no ser que se disponga de manómetro en la pistola - se pone la bomba en marcha a un ritmo de trabajo medio-bajo. Se abre la llave de la manguera que se esté empleando, se coloca el baipás en posición abierta y abriendo la pistola se ajusta observando el manómetro, hasta 3 bar, moviendo el regulador de presión del distribuidor. Con esto se ha regulado el equipo para trabajar a 3 bar de presión (dibujo 12). Se aprovecha este momento para verificar visualmente que el abanico o cono que forma el chorro es uniforme, ya que se puede dar el caso de tener un caudal dentro de lo establecido pero una mala distribución en la línea de proyección. En este caso se desmonta y limpia con el cepillo o se desecha la boquilla si no recupera su uniformidad, antes de seguir con la práctica.



Dibujo 12: Regular presión de trabajo de partida. Fuente: Elaboración propia.

.- Se coloca la probeta en un lugar estable, se prepara el cronómetro y se procede de la siguiente forma: se abre la llave de la pistola,

transcurridos 1 ó 2 segundos la presión se habrá estabilizado, es cuando se introduce el chorro dentro de la probeta conectando el tiempo. Tras 15 segundos, se retira el chorro del interior de la probeta cerrando la llave. Se lee y anota el caudal obtenido (Dibujos 13). Esta operación debe hacerse tres veces. La tabla de datos V refleja el proceso de cálculos. El caudal obtenido se debe anotar para usarlo con el resto de los parámetros de calibración.



Dibujos 13: Determinación del caudal de la boquilla. Fuente: Elaboración propia.

ENSAVO	Tiempo (seg)	Caudal (L)
1º	15	0,33
2º	15	0,3
3º	15	0,29
	MEDIA	$0,33+0,3+0,29/3 = 0,307$ L
	LITROS /MINUTO	$0,307$ L X 4 (15 seg X 4 = 60 seg) = 1,228 L/min
± 10 % caudal nominal de la boquilla= 1,2 L/min X 0,1 = 0,120 L /min		
Permitido por debajo del nominal= 1,2 - 0,120 = 1,080 L/min		
Permitido por encima del nominal= 1,2 + 0,120 = 1,320 L/min		
Valor obtenido = 1,228 L/min a 3 bar de presión dentro de lo permitido.		

Tabla de datos V, Práctica 3º: determinación del caudal de una boquilla.

3.4.Práctica 4ª.

Determinación del ancho de trabajo de una boquilla para CPB o CPA.

Longitud en metros de la proyección del chorro de la boquilla sobre el objetivo (dibujo F). Esta práctica es válida para CPB y CPA, si se usa EAPF con pistola, tanto si procede de una mochila, de una carretilla o de una instalación fija. El aplicador debe tener la habilidad, de no aplicar dos veces por la misma zona ya que es el responsable de dirigir el chorro. Conocer el ancho de trabajo ayuda a determinar el número de pasadas para cubrir una superficie determinada.

.- Se toman los datos del fabricante de la boquilla, presiones de trabajo, caudal, altura de trabajo al objetivo y se anotan en la libreta. La boquilla suele tener marcado el ángulo de proyección y su caudal medio a una cierta presión. Se toma como ejemplo una boquilla cónica que a 2,5 bar ofrece 0,8 L/min a una altura de 0,50 m.

.- Se carga con agua 1/3 de la capacidad de la cuba, se pone la bomba en marcha a un ritmo de trabajo medio-bajo, se abre la válvula de la manguera que se esté empleando, se coloca el bypass en posición abierto y se abre la pistola. Se ajusta el manómetro a 2,5 bar al mover el regulador de presión del distribuidor. Con esto se ha regulado el equipo para trabajar a 2,5 bar de presión (dibujo 12).

.- Se hace en un terreno llano una línea sobre la que pasará la pulverización.

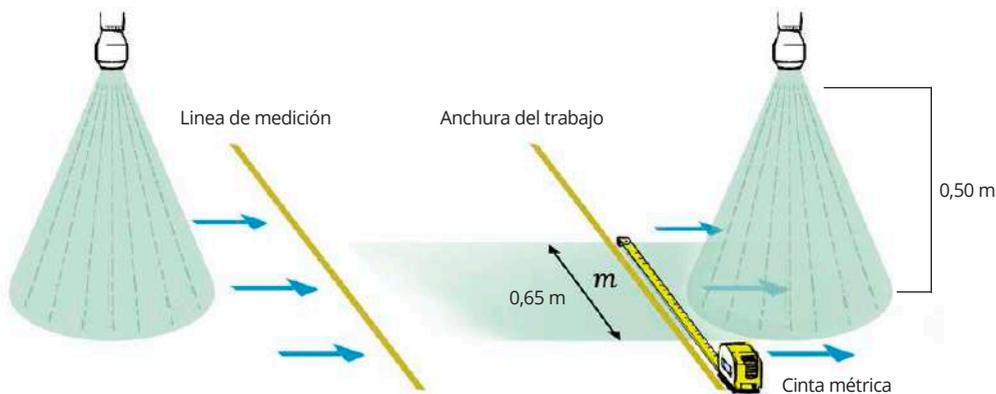
.- Con la ayuda de la cinta métrica se coloca el extremo de la boquilla a 50 cm del suelo.

.- Se abre la llave de la pistola. Transcurridos 1 ó 2 segundos, la presión se habrá estabilizado y es entonces cuando manteniendo la altura anterior, se pasa sobre la línea marcada. Para mantener esta altura de manera constante se puede colocar en la pistola un alambre que no entorpezca la proyección pero que acaricie la su-

perficie objetivo. En caso que la boquilla sea de hendidura o abanico, se cuida que la proyección y la línea marcada sean paralelas.

.- Se mide la longitud mojada sobre la línea marcada y con esto se obtiene el ancho de trabajo de esta boquilla en particular a dicha altura.

.- Se anota en libreta bajo las condiciones de presión de 2,5 bar, caudal de 0,8 L/min y altura de 0,5 m el ancho de trabajo de esta boquilla cónica es de 0,65 m (dibujo 14).



Dibujo 14 A: Cálculo del ancho de trabajo de una boquilla. Fuente: Elaboración propia.

Los equipos de pulverización hidroneumático o atomizador de mochila, requieren conocimiento previo del caudal y ancho de trabajo, en función de las rpm del motor, para realizar un tratamiento efectivo en CPA. Se deben hacer ensayos bajo diferentes regímenes del motor, con distancias al objetivo cercanas a las de trabajo, velocidades de avance conocidas por el aplicador y verificar caudales para saber que la aplicación esté dentro de lo establecido (dibujo 14 B).

Dibujo 14 B: Factores que influyen en la aplicación con mochila nebulizadora.
Fuente: Elaboración propia.



3.5.Práctica 5ª.

Determinación del ancho de trabajo de un carro de tratamiento para CPA entutorado. Esto es, la longitud total de la proyección vertical se obtiene de sumar las proyecciones de cada boquilla. Ambos lados deben ser iguales.

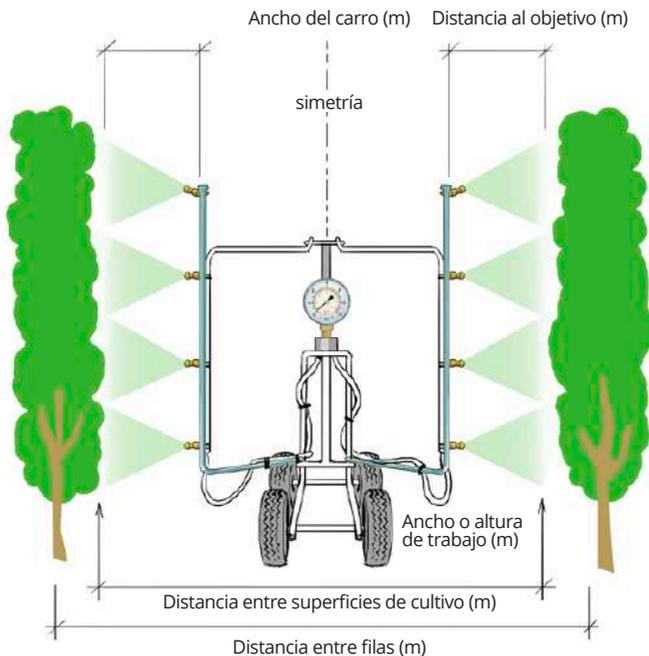
Cuando se calibra un carro portaboquillas, se toman del cultivo su altura vegetal y la distancia entre filas así como el ancho de chorro de las boquillas, la distancia al objetivo y el ancho del carro (dibujo 15). Esto significa que, un carro se puede diseñar específicamente para unas condiciones particulares de un cultivo o puede ofrecer la posibilidad de adaptarse a cultivos entutorados de diferentes dimensiones mediante regulaciones.

En su diseño puede incluirse un giratorio que albergue hasta tres boquillas diferentes, de manera que cada una ofrezca un ángulo de proyección a la distancia al cultivo y disponer, en la barra vertical, la posibilidad de regular esta separación además de la altura. La finalidad es que no se solapen los chorros de dos boquillas contiguas, antes de llegar al cultivo ni que salga por encima o por debajo de la masa vegetal. Para esta práctica se parte de un carro regulable

La práctica consiste en:

.- Se toman los datos de: número de boquillas por lateral, presiones de trabajo, caudal, separación de trabajo al objetivo y se anotan en libreta. La boquilla suele tener marcado el ángulo de proyección y el caudal medio a una cierta presión. Se toma como ejemplo un carro con tres boquillas por lateral, cada una de ellas del tipo cónica que a 2,5 bar ofrece 0,8 L/min a una separación del objetivo de 0,50 m y con una longitud de trabajo de 0,65 m.

.- Se carga 1/3 de la capacidad de la cuba, se colocan en posición de trabajo todas las boquillas. Se pone la bomba en marcha a un ritmo de trabajo medio-bajo, se abre la llave de la manguera que alimente al carro y la válvula de éste, se ajusta el manómetro a 2,5 bar moviendo el regulador de presión del distribuidor. Con esto se han regulado todas las boquillas para que trabajen a la presión indicada.



Dibujo 15: Carro portaboquillas. Fuente: Elaboración propia.

.- Se aprovecha para visualizar la homogeneidad de los chorros y la orientación de cada una de las boquillas en ambos lados del carro. Se tiene en cuenta aquellas que visualmente no ofrezcan uniformidad, para proceder a su limpieza o cambio.

.- Se cierra la válvula del carro y se detiene la bomba de impulsión.

.- Se desmontan y se limpian con el cepillo o se sustituyen, las boquillas que no funcionaban correctamente.

.- A continuación se vuelve a poner la bomba en marcha, se abre la llave de alimentación del carro y se verifica que la presión de trabajo se mantiene en los 2,5 bar iniciales.

.- Con la ayuda del metro metálico enrollable, se mide perpendicularmente desde la barra y entre dos boquillas hasta el punto de corte de las dos proyecciones.

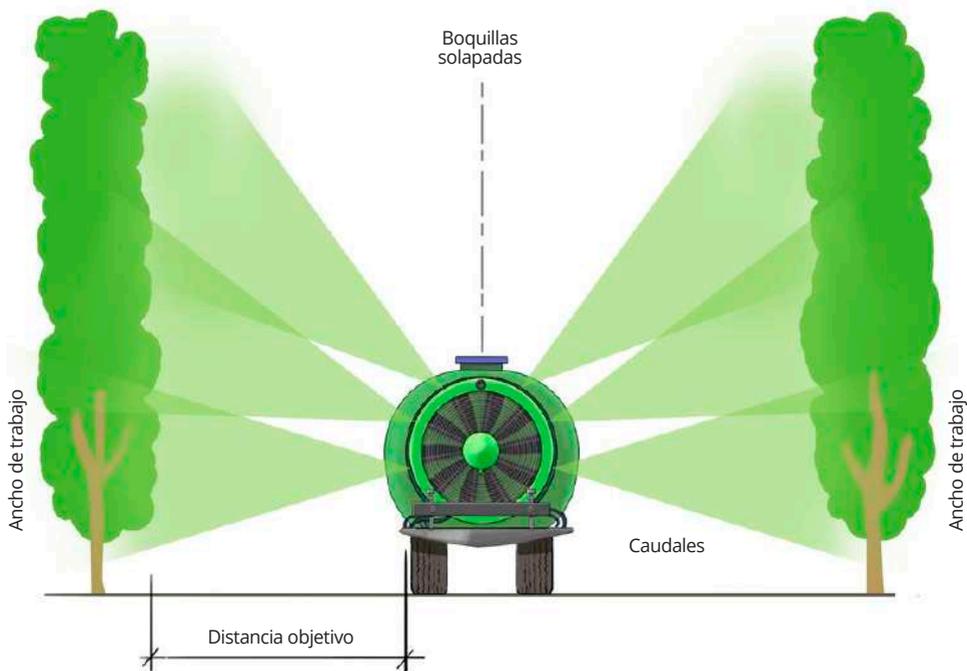
.- Esta distancia obtenida, 0,5 m para esta práctica, será la que debe haber entre las boquillas y el cultivo por ambos lados del carro.

.- Se extiende y coloca la cinta metálica del metro paralela a la barra y se va separando hasta llegar al punto de corte de los chorros, se pone el extremo del metro en la parte inferior que proyecta sobre la cinta y lo mismo por la parte superior. Se obtiene así la altura o anchura de trabajo. Si se tienen tres boquillas y se cumplen los criterios de diseño, esta medida debe ser de $0,65 \text{ m} \times 3 = 1,95 \text{ m}$.

En cultivos entutorados bajo invernadero, se suelen colocar entre las filas algún mecanismo que hace de guía central al carro porta-boquillas, de modo que permita que éste se desplace a lo largo de la fila, manteniendo la distancia a ambos lados del cultivo por igual. Para el caso de esta práctica, sólo faltaría situar el carro sobre la guía central y regular, cada una de las barras, en la distancia de trabajo de las boquillas al cultivo, obtenida de 0,50 m y a la altura de vegetación de 1,95 m.

Esta práctica también es aplicable para determinar la altura o ancho de trabajo en EAPF del tipo pulverizadores suspendidos, arrastrados o autopropulsados, que traten cultivos entutorados bajo invernaderos o al aire libre con barras en forma de U.

En ocasiones, en el diseño de las barras o segmentos portaboquillas, se tiene en cuenta que los chorros se solapan antes de llegar a la masa vegetal, como ocurre en los EAPF tipo hidroneumático. El ancho de trabajo, queda delimitado por los límites inferior y superior del trabajo en conjunto de los chorros. Se puede disponer incluso, dentro de un mismo lateral o segmento, de boquillas de diferentes caudales en función de la distribución de la mayor o menor masa vegetal, con respecto a la vertical, pero manteniendo simetría entre los dos laterales (dibujo 16).



Dibujo 16: Sectores de boquillas que solapan el chorro. EAPF hidroneumático. Fuente: Elaboración propia.

3.6. PRÁCTICA 6ª.

Control de orugas en cultivo de lechugas (dibujo 17).

6-1 PARTE TEÓRICA.

.- Características del PF a emplear:

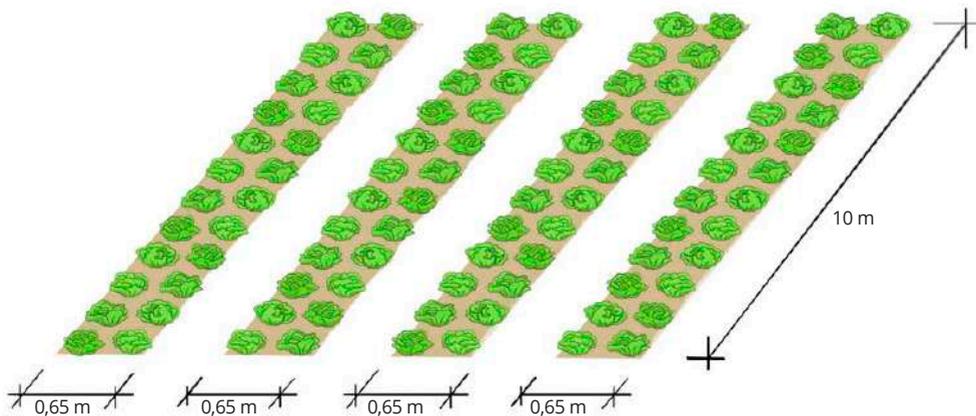
Tipo de cultivos a aplicar	Hortícolas	Lechuga
Tipo de agente a controlar	Insectos	Orugas
Forma de actuación	Ingestión	Ingestión
Tipo de presentación	[WP]	Polvo mojable. Sólido
Modo de aplicación	Líquido	Pulverización
Dosis de aplicación	1-2 Kg/ha 500-1000L/ha	

Tabla de datos VI, Práctica 6ª: Datos procedentes de la etiqueta del PF.

.- Características del cultivo:

Tipo de cultivo	CPB	Lechuga
Marco de plantación	Caballones	4 Hileras de 0,65 m x 10 m
Superficie de cultivo	4 hileras 0,65 x 10 = 26 m ²	

Tabla de datos VII, Práctica 6ª: Datos del tipo de cultivo.



Dibujo 17: Cultivo de lechugas, presentación en el terreno. Fuente: Elaboración propia.

.- Cálculo de la cantidad de caldo necesario:

El modo de aplicación es mediante pulverización hidráulica, por lo tanto se pueden hacer los cálculos para obtener el caldo necesario:

Dosis de aplicación	1-2 Kg/ha 500-1000L/ha
Superficie a tratar	26 m ²
Cálculos con regla de tres	$(26 \text{ m}^2 \times 2\text{Kg}) / 10000 \text{ m}^2 = 0,0052 \text{ Kg}$
	$(0,0052 \text{ Kg} \times 500 \text{ L}) / 1\text{Kg} = 2,6 \text{ litros}$
Cantidad de PF a emplear	5,2 g
Cantidad de caldo a emplear	2,6 litros

Tabla de datos VIII, Práctica 6º: Cálculo de caldo necesario.

Se trata de realizar la aplicación de un PF en pulverización líquida sobre CPB. Según el cuadro II, se pueden emplear cuatro tipos de EAPF dentro del grupo de pulverizadores hidráulicos, en función del tipo de accionamiento, con salida en lanza.

La cantidad de caldo a emplear es de 2,6 litros, luego resulta más útil realizarlo desde un equipo autónomo de mochila, que pudiera ser motorizado o manual, con unas presiones de trabajo que oscilan de 1 a 5 bar y capacidades comprendidas entre 5 y 20 litros, según se muestra en el cuadro III.

Para aplicaciones insecticidas o acaricidas, se recomienda una boquilla de hendidura o de abanico, que proporcionan caudales de 0,2 a 5 L/min, con un tamaño de gota de 150 a 350 μm y de 20 a 30 gotas/cm².

Finalmente, se elige como EAPF a una mochila manual de 10 litros de capacidad, que es capaz de proporcionar hasta 5 bar de presión (dibujo 18)



Dibujo 18: Pulverizador hidráulico manual de mochila. Fuente: Elaboración propia.

6-2 TRABAJO CON PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN.

SUPUESTO 6-2-1

Los parámetros a emplear son:

Dosis – Ancho de trabajo – Caudal y presión – Velocidad de avance

Para este primer supuesto, se establecen como fijos los parámetros de la dosis indicada por el PF, el ancho de trabajo dado por una boquilla en particular (altura objetivo 0,4 m) y la velocidad de avance media del aplicador. El parámetro a determinar es el caudal:

Dosis del PF	1000L/Ha
Ancho de trabajo	0,65 m.
Velocidad de avance	3 Km/h
Caudal	X
Constante	600

Tabla de datos IX, Práctica 6º: Caudal.

CAUDAL= Dosis (L/Ha) x Ancho trabajo (m) x velocidad avance (Km/h)=600

Caudal= (1000 L/Ha x 0,65 m x 3 Km/h) / 600 = 3,25 L/min

Se necesita disponer de una boquilla que proporcione 3,25 L/min. En el correspondiente catálogo de boquilla, se debería localizar alguna que se acerque a este caudal a una cierta presión. Esta presión debe ser proporcionada por la franja de presiones que el equipo puede ofrecer.

SUPUESTO 6-2-2

Los parámetros a emplear son:

Dosis – Ancho de trabajo – Caudal y presión – Velocidad de avance

Para este segundo supuesto, se establecen como fijos los parámetros de la dosis establecida por el PF y los dados por la boquilla, la cual a una cierta presión (según catálogo, 3 bar), proporciona un caudal con un ancho de trabajo determinado. Aquí es la velocidad del aplicador el parámetro a averiguar:

Dosis del PF	1000L/Ha
Ancho de trabajo	0,65 m
Velocidad de avance	X
Caudal	1 L/min
Constante	600

Tabla de datos X, Práctica 6º: Calculo de la velocidad.

$$\text{VELOC.} = (\text{Caudal L/min} \times 600) / \text{Ancho trabajo (m)} \times \text{Dosis (L/Ha)} = \text{Km/h}$$

$$\text{Velocidad} = (1 \text{ L/min} \times 600) / (0,65 \text{ m} \times 1000 \text{ L/Ha}) = 0,92 \text{ Km/h}$$

Bajo estas condiciones, es el aplicador quien debe establecer, a base de entrenamiento (práctica 2), una velocidad aproximada a 1 Km/h. Es decir, el tiempo en recorrer una distancia (tiempo de paso) para obtener una velocidad determinada.

6-3 PREPARACIÓN DEL TRATAMIENTO

Se toma la decisión de poner en práctica el supuesto 6-2. Se toman los datos obtenidos y necesarios en campo:

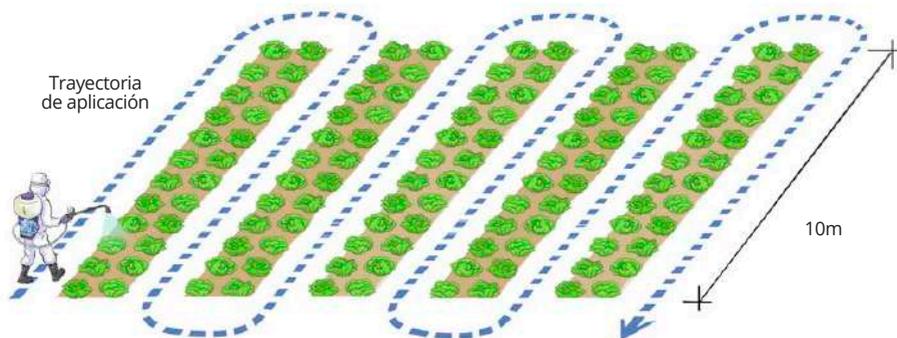
Dosis del PF	1000L/Ha
Ancho de trabajo	0,65 m
Altura al objetivo	0,40 m
Velocidad de avance	1 Km/h
Caudal	1 L/min
Presión	3 bar
Superficie a tratar	26 m ²
Cantidad de PF a emplear	5,2 g
Cantidad de caldo a emplear	2,6 litros

Tabla de datos XI, Práctica 6º: Resumen de cálculos.

En el lugar de trabajo se debe tener todo lo necesario. El EAPF completo (combustible en caso de ser motorizado), el PF, el agua para la preparación del caldo, herramientas de medición (probeta y balanza con precisión de $\pm 0,1$ gr), los EPIs necesarios, al menos 15 litros de agua para limpieza personal y algunas otras herramientas.

Posteriormente se realiza lo siguiente:

.- Se establece una trayectoria de pasadas con el EAPF por la zona a tratar. En este caso es bien sencillo ya que se trata de 4 caballos-nes de 10 metros de largo cada uno (dibujo 19).



Dibujo 19: Trayectoria propuesta de aplicación. Fuente: Elaboración propia.

.-Se toman 5 ó 6 papeles hidrosensibles y se intercalan entre las hojas del cultivo alejados del exterior.

.- La mochila debe tener las cintas de sujeción regulables para quedar estable en la espalda del aplicador, así como llegar cómodamente a la maneta de agitador-presión y la lanza, antes de preparar el caldo. Es imprescindible colocarse los EPI como botas, traje, mascarilla, guantes y gafas normalizadas para esta labor.

.- Se carga el depósito de la mochila con 1 ó 2 litros de agua.

.- Con la ayuda de la pesa, se obtienen los 5,2 g necesarios de PF y se introducen en el depósito principal.

.- Se añade el agua restante hasta completar los 5,2 litros de caldo mientras se observa el indicador del depósito de la mochila.

.- Se cierra la tapa superior y se mueve a modo de cuna la mochila durante unos minutos, para mejorar el reparto del PF en el agua.

.- A continuación, el aplicador pasa a colocarse la mochila sobre la espalda, ajustar las cintas de sujeción y tomar los mandos de agitador-presión y la lanza.

.- Una vez situados sobre la zona de tratamiento, se aplica movimiento a la palanca agitador-presión observando el manómetro de la pistola hasta llegar a la presión de trabajo de la boquilla, 3 bar para esta práctica.

.- Se coloca la boquilla en el punto de comienzo, se asegura la distancia al cultivo de 0,40 m y se abre la válvula de pistola. Se avanza a la velocidad establecida de 1 Km/h y se asegura, con el movimiento de la palanca agitador-presión, que el manómetro permanezca en los 3 bar

.- Los parámetros determinados en la calibración y la puesta en práctica han sido correctos cuando, al terminar de recorrer el trayecto establecido, no queda caldo en la mochila.

.- Se retiran los papeles hidrosensibles del cultivo para después estudiarlos con más detenimiento.

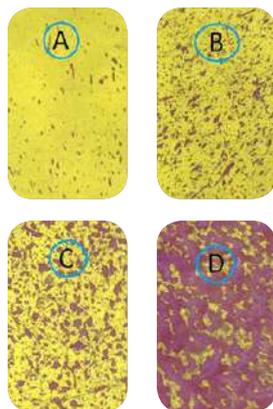
.- Sin desplazarse del lugar de trabajo, se procede a enjuagar el equipo; se abre la tapa, se añade 1 litro de agua, se cierra tapa, se mueve a modo de cuna la mochila unos minutos. Se da presión y se deposita el resto de caldo sobrante, con el agua de limpieza del depósito debidamente identificado, el cual al cabo de la jornada de trabajo se verterá en una bolsa de evaporación realizada al efecto o bien en dispositivos comerciales. Con esto, se elimina el concentrado del caldo en las paredes internas del depósito, la bomba, las conducciones y la lanza, sin repercutir en la dosis de aplicación. Si se dispone de medios, se puede limpiar por el exterior con agua a presión.

.- Se recoge el EAPF y se deja preparado para transportar o guardar en el lugar definido para ello.

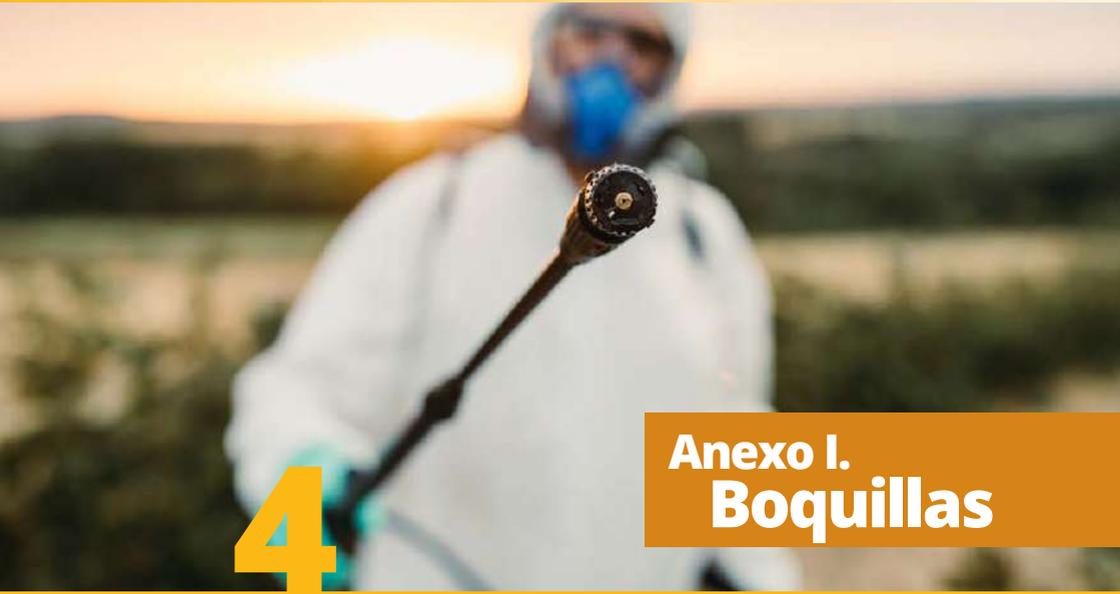
.- Es el momento de que el aplicador se quite los EPI. Se limpian guantes, gafas, mascarilla (sin filtros) y botas, para continuar aseándose manos y cara.

6.4 VERIFICACIÓN DE RESULTADOS

Se recopilan los papeles hidrosensibles y se colocan de modo que se puedan observar todos juntos. Se comprueba entonces que muestran una uniformidad semejante, y que el reparto y tamaños de gotas por unidad es el deseado inicialmente. Al menos de 20 a 30 impactos por centímetro cuadrado. El dibujo 20 muestra un ejemplo. Los papeles A y B son los más equilibrados. Los papeles C y el D denotan exceso, porque no se colocaron correctamente o porque el equilibrio entre gotas grandes y finas no es el correcto en la boquilla.



Dibujo 20: Patrones de tamaño y grado de cubrición de gotas en papel hidrosensible.
Fuente: Junta de Andalucía.



Anexo I. Boquillas

Son piezas de pequeño tamaño que pueden estar situadas en el extremo de la lanza, de la pistola o sobre las barras conductoras del caldo fitosanitario. Se encargan de romper la vena líquida en diferentes tamaños de gotas y formas. Esto viene determinado por su diseño y presión de trabajo. Proporcionan un caudal (litros/minuto) en función de su franja de presión de trabajo (bar, Kg/cm²). Son las responsables de conseguir un óptimo recubrimiento y penetración del caldo proyectado sobre el objetivo.

Estas pequeñas piezas están reguladas por normas de calidad (ISO 10625 e ISO 10626) que garantizan su funcionalidad. Se pueden encontrar de muchos tipos y características específicas, para cada necesidad.

Un EAPF trae una o varias boquillas para cubrir las necesidades de su diseño. En algún momento habrá que cambiarlas, ya que se desgastan con el uso. Es necesario que el aplicador las conozca para que a la hora de reemplazarlas, asegure una correcta aplica-

ción. El conocimiento de estas piezas permitirá mejorar su durabilidad, tamaño de gotas, presiones de trabajo y caudales, con lo que se podrá mejorar la aplicación, siempre dentro de las posibilidades que ofrezca el equipo.

4.1.-Material de fabricación.

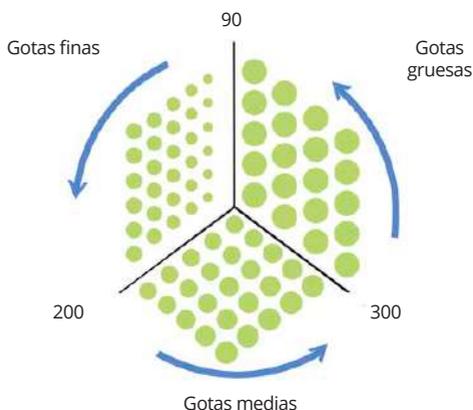
Se fabrican de diferentes materiales. Pueden ser de mayor dureza y durabilidad a menor (cerámica > acero inoxidable > plástico > latón). Se recomienda verificar el caudal de la boquilla transcurridas 40 horas de uso, de modo que si hay una variación de caudal superior a $\pm 10\%$, se aconseja renovarla. Su durabilidad depende también, en gran medida, de la capacidad corrosiva del PF.

4.2.-Tamaño de gota.

Una de las características a tener en cuenta, son los diferentes tamaños de gotas que son capaces de proporcionar. Estos datos los proporcionan los catálogos o manuales de instrucciones de las boquillas o máquinas.

Se establece que las gotas que tienen un diámetro comprendido entre 90 y 200 μm son las finas, las medias entre 200 y 300 μm y las gruesas entre 300 y 450 μm (dibujo 21).

Dibujo 21: Tamaños de gotas más empleados en aplicación de PF.
Fuente: Elaboración propia.



Según sobre el tipo de agente a controlar, se puede establecer unos tamaños de gotas recomendables. Van de 90 a 200 μm para fungicidas (gotas finas), de 200 a 350 μm para los insecticidas o acaricidas (gotas medias) y de 350 a 600 μm para herbicidas (gotas gruesas).

Si se tiene en cuenta cómo se comporta en la planta el PF, se requiere unos tamaños de gota que van de 100 a 150 μm para los de contacto o penetración y de 150 a 250 μm para los sistémicos. El grado de cobertura se establece en 50 a 60 N° gotas/cm² para los primeros y de 30 a 40 N° gotas/cm² para los segundos.

Respecto al grado de cobertura, el código FAO recomienda para las aplicaciones de insecticidas entre 20 y 30 gotas /cm² y para los fungicidas entre 50 y 70 gotas/cm². Con los papeles hidrosensibles bien colocados entre las zonas de aplicación y una vez concluido el tratamiento, se puede saber si el número de gotas es el correcto.

Como ejemplos orientativos se establece que, en aplicaciones de porte alto y alta densidad foliar, debe haber un equilibrio entre los tamaños de gotas. Se consigue así que las gotas gruesas muevan el follaje externo de modo que las pequeñas logren penetrar en el interior del follaje. También se le puede exigir a la boquilla, que proporcione un rango mayor de gota fina cuando se trate de cultivos de porte bajo con poca densidad o profundidad de vegetación. La aplicación es menos exigente en tamaño de gota cuando es sobre suelo.

4.3.-Tipo de boquilla.

Según sea la forma que adopta la figura del chorro de proyección que sale por el orificio de la boquilla, se establecen varios tipos:

De chorro plano o de hendidura: dispone de una salida calibrada en forma alargada que le confiere crear un chorro en forma triangular o de abanico plano. El cambio de presión produce una variación en el ángulo de salida y en el caudal, pero mantiene constante el tamaño de gota (dibujo 22).



Presión: 1 - 8 bar
 Caudal: 0,2 - 5 L /min
 Gotas: 150 - 350 μm
 N° gotas/cm²: 20 - 30
 Usados en aplicaciones:
 ·Insecticidas
 ·Acaricidas
 ·Herbicidas

Dibujos 22: Boquilla de chorro plano o de abanico o de hendidura. Fuente: Elaboración propia.

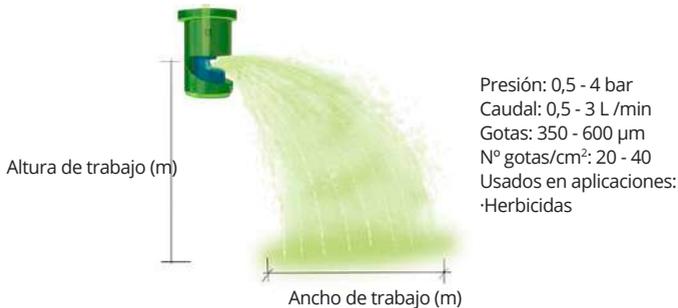
De chorro cónico o de turbulencia: dispone de una salida calibrada en forma de difusor, que le confiere crear un chorro en forma de cono. Este puede estar totalmente lleno de gotas, de modo que la proyección sea un círculo o pueden estar las gotas circulando por la cara exterior del cono. Así la proyección será un aro. A éstas últimas también se les conoce como boquillas de cono hueco. Tienen gran poder de penetración entre la masa vegetal. La variación de presión produce un cambio en el tamaño de las gotas pero se mantiene constante el ángulo de salida y el caudal (dibujos 23).



Presión: 2 - 40 bar
 Caudal: 0,2 - 5 L /min
 Gotas: 100 - 150 μm
 N° gotas/cm²: 50 - 70
 Usados en aplicaciones:
 ·Fungicidas
 ·Insecticidas

Dibujos 23: Boquilla de turbulencia, chorro cónico. Fuente: Elaboración propia.

De espejo o de choque: el líquido sale por un orificio calibrado y es inyectado sobre una superficie inclinada que crea una proyección en forma de capa. Es una boquilla que trabaja a bajas presiones y hace tamaños de gotas gruesas. Indicada para tratamientos herbicidas sobre suelo (dibujo 24).



Dibujo 24: Boquilla de espejo o de choque. Fuente: Elaboración propia.

Otros tipos de boquillas: se agrupan aquí una serie de boquillas que se diseñan para proyectar PF u otros productos, bajo un nivel de exigencia diferente de las anteriores como:

.- Boquillas antideriva, que disponen de unos orificios por los que incorporan aire del exterior al chorro antes de su salida. Crea una mezcla de caldo y aire en forma de cortina protectora, que orienta a las gotas en su trayectoria hacia el objetivo.

.- Boquillas de tres orificios que proyectan en forma de tres hilos gruesos, son empleadas para aplicación de fertilizantes sobre suelo.

.-Boquillas terminales grandes, están al final de una barra horizontal de tratamiento de porte bajo, con el objetivo de aumentar el ancho de trabajo.

.- Boquillas de envés, están colocadas normalmente en el extremo de una lanza que penetra en la masa vegetal, con el objetivo de pulverizar el envés de las hojas.

.- Boquilla terminal que está colocada al final de una barra horizontal con el objeto de pulverizar el pie de arbustos o árboles.

Se puede estar frente a dos boquillas del mismo tipo de proyección y que produzcan tamaños de gotas similares, pero que trabajen a presiones y caudales muy diferentes. Esta diferencia viene marcada por el tipo de EAPF. Es por ello que a la hora de renovarlas, se debe tener especial cuidado de la franja de presiones que proporciona la bomba principal de impulsión del EAPF, para acertar con la boquilla ideal.

4.4.-La deriva.

Desde el punto de vista de la aplicación de PF, se entiende que existe deriva cuando una parte de las gotas que son proyectadas desde la boquilla, no llegan a su objetivo ya sea al suelo o la masa foliar. Normalmente son arrastradas a otros lugares o disipadas por las condiciones atmosféricas como el viento, altas temperaturas y la humedad relativa de la zona de trabajo. Se recomienda no hacer tratamientos cuando:

- a).-Tenemos valores de velocidad del viento superiores a 2 m/s (7,2 Km/h).
- b).-Con temperaturas superiores a 25°.
- c).-Con humedad relativa inferiores al 50%.

TIPO DE BOQUILLA	PRESIÓN	CAUDAL	TAMAÑO DE GOTAS	GOTAS/cm ²	TRATAMIENTO ACONSEJADO
CHORRO PLANO O HENDIDURA	Según catálogo. De 1 a 8 bar	Según catálogo. De 0,2 - 5 L/min	Según catálogo. 150 – 350 µm	20 – 30	Insecticidas - acaricidas – herbicidas.
CHORRO CÓNICO O DE TURBULENCIA	Según catálogo De 2 a 40 bar	Según catálogo De 0,2 – 5 L/min	Según catálogo. 100 – 150 µm	50 – 70	Fungicidas – Insecticidas.
ESPEJO O DE CHOQUE	Según catálogo De 0,5 - 4 bar	Según catálogo De 0,5 – 3 L/min	Según catálogo. 350 – 600 µm	20 – 40	Herbicidas

Cuadro IV. Características técnicas y de aplicación de algunas boquillas. Fuente: elaboración propia.



Siglas

por orden de aparición en el texto

EAPF.-Equipo de Aplicación de Productos Fitosanitarios.

CPB.-Cultivo de Porte Bajo.

CPA.-Cultivo de Porte Alto.

PF.-Producto Fitosanitario.

UBV.-Ultra Bajo Volumen. Referido a un tipo de aplicación de PF.

rpm.-revoluciones por minuto. Puede estar referido a las rpm del motor del tractor, de la toma de fuerza o de la bomba de impulsión entre otros.

tdf.-toma de fuerza. En el tractor, referido al eje trasero central que suministra potencia a los equipos que la necesitan, sean suspendidos o arrastrados.

Referencias bibliográficas

FAO. *"Guías sobre requisitos mínimos para equipos de aplicación de plaguicidas agrícolas, parte uno"*. (2001). ISBN 92-5-304719-4. <http://www.fao.org/docrep/006/Y2765S/Y2765S00.htm>.

Directiva 2009/128/CE. *"Marco de actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas"* Parlamento Europeo y Consejo de 21 de octubre de 2009.

MAGRAMA. *"Buenas Prácticas Agrícolas en la Aplicación de los Fitosanitarios"*. (2001). Centro de Publicaciones del MARM. NIPO:770-08-158-3.

IFAPA. *"Regulación de pulverizadores hidráulicos, Cuaderno de prácticas"*. (2013). Junta de Andalucía. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, Pesca y medio Ambiente.

Larios Adorna J.D. *"Técnica de atomización según volumen vegetativo (T.R.V)"*. (2008). Región de Murcia Consejería de Agricultura y Agua. CompoRapid. MU-909-2008.

Cabildo de Tenerife. *"Manipulador de Productos Fitosanitarios, Nivel Básico"*. (2014). D.L.: TF 196/2014. Pag(105-118).

Guía de calibración

Equipos de aplicación
de productos
fitosanitarios
(EAPF)

PERVEMAC 

