

## CAPÍTULO CINCO

### El Proceso de Pulverización

#### 1.) Introducción:

Llamamos pulverización hidráulica al proceso mediante el cual un cierto volumen de líquido es obligado, por diferencia de presión, a atravesar un orificio calibrado (y de características muy especiales, como veremos más adelante al analizar a las pastillas) rompiéndose en millones de gotas.

Según puede observarse en las microfotografías tomadas en los procesos de pulverización, las gotas, suspendidas en el aire, tienen una forma bastante aproximada a una esfera, aunque, lógicamente, con las deformaciones producidas por las fuerzas ambientales.



Figura 1: Esquema de una pulverización típica, cayendo sobre unas hojas.

Fuente: QuickSilver Manufacturing Inc.

Como puede verse en la figura N°1 , un dibujo que representa a una pulverización típica, se producen gotas de muy diversos tamaños, la enorme mayoría de ellas, sumamente pequeñas. Pero las gotas grandes, muy pocas en comparación con las pequeñas y tal como también puede apreciarse visualmente en el dibujo, representan una parte importante del volumen pulverizado.

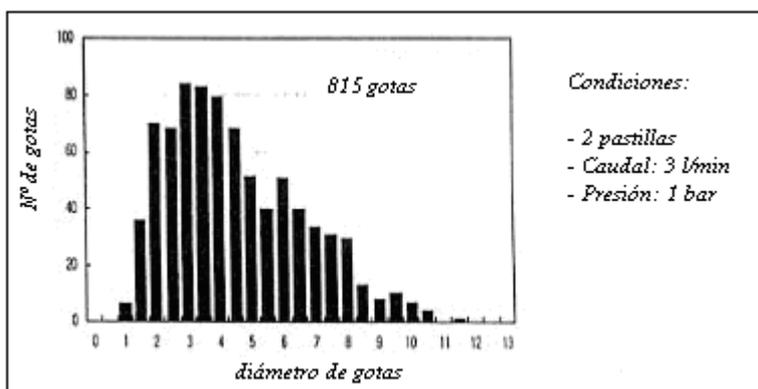


Gráfico N° 1: distribución típica del número de gotas por su tamaño.

El gráfico N° 1 representa, para una pulverización típica, la distribución cartesiana del número de gotas en función de su tamaño, agrupadas en clases. Queda claro que las gotas más grandes son numéricamente muchas menos que las más pequeñas. Sin embargo, y tal como puede apreciarse en el gráfico N°2, las gotas grandes, muchísimas menos en cantidad, tienen una fuerte influencia sobre el volumen total.

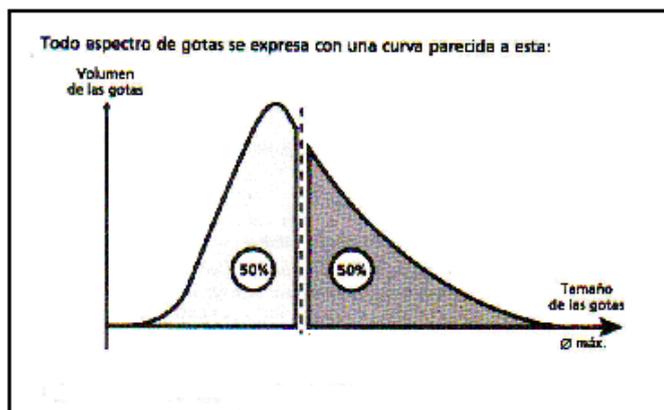


Gráfico N° 2: Volumen en función del tamaño de las gotas

## 2) Relación entre tamaño de gota y cobertura.

Ya mencionamos que las gotas tienen forma esférica. Ahora bien, el volumen de la esfera está definido por la siguiente fórmula:

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

Dado que se trata de una función cúbica, de la aplicación de la fórmula se puede deducir que, al duplicar el valor del radio, el volumen se incrementa 8 veces.

Por ejemplo para un radio cuyo valor es 3 cm:

$$V = 113,09 \text{ cm}^3.$$

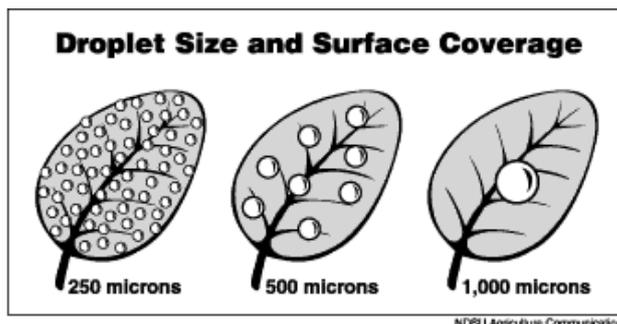
Al duplicar el radio a 6 cm:

$$V = 904,77 \text{ cm}^3.$$

Y además podemos constatar que :  $904,77/113,09 = 8$

Como al duplicar el radio necesariamente duplicamos también el diámetro, podemos afirmar que:

**Si el diámetro de una gota se lleva a la mitad, su volumen se reduce a la octava parte y, como contrapartida, si el diámetro de una gota se lleva al doble, su volumen se multiplica por 8.**



**Figura N° 2: Tamaño de gota y cobertura. Fuente: Universidad de Dakota del Norte**

En la figura 2 se ve claramente la influencia del tamaño de gota sobre la cobertura lograda: con el mismo volumen de líquido aplicado en una hoja podríamos llegar con una sola gota de 1000 micrones, con 8 de 500 micrones o con 64 de 250 micrones. Si las gotas fueran de 125 micrones llegaríamos a la hoja con 512 impactos.

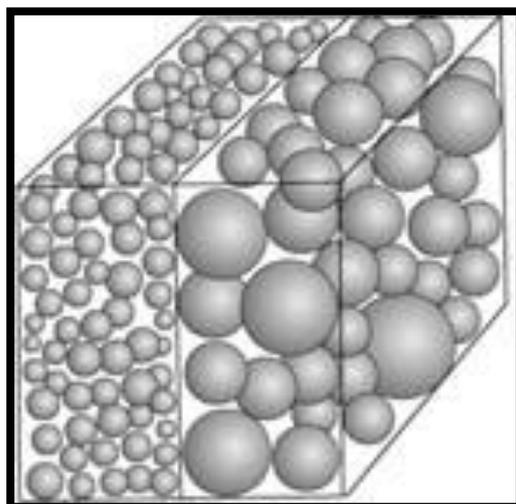
Más allá de que esto es absolutamente teórico, dado que no hay forma de lograr que todas las gotas sean exactamente iguales, es evidente que al disminuir el tamaño de las gotas producidas, la cobertura mejora notablemente.

Una primera interpretación de lo expuesto podría llevar a pensar en la conveniencia de realizar las aplicaciones utilizando el menor tamaño de gota posible. No obstante, como se verá más adelante, las gotas pequeñas son mucho más sensibles a perderse por deriva y por evaporación. Por lo tanto su uso se ve seriamente limitado.

### **3) Caracterización del tamaño de las gotas pulverizadas.**

Si bien una pastilla dada, a una presión de trabajo estable, produce, como hemos visto, una cantidad de gotas de muy diferentes tamaños, esta distribución tiende a ser estable. Ello permite caracterizar a la pulverización producida mediante lo que se ha dado en llamar el **diámetro volumétrico mediano (DVM ó  $DV_{0.5}$ )**

Si de alguna manera imaginaria pudiéramos ir colocando las gotas en un recipiente, de una en una y desde la menor de todas en forma creciente por tamaño hacia las mayores, llegaría un momento en el que el recipiente llegaría a tener ocupado exactamente la mitad de su volumen. Esto se representa en la figura N° 3.



**Figura Nº 3: Diámetro Volumétrico Mediano. Fuente: Adaptado de Mathews**

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

El concepto, por lo tanto se puede expresar con mayor precisión afirmando que **el diámetro volumétrico mediano es el diámetro de la gota que posee el volumen promedio de todas las gotas.**

Otros valores importantes para conocer son el diámetro volumétrico del 10 % ( $DV_{0,10}$ ) y el diámetro volumétrico del 90 % ( $DV_{0,90}$ ). El primero de ellos se refiere al diámetro de la gota que acumula el 10 % del volumen, partiendo siempre desde las gotas menores. El segundo se refiere al diámetro de la gota que acumula el 90 % del volumen, partiendo también desde las gotas menores.

Estos valores nos permiten calcular la **Amplitud Relativa**:

$$\text{Amplitud Relativa} = \frac{DV_{0,90} - DV_{0,10}}{DVM}$$

La Amplitud Relativa es un indicador del grado de homogeneidad en el tamaño de las gotas en una pulverización dada. Cuanto menor sea la amplitud relativa ello implica que el tamaño de las gotas es más uniforme. En la práctica, valores de 0,80 a 1,20 de A.R. son sumamente aceptables. En la Figura 4 se representan dos pastillas que producen gotas de similar Diámetro Volumétrico Mediano, pero la Amplitud Relativa de la imagen de la derecha es mucho menor.

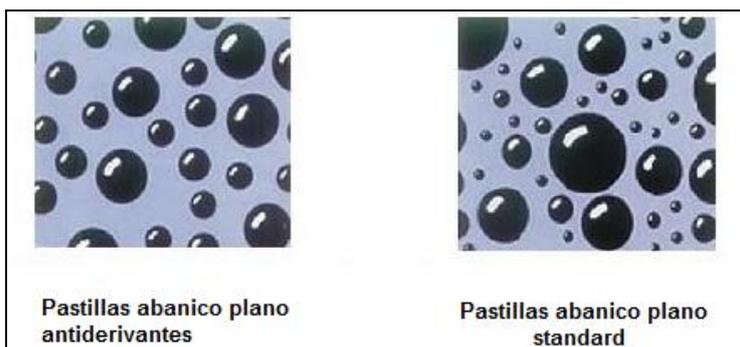


Figura 4: Diferentes Amplitudes Relativas. Fuente: Spray Drift: <http://www.jetstream.com.au/SprayDrift.html>

EL  $DV_{0,10}$  es, además, un parámetro que se tiene en cuenta para evaluar el riesgo de deriva del asperjado producido por una pastilla a una presión dada. Ya que las gotas más chicas son aquellas que corren el mayor riesgo de derivar, este valor es altamente indicativo.

Otro parámetro a conocer es el **diámetro numérico mediano (DNM)**. Se refiere a aquel tamaño de gota que se ubica exactamente en la mitad del espectro, pero en cuanto al número de gotas producidas. La mitad de las gotas son menores a ella y la otra mitad son mayores. Obviamente la mitad conformada por las gotas mayores acumula un volumen mucho mayor que el de las gotas inferiores al DNM.

El gráfico N° 3 muestra cómo evoluciona el volumen acumulado en función del tamaño de las gotas. En un principio, cuando las gotas son muy pequeñas, el volumen acumulado aumenta muy lentamente. Sin embargo, en la medida que el tamaño de las gotas aumenta, aún cuando en número sean bastante menos, la curva tiende a hacerse cada vez más vertical.

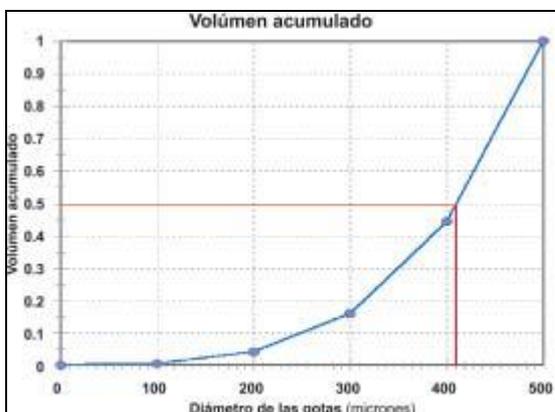


Gráfico N° 3: Volumen acumulado en función del tamaño de las gotas. Fuente: Onorato Tesouro

#### 4. Presión de trabajo y tamaño de gota.

A medida en que aumentamos la presión de trabajo, para una misma pastilla, el DVM disminuye. Esto se puede ver muy claramente al observar el cuadro N° 1, donde para diferentes presiones de trabajo, se consigna el DVM, el DV 0,1 y el DV 0,9 de una pastilla XR11002

XR11002 TEEJET® FLAT SPRAY TIP			
PRESSURE PSI	Dv0.1	Dv0.5	Dv0.9
10	142	338	500
20	130	269	427
30	120	241	390
40	111	224	366
50	103	212	348
60	96	204	334
70	90	197	322
80	85	192	313
90	80	187	304
100	76	183	297

Cuadro Nº 1: Presión y tamaño de gotas: Fuente Spraying Systems.

A la misma conclusión se puede llegar a partir de la observación del gráfico Nº 5, informe técnico de Spraying Systems S.A., que relaciona el DVM, el DV<sub>0,1</sub> y el DV<sub>0,9</sub> con la presión para distintas pastillas tipo XR (rango extendido) de diferentes caudales.

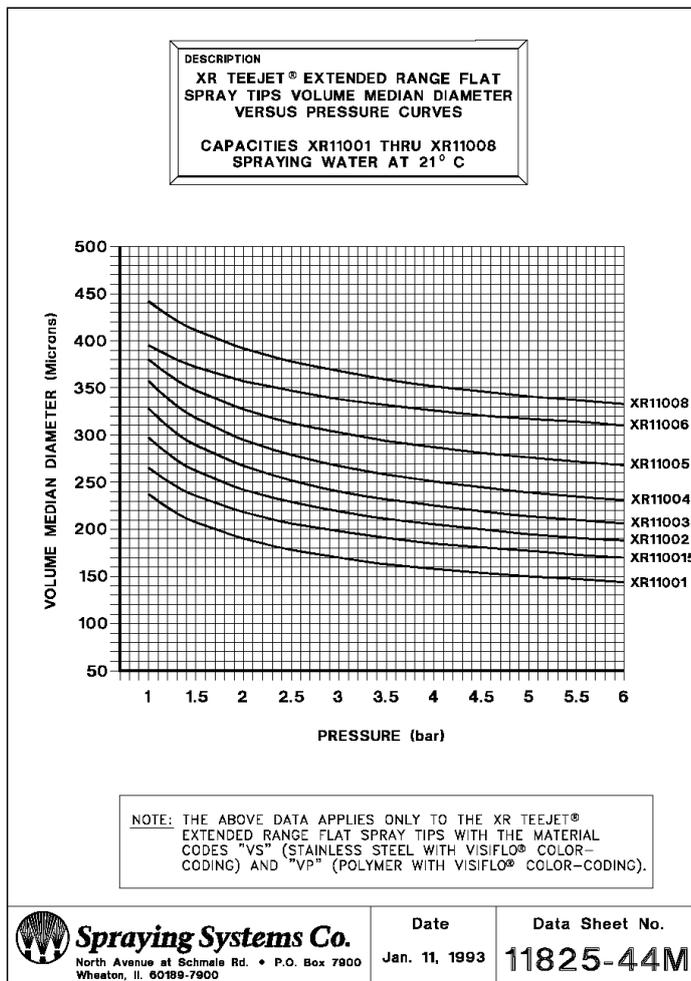


Gráfico Nº 5: Presión y tamaño de gotas. Fuente Spraying Systems.

**5) Clasificación de las pastillas según el tamaño de gota producido.**

En una primera instancia fue el British Crop Protection Council (BCPC) quien estableció una clasificación de las pastillas por el tamaño de gota. Para ello “asimiló”, de alguna manera, las características de pulverización de 6 pastillas diferentes identificando a cada una de ellas con un grupo, pero sin fijar límites precisos.

Con posterioridad la ASAE (American Society of Agricultural Engineers – actualmente ASABE: American Society of Agricultural and Biological Engineers), fijó por norma ASAE S-572 los valores que figuran en el cuadro inferior, a fin de lograr una clasificación más concisa.

<b>Muy Fina</b>	<b>VF</b>	<b>Rojo</b>	<b>&lt; 100 micr.</b>
<b>Fina</b>	<b>F</b>	<b>Anaranjado</b>	<b>100-175 micr.</b>
<b>Media</b>	<b>M</b>	<b>Amarillo</b>	<b>175-250 micr.</b>
<b>Gruesa</b>	<b>C</b>	<b>Azul</b>	<b>250-375 micr.</b>
<b>Muy Gruesa</b>	<b>VC</b>	<b>Verde</b>	<b>375-450 micr.</b>
<b>Extr. Gruesa</b>	<b>XC</b>	<b>Blanco</b>	<b>&gt; 450 micr.</b>

**Cuadro N° 2: Clasificación por tamaño de gotas B.C.P.C.**

Posteriormente, los valores de la Norma fueron modificados, quedando fijadas en los valores que se expresan en el cuadro N° 3, donde además del Diámetro Volumétrico Mediano, se indica el porcentaje estimado por el BCPC del volumen conformado por gotas menores a 141 micrones (claramente sujetas a deriva). Aún hoy, estas clasificaciones están sujetas a eventuales cambios.

<b>CLASIFICACION DE LAS PULVERIZACIONES (1)</b>			
<b>CATEGORIA DEL ESPECTRO</b>	<b>CODIGO DE COLOR</b>	<b>DMV <math>\mu\text{m}^{(*)}</math></b>	<b>% &lt; 141 <math>\mu\text{m}^{(**)}</math></b>
<b>MUY FINA</b>	<b>ROJO</b>	<b>&lt; que 182</b>	<b>57</b>
<b>FINA</b>	<b>NARANJA</b>	<b>183 – 280</b>	<b>20 – 57</b>
<b>MEDIANA</b>	<b>AMARILLO</b>	<b>281 – 429</b>	<b>6 – 20</b>
<b>GRUESA</b>	<b>AZUL</b>	<b>430 – 531</b>	<b>3 – 6</b>
<b>MUY GRUESA</b>	<b>VERDE</b>	<b>532 – 655</b>	<b>menos que 3</b>
<b>EXTREMADAMENTE GRUESA</b>	<b>BLANCO</b>	<b>&gt; que 655</b>	<b>- - -</b>

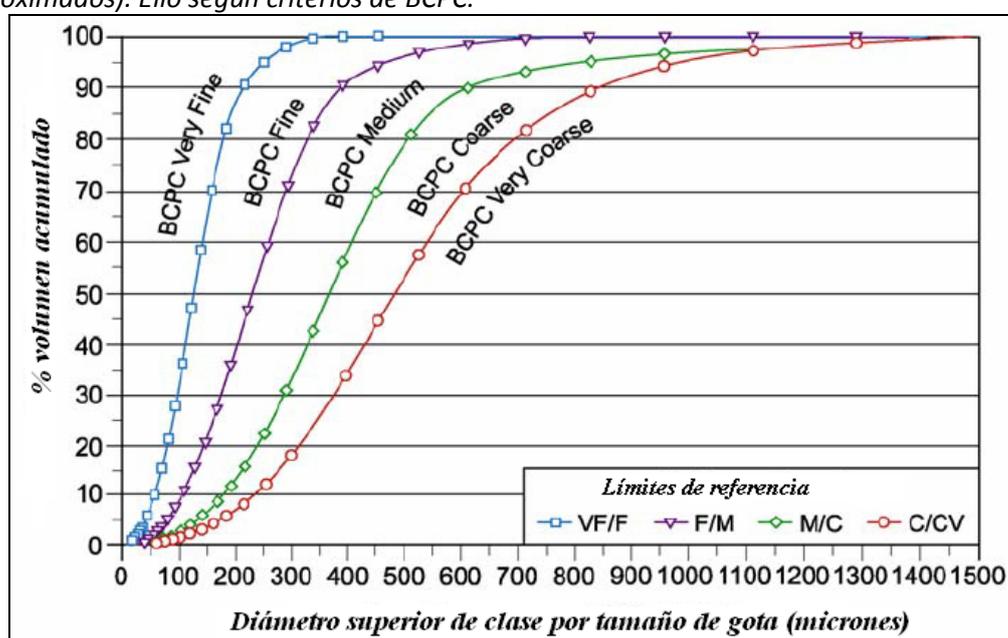
(1) - Hofman, V. e Wilson, J. - *Choosing drift-reducing nozzles*. FS 919, NDES, 2003. 8p.  
 (\*) - Norma ASAE S-572 e Kirk, USDA.  
 (\*\*) - Estimativa BCPC

**Cuadro Nº 3: Clasificación incorporando porcentajes menores a 141 micrones. Fuente: Norma ASAE S-572**

Es importante destacar que en estas clasificaciones los valores para una pastilla dada no siempre son absolutamente coincidentes, ya que dependen, en gran medida del instrumental específico con el cual se han hecho las mediciones pertinentes (analizadores de tamaño de gota). Puede haber, por lo tanto, pequeñas variaciones según la fuente bibliográfica consultada.

El gráfico siguiente (BCPC) fija “zonas” para clasificar a las pastillas por su tamaño de gotas. Se puede observar que, por ejemplo, para una pastilla que produce gotas finas, el  $DV_{0,1}$  debe ubicarse por debajo de aprox. 50 micrones, el DVM debe ser menor a aprox. 130 micrones y el  $DV_{0,9}$  debe ser menor a 200 micrones.

En el extremo opuesto, una pastilla que produce gotas muy gruesas debe tener un  $DV_{0,1}$  mayor a 230 micrones, un DVM mayor a 480 micrones y un  $DV_{0,9}$  mayor a 850 micrones (valores aproximados). Ello según criterios de BCPC.



**Gráfico N° 6: Norma ASAE S-572**

En el caso de que la curva característica de una pastilla en particular no quede incluida dentro de una única zona, se asume que en su clasificación por tamaño de gotas producidas se incorpora en el tamaño menor.

Como puede observarse, los criterios no siempre son los mismos, pero sí se mantienen las pautas o criterios generales.

Es importante destacar que el tamaño de gota, y por ende esta clasificación, varía según el tipo de pastilla, según el caudal para un mismo tipo de pastilla (al aumentar el caudal aumenta el tamaño de las gotas) y según la presión de trabajo (al aumentar la presión disminuye el tamaño de las gotas), tal como puede apreciarse en los cuadros N° 4 y 5.

### XR TeeJet Flat Fan Nozzle

PSI	XR8001	XR80015	XR8002	XR8003	XR8004	XR8005	XR8006	XR8008
15	M	M	M	C	C	VC	VC	VC
20	M	M	M	M	C	C	VC	VC
30	F	M	M	M	M	C	C	VC
40	F	M	M	M	M	M	C	C
45	F	F	M	M	M	M	C	C
50	F	F	M	M	M	M	C	C
60	F	F	M	M	M	M	C	C

**Cuadro Nº 4: Pastillas XR – Tamaño de gota según caudal y presión. Catálogo TeeJet**

	bar											
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	
TT11001	C	M	M	M	F	F	F	F	F	F	F	F
TT110015	C	C	M	M	M	M	M	F	F	F	F	F
TT11002	C	C	C	M	M	M	M	M	M	M	M	F
TT11003	VC	C	C	C	C	M	M	M	M	M	M	M
TT11004	XC	VC	C	C	C	C	C	C	M	M	M	M
TT11005	XC	VC	VC	VC	C	C	C	C	C	M	M	M
TT11006	XC	VC	VC	VC	C	C	C	C	C	C	M	M
TT11008	XC	XC	VC	VC	C	C	C	C	C	C	M	M

**Cuadro Nº 5: Pastillas TT – Tamaño de gota según caudal y presión. Catálogo TeeJet**

En definitiva, lo que se pretende es conocer, por lo tanto, qué pastilla se debe elegir en función del trabajo que se deba realizar, considerando la cobertura requerida, las condiciones ambientales, y los parámetros de trabajo elegidos.

Debe tenerse en cuenta que las gotas más pequeñas, son más susceptibles a la deriva, como veremos más adelante. Arbitrariamente, fijaremos un valor de 150 micrones, definiendo a las gotas menores a ese DVM como “altamente derivables”. Evidentemente, cuanto menor sea el DVM a dichos 150 micrones, tanto mayor será el riesgo de deriva y evaporación.

**6.) Cobertura mínima requerida según FAO .**

Por cobertura debe entenderse la cantidad de agroquímico depositado en el blanco. Las necesidades de cobertura son variables en función del tipo de producto a aplicar; si es sistémico o actúa por contacto, o bien, siendo sistémico, cuál es su nivel de sistemia, por las características del objetivo (tamaño, forma, exposición, capacidad de retención, etc.)

Independientemente de ello, la cobertura lograda en el blanco siempre debe ser homogénea, es decir de distribución pareja.

Si bien lo correcto sería cuantificar la cobertura como la cantidad de principio activo por unidad de superficie del blanco, en la práctica, dada la dificultad del criterio anterior, está dada por la

cantidad de gotas (o impactos) por centímetro cuadrado. Aún cuando estos impactos puedan ser de muy diversos tamaños.

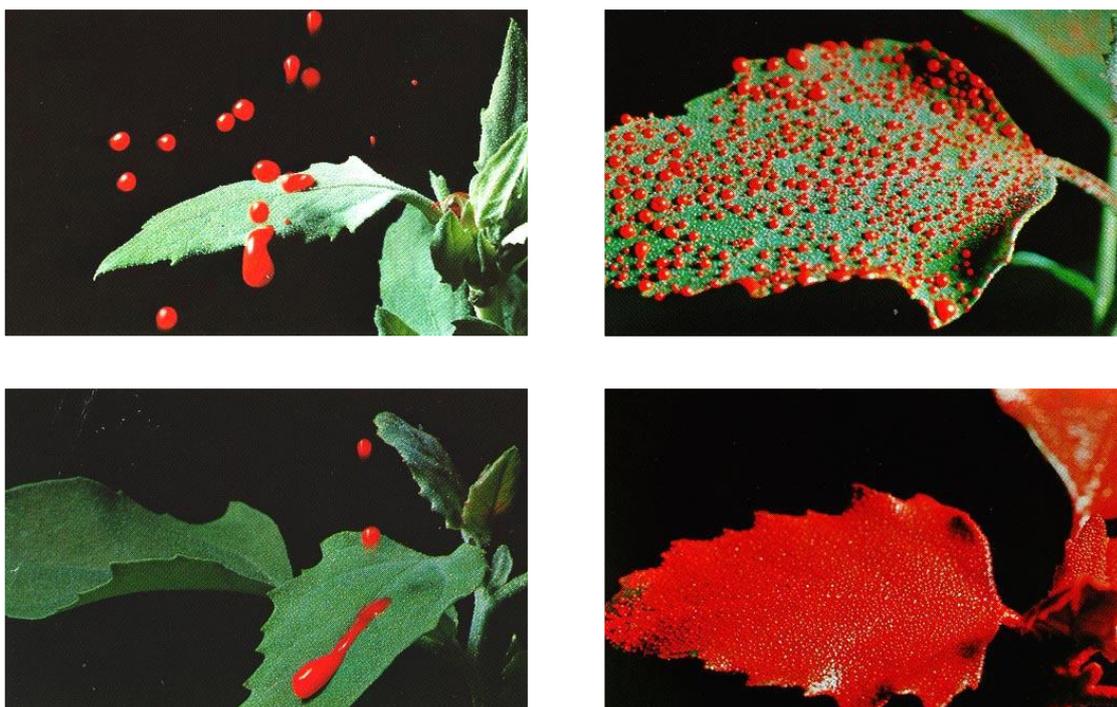
La FAO definió los siguientes valores mínimos de cobertura.

Tipo de Aplicación	Gotas/cm2
Insecticidas	20/30
Herbicidas de Preemergencia	20/30
Herbicidas de Postemergencia	30/40
Herbicidas de Contacto	30/40
Fungicidas	50/70

**Cuadro N° 6: Coberturas mínimas. Fuente FAO**

Estos valores, insistimos, deben ser considerados como mínimos, siendo deseable obtener mejores coberturas.

En las imágenes de la Figura N° 5 puede observarse el efecto de pulverizar con gotas de diferentes tamaños. Se ha utilizado agua coloreada con tinta roja y se puede apreciar la baja cobertura que se obtiene con gotas muy gruesas e, inclusive, también el proceso de chorreado de una gota grande, una situación de cobertura intermedia y, finalmente una excelente cobertura lograda con gotas muy finas.



**Figura N° 5: Tamaño de gotas y cobertura. Fuente: Gentileza Gustavo A. Casal y Cía. SRL**

**7) Coberturas teóricas.**

El siguiente cuadro brinda una orientación absolutamente teórica, ya que no es posible llevarlo a la práctica, sobre la cantidad de gotas que se podrían obtener aplicando 1 litro de agua por hectárea, si todas las gotas fueran del mismo tamaño.

Tamaño de gotas (micrones)	Número de gotas/cm. cuadrado
10	19.099
20	2.387
50	153
100	19
200	2,4
400	0,298
1000	0,019

**Cuadro N° 7: Cantidad teórica de gotas por cm<sup>2</sup> aplicando 1 litro/ha.**

Puede observarse, nuevamente, como aumenta drásticamente la cobertura al disminuir el tamaño de las gotas.

En el cuadro N° 8 , también absolutamente teórico por iguales motivos, se muestra cuál es el volumen a aplicar por hectárea, si se deseara una cobertura constante de 50 gotas por centímetro cuadrado.

Tamaño de gota (micrones)	Volumen necesario /litros/ha)
60	0,56
80	1,34
100	2,62
150	8,83
200	20,94
250	40,91
300	70,68
400	167,55
500	327,25

**Cuadro N° 8: Volumen teórico necesario por hectárea para lograr 50 impactos/cm<sup>2</sup>**

**8.) Evaporación de las gotas. Vida útil de las gotas. Influencias del medio ambiente.**

Desde el mismo momento en que las gotas son producidas y liberadas al medio ambiente, comienza a producirse un proceso de evaporación gradual de agua desde la superficie de las mismas. Esto implica que su tamaño se va reduciendo paulatinamente.

Además, dado que estamos considerando normalmente a un caldo de pulverización, al irse evaporando el agua de las gotas, se va concentrando el principio activo del agroquímico.

Este proceso puede ser total o parcial. O, para decirlo de otra manera, las gotas pueden desaparecer en el aire por evaporación o, simplemente, disminuir en su tamaño.

Claramente, las condiciones ambientales tienen una fuerte influencia en este proceso, dado que a mayor temperatura y a menor humedad relativa el proceso se acelera. También debe ser considerado el viento ya que las gotas, a igual tamaño, serán trasladadas a mayor distancia en la medida que la velocidad del viento aumente. Pero, además, las gotas más pequeñas, también serán trasladadas a mayor distancia que las gotas mayores para igual velocidad del viento (proceso de deriva).

En el cuadro N° 9 se muestra cómo gotas de diferente tamaño son influenciadas por la temperatura y la humedad relativa en lo que se refiere a su tiempo de vida (hasta evaporación) y en cuanto a la distancia recorrida desde su salida, en caída libre vertical, en ausencia de viento y con velocidad inicial igual a cero. Se trata, en todos los casos de estimaciones matemáticas.

	50 μ		100 μ		200 μ	
Temperatura ambiente (°C)	30	20	30	20	30	20
Humedad Relativa (%)	50	80	50	80	50	80
Tiempo de Vida (seg)	3,5	12,5	14	50	56	200
Distancia recorrida (m)	0,03	0,13	1,8	6,7	21	81,7

**Cuadro N° 9: Comportamiento de gotas de distinto tamaño ante distintas condiciones. Fuente: Onorato-Tesouro (pag. 37)**

Puede apreciarse que, para las gotas más chicas, tanto el tiempo de vida como la distancia recorrida son sumamente cortas. Ello implica que, a condiciones de campo, durante una pulverización, esas gotas no llegarán a destino. Las gotas menores a 50 micrones se pierden prácticamente en su totalidad por evaporación, inclusive en condiciones climáticas favorables. Las gotas cuyo DVM se ubica entre 50 y 200 micrones son afectadas en mayor o menor medida por el proceso de deriva, dependiendo de las condiciones ambientales. Se considera que las gotas mayores a 200 micrones son mínimamente afectadas por la deriva y, asumiendo que es un límite arbitrario, se dice que gotas menores a 150 micrones son altamente susceptibles a la deriva (este valor, según autores, puede variar).

En el cuadro N° 10, también basado en estimaciones matemáticas, se muestran tiempos de caída, así como también la influencia del viento en función del tamaño de las gotas.

Tamaño gotas (μ)	Tiempo necesario para caer 3 metros	Deriva con vientos de 5 km/hora (m)
5	66 min.	4.827
20	11,58 min.	330,25
50	72,8 seg.	54,29
100	11 seg.	14,64
400	4 seg	2,59
1000	0,75 seg.	1,48

**Cuadro N° 10: Tiempos de caída y distancias de deriva para distintos tamaños de gota. Fuente: Adaptadp de Ozkan Erdal**

El cuadro Nº 11, con información de Spraying Systems Co, permite visualizar las características de la pulverización de una pastilla dada y obtener ciertas conclusiones. Los valores fueron obtenidos en laboratorio mediante medición de la pulverización con el equipo Laser analizador propio de la empresa.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UNA APLICACIÓN	
<b>Modelo de pastilla</b>	<b>8003</b>
<b>Presión</b>	<b>40 psi</b>
<b>DV 0.1</b>	<b>86 μ</b>
<b>DV 0.5</b>	<b>164 μ</b>
<b>DV 0.9</b>	<b>227 μ</b>
<b>Amplitud Relativa</b>	<b>0,86</b>
<b>% del Volumen &lt; 100μ</b>	<b>17,36%</b>
<b>Nº de gotas /litro</b>	<b>2.285.300.095</b>
<b>Nº de gotas &lt; 100μ</b>	<b>1.913.999.265</b>
<b>% de gotas &lt; 100μ</b>	<b>83,75%</b>

**Cuadro Nº 11: Detalles técnicos pastilla XR8003. Fuente Spraying Systems. Gentileza Gustavo A. Casal y Cía SRL**

Del análisis del cuadro nº 11 surge que, si bien el DVM, para dicha pastilla y a esa presión, se encuentra ligeramente por encima de lo que clasificamos como “derivable”, contando además con un excelente valor de amplitud relativa, el 83,75 % de las gotas son menores a 100 micrones y por lo tanto muy susceptibles de perderse por deriva y/o evaporación. Es interesante observar, también, la cantidad total de gotas producidas, así como también la cantidad total de gotas derivables por cada litro de agua. Este cuadro permite, también, comprender claramente el motivo por el cual el DNM es sensiblemente inferior al DVM, dada la alta presencia de gotas pequeñas.

Llegados a este punto, se hace necesario analizar con mayor profundidad al proceso de “deriva” en las pulverizaciones, sus causas y consecuencias, y la manera de “manejarla” de forma práctica en el trabajo a campo.

**9.) La deriva de agroquímicos.**

Podría definirse a la deriva como un proceso de movimiento de agroquímicos a través del aire, durante o después de la aplicación a un sitio diferente del considerado blanco u objetivo.

La deriva es un proceso que hay que intentar minimizar ya que puede causar los siguientes efectos adversos:

- Afectar personas en las inmediaciones.
- Dañar cultivos vecinos.
- Subaplicación en sectores del lote tratado.
- Sobreaplicación en sectores del lote tratado.

- Eventual polución del aire y/o de las aguas superficiales.
- Pérdidas económicas por falta de eficacia del producto.

Siempre se consideran dos tipos diferentes de deriva:

- La deriva de partículas o gotas transportadas por el viento.
- La deriva por evaporación. En este caso desaparece parte del agua del caldo de pulverización y el agroquímico disuelto en ella permanece en el aire pudiendo ser transportado hacia otros lugares, inclusive muy lejanos.

Algunos autores mencionan una tercera deriva denominada “por rebote” o “endoderiva”. Son las gotas muy grandes no retenidas en el cultivo y que caen al suelo.

Los dos primeros tipos de deriva están muy correlacionadas y se presentan en mayor medida cuando se está trabajando con gotas muy pequeñas y en condiciones climáticas adversas (temperatura, humedad relativa, vientos).

La deriva es un proceso que, en mayor o menor medida, se presenta SIEMPRE. Su magnitud dependerá de las condiciones ambientales y de la habilidad del operario para manejarla.

En lo que se refiere a la evaporación, desde el preciso momento en que una gota sale de la pastilla de pulverización, va perdiendo masa líquida desde su periferia a causa de la evaporación. Esto hace que la gota sea cada vez de menor tamaño, siendo, por lo tanto, cada vez más afectada por las corrientes de aire (viento). A su vez, en la medida en que va perdiendo agua, la gota tiene cada vez mayor concentración de agroquímico, pudiendo llegar al punto en que el agua desaparece totalmente. Esto es lo que pretende mostrar el esquema de la figura N° 6.

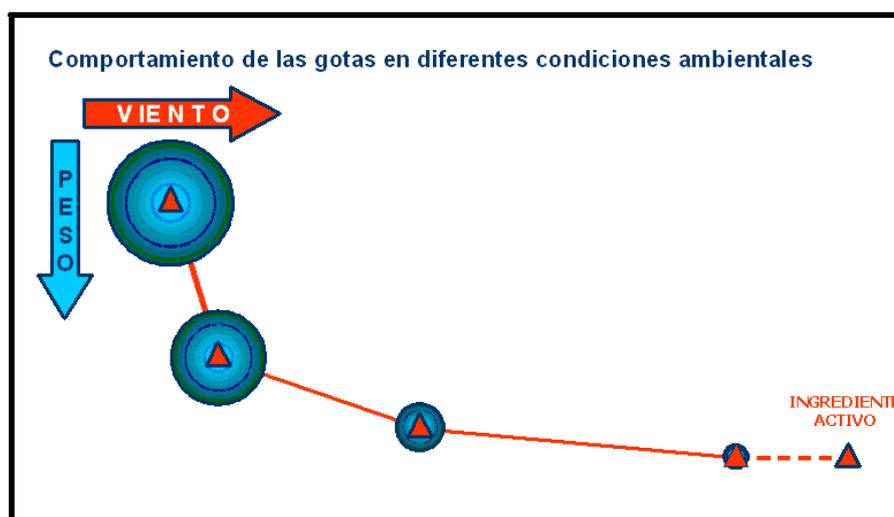
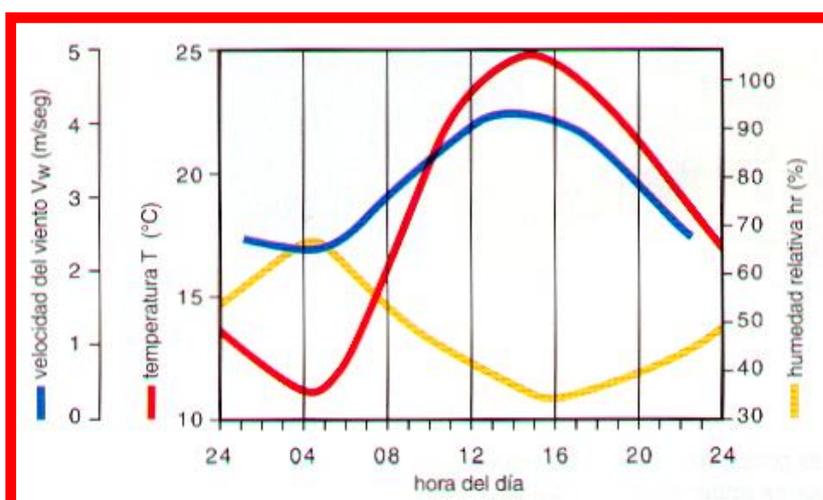


Figura 6: Proceso de evaporación y deriva.

### 9.1.) Incidencia de las condiciones ambientales.

Ya se ha mencionado, que el proceso varía con la temperatura, la humedad relativa del aire y la intensidad del viento. Obviamente, a mayor temperatura, mayor intensidad del viento y menor humedad relativa mayor será la deriva, tanto por evaporación como de partículas.

Ahora bien, ¿cómo varían estos parámetros a lo largo del día?



**Gráfico N° 5: Variación de las condiciones ambientales a lo largo del día. Catálogo TeeJet**

En el gráfico N° 5 vemos que en un día “normal”, la temperatura alcanza su pico máximo alrededor de las 14-15 horas para luego ir descendiendo paulatinamente hasta llegar a su pico mínimo hacia las 5-6 horas, para comenzar nuevamente su ascenso hasta su pico de máxima. Con la humedad relativa sucede exactamente lo contrario. Los picos de máxima temperatura suelen ser los de menor humedad relativa y viceversa. Y es absolutamente lógico que sea así ya que el aire caliente tiene mayor capacidad de “dilución” del vapor de agua que el aire frío.

La mayor intensidad de los vientos suele darse en coincidencia con las mayores temperaturas, ya que es en ese punto cuando se producen las mayores variaciones de presión en diferentes puntos de la atmósfera. Pero, no puede desconocerse que cada zona tiene un régimen de vientos que le es más o menos característico.

Los vientos tienen además la característica de no ser uniformes, sino que tienden a producirse por “rachas” de intensidad, a veces, bastante variable. Es muy común que, si vamos midiendo con un anemómetro la velocidad del viento, pasemos en el término de segundos de vientos de 2 km/hora a vientos de 15 km/hora y viceversa, con situaciones intermedias. Es importante, por lo tanto, tener en cuenta los picos más altos y guiarse por estos valores en la toma de decisiones de pulverización.

Del análisis de estas curvas se puede deducir que, desde un punto de vista estrictamente climático, “normalmente”, las mejores horas para realizar tareas de aplicación de agroquímicos son las últimas horas de la noche y las primeras de la mañana.

### 9.2.) Estrategias para minimizar la deriva.

Sabiendo que la deriva está directamente relacionada con el tamaño de gota y con las condiciones ambientales, para su buen manejo, podemos adoptar los siguientes criterios.

- Uso de la pastilla adecuada (gotas grandes)
- Evitar las condiciones de vientos superiores a 15 km/hora.
- Trabajar con la menor presión adecuada para el tipo de pastilla elegida.
- Trabajar con mayor caudal.
- Trabajar con la mínima altura de botalón compatible con una buena uniformidad.

- Trabajar en las últimas horas de la noche y primeras de la mañana.
- Uso de coadyuvantes antiderivantes.
- Uso de túnel de viento.
- Uso de “escudos” en el botalón.



Figura N° 6: Botalón con escudo antideriva. Fuente: The Western Producer.

Evidentemente, en el caso de algunas aplicaciones que requieren muy alta cobertura, y por ello producción de gotas chicas, será preciso extremar los recaudos al realizar las aplicaciones.

#### 10.) El Balance Cobertura vs. Deriva-Evaporación.

En función de lo visto en este capítulo queda muy claro que se logran mucho mejores coberturas utilizando gotas pequeñas. Como contrapartida, cuando utilizamos gotas pequeñas existen mayores riesgos de pérdida por deriva y evaporación. Esto es lo que se aprecia en el Gráfico N° 7. En él se puede ver que, a gotas muy pequeñas, se produce una excelente cobertura, pero el control de la deriva es regular a pobre. Como contrapartida, cuando las gotas son muy grandes, el control de la deriva es excelente pero, lamentablemente, la cobertura lograda es claramente pobre.

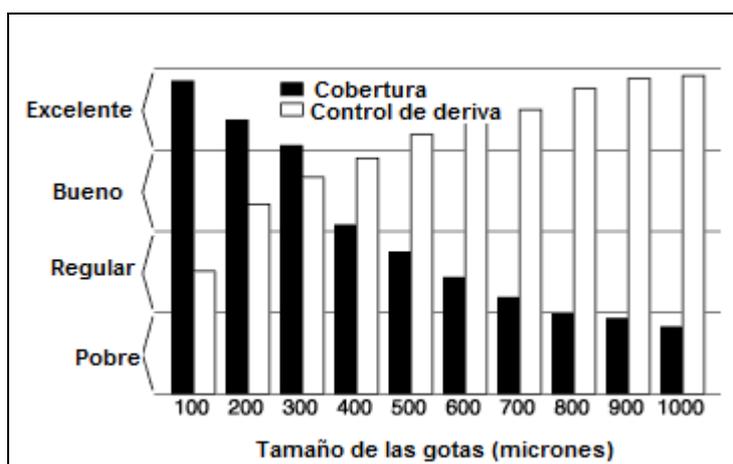


Gráfico N° 7: cobertura y control de deriva según el tamaño de las gotas producidas. Fuente: Adaptado de Universidad de Dakota del Norte.

El buen aplicador será aquel que sepa, para cada tipo de aplicación, considerando además las condiciones atmosféricas, lograr la mejor cobertura posible, en función de las necesidades específicas, pero con un mínimo de pérdidas por deriva y evaporación.

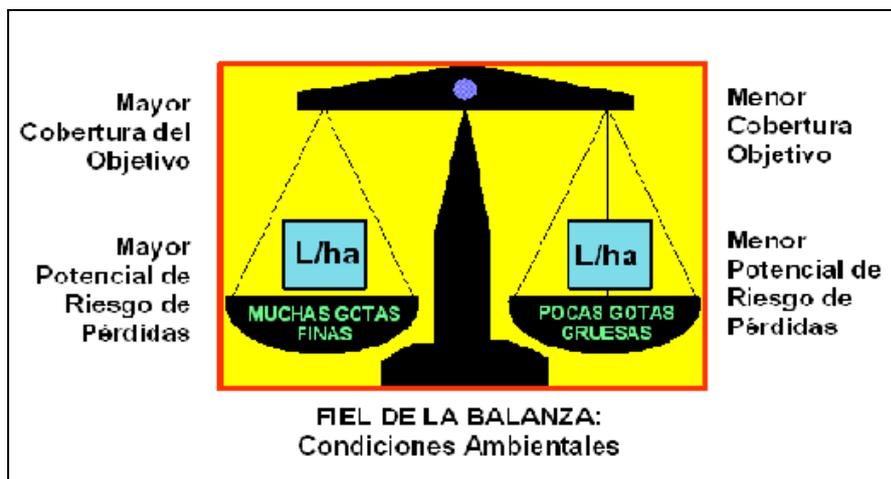


Figura 7: Elección del tamaño adecuado de las gotas producidas.

### Bibliografía:

- Catálogo TeeJet 50 A/E
- Jet Stream . 2011. <http://www.jetstream.com.au/SprayDrift.html>
- Mathews G.A. – 1992 – Pesticide Application Methods. John Wiley and Sons Inc. 605 Third Ave, New York, NY 10158.
- Onorato A., Tesouro O.: 2006 -Pulverizaciones Agrícolas Terrestres. Ediciones INTA ISBN 10 987-521198-2 e ISBN 13 978-987-521-198-8.
- Ozkan Erdal: 1998 - Effect of Major Variables on Drift Distances of Spray Droplets. AEX 525/98 – Ohio State University. [www.ohioline.osu.edu/aex-fact/0525.html](http://www.ohioline.osu.edu/aex-fact/0525.html)
- Spraying Systems & Co. Informes Técnicos. Gentileza Gustavo A Casal y Cía SRL
- The Western Producer . <http://www.producer.com/2014/02/dedicated-ditch-device-reduces-rural-road-costs/>
- Universidad de Dakota del Norte. Ag Spray Droplet Size Relates to Coverage and Drift NEWS for North Dakotans. Agriculture Communication, North Dakota State University 7 Morrill Hall, Fargo, ND 58105-5665 <http://www.ext.nodak.edu/extnews/newsrelease/1999/052799/08agspra.htm>