

Pastillas para pulverización agrícola, su correcta selección y uso para una óptima calidad de aplicación

Pedro Daniel Leiva



INDICE

Tamaño y número de gotas.....	01
Tipos de pastillas.....	04
1-Abanico plano.....	04
Control de la deriva.....	07
Pastillas con pre-orificio.....	07
Pastillas con inducción de aire (sistema Venturi).....	08
Reducción de deriva.....	08
Resultados de control de malezas.....	09
2- Cono hueco.....	10
Evaluación comparada de prestaciones.....	11
a- Aspectos físicos.....	11
b- Aspectos agronómicos.....	13
Durabilidad de las pastillas.....	15
Recuento y tipificación de impactos.....	18
1- Caracterización de impactos.....	18
Diámetro Volumétrico y Numérico Medio (DVM y DNM).....	18
Factor de Dispersión (FD).....	18
Otros Indicadores.....	19
Amplitud relativa (AR).....	20
Área de Cobertura (AC%).....	20
Volumen de Aplicación (VA).....	20
Eficiencia de Aplicación (EA%).....	20
2- Programas para el análisis de tarjetas sensibles.....	21
Tabla de fabricantes.....	22

Pastillas para pulverización agrícola, su correcta selección y uso para una óptima calidad de aplicación

Ing. Agr. Pedro Daniel Leiva – Especialista en Protección Vegetal
INTA Pergamino - Julio 2011

pdleiva@pergamino.inta.gov.ar; pdleiva@hotmail.com

Movistar +54 2477 – 15 – 686599



Tamaño y número de gotas

El tamaño y cantidad de gotas es provisto en los pulverizadores terrestres por las pastillas. Las gotas están formadas por el caldo de aspersión, mezcla de agua y fitosanitarios a la dosis de control. En consecuencia, el vehículo es agua; el pasajero, el principio activo del plaguicida. La *Figura 1* ilustra que cuando a partir de una gota de diámetro D_1 , se intenta reducir su tamaño a la mitad D_2 , se obtienen 8 gotas; 4 adelante, 2 arriba y 2 abajo, y la misma secuencia hacia atrás.

Las pastillas tienen la función de formar gotas. La interpretación gráfica también puede cuantificarse con conocimientos básicos de la escuela primaria, fórmula de volumen de la esfera, $V = \pi * D^3 / 6$; y superficie, $S = \pi * D^2$. Dejamos al lector el ejercicio de calcular el número de gotas que pueden formarse con un diámetro D_2 , a partir del volumen de la esfera original, D_1 .

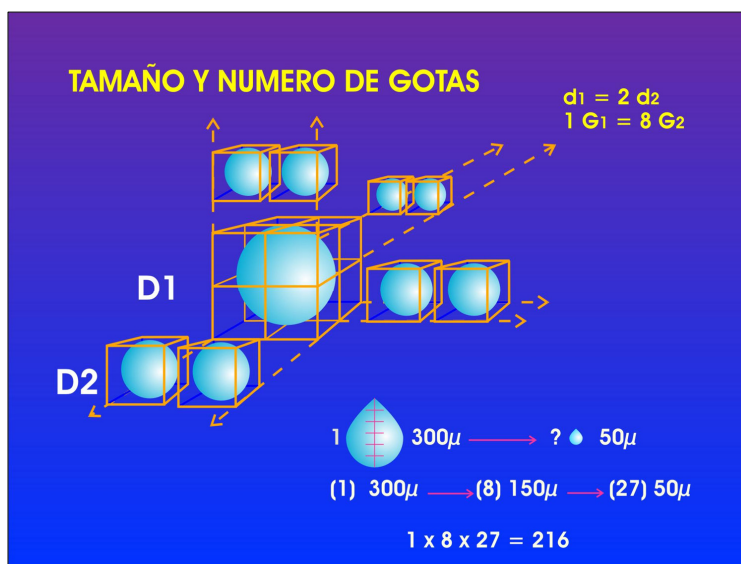


Figura 1: Relación entre tamaño y número de gotas

Ahora bien, la evaporación es un fenómeno de superficie, a mayor superficie, mayor evaporación potencial. El volumen original ($D_1=400 \mu$) tiene un valor de $34 * 10^6 \mu^3$, y una superficie de $5 * 10^5 \mu^2$, es decir una superficie específica de $1.5 * 10^{-2} \mu^2 / \mu^3$. Como el volumen original se reparte en 8 gotas, cada una de ellas de $D_2= 200 \mu$, tienen $4 * 10^6 \mu^3$ y $1.25 * 10^5 \mu^2$, valores para volumen y

superficie respectivamente. Como se trata de 8 gotas, podemos concluir que la superficie total expuesta a la evaporación se duplica ($=1.25 * 8 / 5$).

Analizando más en detalle, la superficie específica de cada gota pequeña es: $1.25 * 10^5 \mu^2 / 4 * 10^6 \mu^3 = 3 * 10^{-2} \mu^2 / \mu^3$; como se trata de 8 gotas la superficie específica total es: $8 * 3 = 24 \mu^2 / \mu^3$. En otras palabras, la totalidad del líquido evapora 16 veces más rápido cuando está distribuido en pequeñas gotas ($=24 / 1.5$), D_2 vs. D_1 respectivamente.

Agronómicamente reducir el tamaño de gota compromete potencialmente su integridad, ya que se incrementa mucho la evaporación (cuando la humedad relativa ambiente es menor al 60%). A *cobertura constante* (gotas/cm²) las ventajas de las gotas pequeñas son 2: a) puedo reducir el volumen de aspersión con lo cual incremento la concentración de la dosis, y por ende acelero la penetración sobre el blanco objeto del tratamiento; b) favorezco la penetración dentro del follaje. Si lo analizo a *volumen constante*, la ventaja es que logro una mejor distribución de la dosis del fitosanitario, de manera tal de favorecer tanto el contacto de blancos pequeños (esporos, insectos, o yemas de malezas cuando utilizo herbicidas de contacto) como el propender una mayor velocidad de penetración por una superficie de contacto multiplicada x8.

Como ejemplo de lo expuesto en el párrafo anterior, detallamos los tamaños de gota de una aspersión con gotas grandes y chicas, y su relación con la evaporación.

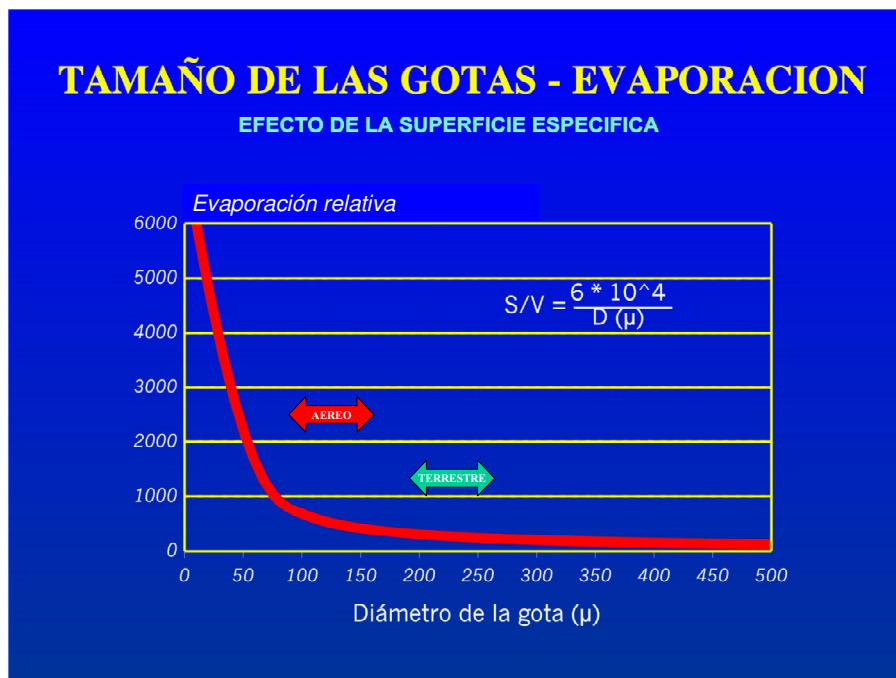


Figura 2: Evaporación relativa para distintos tamaños de gota

Como se muestra en la *Figura 2*, la aspersión con gotas chicas está más expuesta a la evaporación, además de caer más lentamente por menor peso de la gota (aproximadamente la mitad). Pero también ofrece ventajas, la

aspersión con gotas chicas contiene un caldo más concentrado, según ilustra el *Cuadro 1*.

VOLUMEN Y CONCENTRACION A COBERTURA CONSTANTE		
Una buena aplicación= 100 gotas/cm ² Dosis de formulado= 0,5 lt/ha		
DIAMETRO GOTA (MICRAS)	LITROS/HA	CONCENTR.(%)
400	336	0,15
250	82	0,6
50	0,66	76
CONCLUSION: UN MISMO NUMERO DE GOTAS CONTIENE MAS PRODUCTO POR GOTA ADHERIDA CUANDO ESTA ES MAS PEQUEÑA		

Cuadro 1: Concentración a cobertura constante, según tamaño de gota

Comparando igual número de gotas, a menor tamaño menor volumen de aspersión, y mayor concentración del plaguicida. Si la gota logra superar la evaporación, los resultados de control mejoran notablemente, más aún cuando existen problemas en la calidad del agua.

Para alcanzar los niveles inferiores dentro del follaje se requiere gota pequeña, ya que las de mayor tamaño quedan retenidas en estratos superiores. Este principio aerodinámico se ilustra en la *Figura 3*.

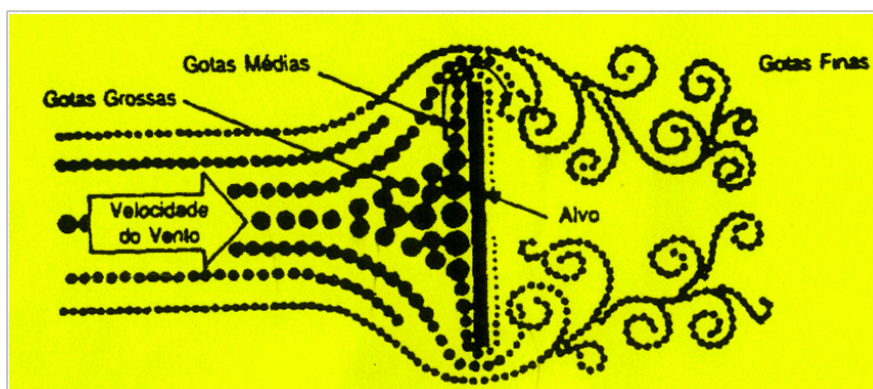


Figura 3: Aerodinámica de la penetración del aspersado (Fernandes dos Santos,J.M.,1994)

Agronómicamente un error en la elección del tamaño de gota tiene graves consecuencias, si lo buscado es llegar al tercio inferior de hojas no habrá

control de enfermedades fúngicas, ni de los insectos localizados temporalmente en esa ubicación; más aún, la mayor dosis se localiza sobre el canopeo, afectando significativamente la uniforme distribución a lo largo de la planta. Además de los distintos tamaños de gota que ilustra la *Figura 1*, también es importante interpretar que las gotas pequeñas se van agotando según avanzan dentro del follaje; en consecuencia cultivos altos y densos requerirán un mayor volumen de aspersión.

Objetos pequeños requieren gran cantidad munición pequeña; una liebre o una perdiz se cazan con escopetas y cartuchos, los ciervos con carabina, que utiliza una bala. *Un herbicida* se puede aplicar con gota mediana cuando es sistémico y su blanco es la hoja de la maleza (e.g. Glifosato); cuando su acción es de contacto, gota debe ser pequeña (el objetivo no sólo es la hoja de la maleza, sino también la yema axilar; e.g. Gramoxone). *Las enfermedades* de fin de ciclo en soja requieren de gota pequeña porque se localizan abajo; para roya en trigo la gota puede ser algo mayor porque lo importante es alcanzar la hoja bandera. Ambos tipo de hongos necesitan potenciar su efecto preventivo ubicando gotas de fungicida lo más próximo posible a los pequeños esporos, de manera tal que en el proceso de imbibición se contaminen y la mayoría no germine. Un insecto ubicado dentro del follaje más *un insecticida* piretroide (con fuerte acción de contacto) debe ser asperjado con gota pequeña para asegurar contacto.

Tipos de pastillas

Los tipos básicos de pastillas son dos: abanico plano y cono hueco. La primera se recomienda para la aspersión de herbicidas, y la segunda para insecticidas y fungicidas. La principal característica del abanico plano es su uniformidad de aplicación, la del cono hueco su penetración dada por el pequeño tamaño de gota y la rotación del plano helicoidal de chorro. Las malezas son estáticas y por ello requieren de una aplicación uniforme (CV $\leq$ 30%), la mayoría de los insectos son móviles (si no son alcanzados por un efecto de contacto, aún tienen la posibilidad de tomar el insecticida por ingestión e inhalación), en consecuencia se tolera una menor uniformidad de aplicación (CV $>$ 30% y $\leq$ 50%).

1- *Abanico plano*



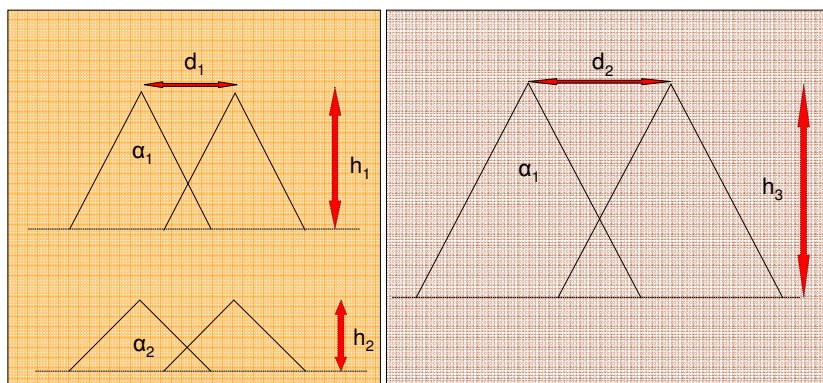
Figura 4: Pastilla abanico plano

La denominación de estas **pastillas de abanico plano**, e.g. 110 02, hace referencia al ángulo de aspersión (110°) y al caudal (0.2 del galón americano por minuto). El caudal se expresa en litros por minuto, existen pastillas de distinto caudal, 015, 02, 03 y 04 Gal./min., a 40 lb/pg^2 de presión. El galón americano tiene un valor de 3.785 lt, por lo tanto los caudales convertidos resultan: $0.15 \times 3.785 = 0.568$, 0.757, 1.136 y 1.514 lt/min. Para facilitar la identificación del caudal se ha establecido un código de colores: verde, amarillo, azul y rojo, respectivamente.

Existe una relación directa entre el caudal y el tamaño de gota, cuando aumenta uno aumenta el otro; sencillamente porque aumenta el tamaño del orificio de la pastilla y se reduce el consecuente rozamiento de los filetes líquidos.

El ángulo de aspersión es variable según pastilla, 65° , 80° y 110° . A mayor ángulo de aspersión menor tamaño de gota, por mayor superficie de rozamiento, y además, menor altura de botallón. La *Figura 5* nos ilustra que cuando $\alpha_2 > \alpha_1$, manteniéndose constante el distanciamiento (d_1), h_2 es menor que h_1 . En consecuencia las pastillas de gran ángulo permiten bajar el botallón, que resulta muy adecuado en situaciones de mucho viento, con el propósito de reducir deriva. Se puede apreciar también, que cuando se incrementa el distanciamiento ($d_2 > d_1$), manteniendo el ángulo (α_1), debe incrementarse la altura de botallón ($h_3 > h_1$). En consecuencia, para reducir deriva conviene más una configuración a 35 cm que otra a 70 cm. El precedente análisis se entiende porque es necesario mantener una superposición del 30% entre los abanicos de las pastillas adyacentes, para lograr un caudal uniforme sobre el plano de aplicación (---), las pastillas expresan su mayor caudal en la bisectriz del ángulo, la superposición permite compensar esa desuniformidad individual.

Figura 5: Efecto del ángulo de la pastilla y distanciamiento



En relación la presión de trabajo, cuando es menor a 30 lb/pg^2 el abanico se comienza a cerrar, y consecuentemente gotea. Cuando está próximo, o supera las 70 lb/pg^2 , también comienza a cerrarse por efecto de la evaporación de la

gran cantidad de gotas pequeñas que se forman. En consecuencia, este tipo de pastillas tiene un rango óptimo de presión entre 35-50 lb/pg² (*Figura 4*).

Al pie de la *Figura 4* se detalla una fórmula que expresa que cuando se duplica el caudal / volumen de aspersión la presión se cuadriplica, es decir que si a partir de 20 lt/ha pretendo asperjar 40, la presión debería aumentar desde 40 a 160 lb/pg². En otras palabras, cuando se pretenden grandes cambios en el volumen de aspersión, hay que cambiar las pastillas. Además de afectar la calidad de aplicación, se incrementa mucho la deriva y desgaste de los materiales (se agranda aceleradamente el orificio).

Como ejemplo de una variación de presión tolerable, si un equipo asperja 50 lt/ha trabajando a 44 lb/pg², para incrementar el volumen a 60 lt/ha, manteniendo constante la velocidad, la presión deberá incrementarse a 63.4 lb/pg² ($= (60/50)^2 * 44$).

Existen variantes al abanico plano común, **el XR** (rango extendido) y el **doble abanico** (Twin=gemelo). La *Figura 6*, ilustra las diferencias.



Figura 6: Abanico plano de rango extendido (izquierda) y gemelos (derecha)

El **XR** es una pastilla especialmente diseñada para hacer gota grande cuando bajamos la presión sin cerrar el abanico (imagen de la izquierda, 15 lb/pg²), o producir gota pequeña al incrementar la presión (imagen derecha, 60 lb/pg²). Debe recordarse la importancia que tiene el tamaño de la gota en relación al número (*Figura 1*). La utilidad agronómica se expresa cuando queremos reducir la deriva (bajando presión), o cuando necesitamos incrementar la cobertura sin aumentar el volumen (subiendo la presión). Además, observando la *Figura 3*, esta pastilla resulta de utilidad al aplicar herbicidas en el barbecho, cuando las malezas están ocultas por el rastrojo, porque permite incrementar la penetración manteniendo una buena uniformidad de aplicación.

Los **abanicos gemelos** (Twin), tanto en su versión original o montando dos pastillas en un portapicos doble (Twin Cap), permiten mejorar la penetración de los herbicidas por un efecto combinado donde intervienen dos factores: un menor tamaño de orificio individual, como por el ángulo entre ambos abanicos

(60°). En el sentido de avance, el primer abanico moja la planta de abajo hacia arriba, y el segundo de arriba hacia abajo, en dos planos diferentes.

Control de la deriva

Una tercer variante la constituyen las **pastillas de baja deriva**, en sus dos versiones: con pre-orificio (**DG**= Drift Guard) y con inducción de aire por sistema venturi (**AI**= Air Injection). En Argentina se las conoce como de baja deriva y súper antideriva, respectivamente.

Reproducimos a continuación información del Dr. Richard Zollinger.

Referencia: SPRAY ADJUVANTS, WATER QUALITY AND NOZZLES. Richard

Zollinger. US NDSU, Extension Weed Specialist. 11 p

www.mandakzerotill.org/books/proceedings/Proceedings%202002/Spray%20adjuvants,%20Water%20Quality%20and%20Nozzles.htm

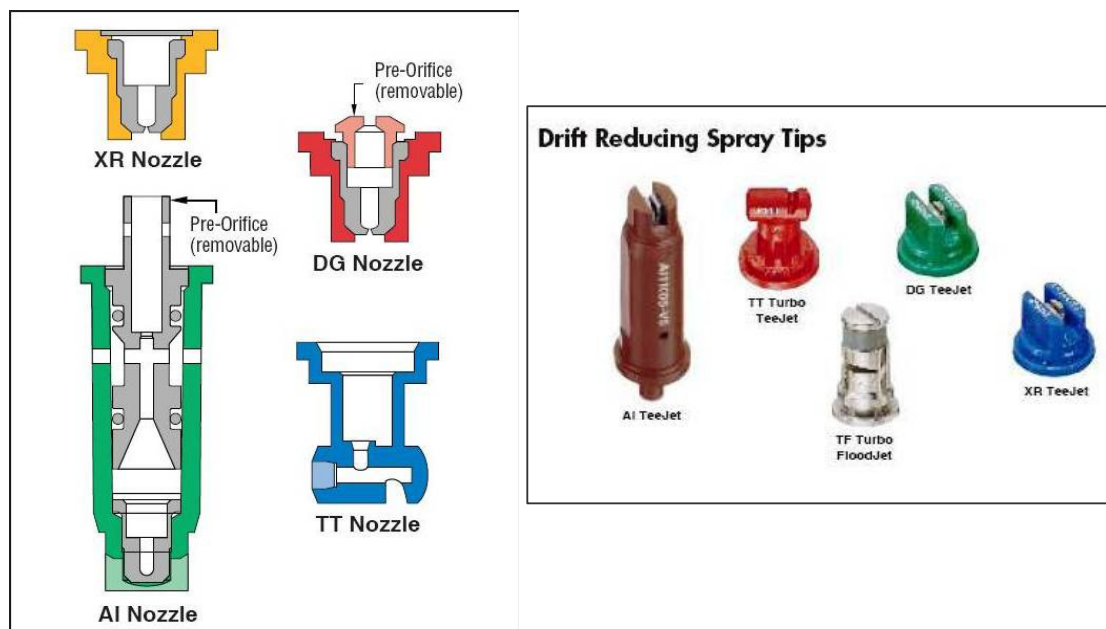


Figura 7: Vista en corte de pastillas XR, DG, AI y Turbo (izquierda), Pastillas de baja deriva (derecha)

Pastillas con pre-orificio: Las dos más comunes son las pastillas DG (Drift Guard) y Turbo Teejet (TT) de Spraying Systems Co. Las pastillas de pre-orificio regulan el flujo del líquido antes de salir por el orificio y causan una pérdida de presión dentro de la pastilla de manera tal que se produzcan pocas gotas de pequeño tamaño. Las pastillas (DG) se encuentran disponibles en ángulos de aspersión de 80 y 110° con una presión recomendada de 30 a 60 PSI (lb/pg²). Las pastillas Turbo Teejet combinan la tecnología del pre-orificio con una cámara de turbulencia para producir un patrón de aspersión de abanico plano de amplio ángulo, que reduce mucho la cantidad de gotas de aspersión fina. Las pastillas Turbo Teejet se encuentran disponibles en tamaños que van desde 11001 a 11008 (igual ángulo y distinto caudal) con una presión de aspersión en el rango de 15 a 90 PSI, aunque se recomienda utilizar presiones por debajo de 30 PSI, para maximizar el tamaño promedio de gota y la reducción de deriva.

Pastillas con inducción de aire (sistema Venturi). En este grupo se incluyen la AI (Air Injection) de Sraying System Co.; las TurboDrop y TurboDrop XL de Greenleaf Technologies Inc.; Lurmark Ultra-Low Drift (ultra baja deriva) de Precision Fluid Control Products; la Spraymaster Ultra de Delavan Spray Technologies, y la Lechler ID de Hardi. Aunque cada pastilla tiene un diseño distinto, la tecnología es básicamente la misma. Cada una incluye el pre-orificio para regular el flujo de manera tal que un orificio de salida más grande puede usarse para producir el patrón de aspersión. Adicionalmente, las pastillas venturi incluyen un montaje de inducción que incorpora aire en la corriente líquida con la consecuente formación de gotas llenas de aire. El diseño permite que las gotas llenas de aire se fragmenten por el impacto y por lo tanto mejoran la cobertura del asperjado y la retención de las gotas más grandes. Una presión de trabajo de 40 PSI mantendrá un buen patrón de aspersión, pero con presiones mayores a 60 PSI, es donde se logran los mejores resultados con herbicidas post emergentes. Los sistemas de inducción de aire operan más eficientemente a altas presiones y en contraste con el abanico plano estándar, el espectro del tamaño de gotas de las pastillas venturi no está muy influenciado por este cambio en la presión.

Reducción de deriva

La investigación conducida por la Universidad Estatal de Dakota del Norte (NDSU) ha demostrado la mayor reducción de deriva con pastillas tipo venturi o Turbo Teejet trabajando con baja presión (20 PSI). Las pastillas DG reducen significativamente la deriva comparada al abanico plano estándar, pero produce una cantidad de gotas finas con mayor deriva que las tipo venturi o Turbo Teejet. La siguiente tabla compara los datos de tamaño de gota para varios tipos de pastilla (La Universidad de la Estación Experimental Agropecuaria de Tennessee, Boletín N° 695).

Pastilla		Presión [lb/pg ²]	% Volumen Asperjado < 191 μ	DVM [μ] ^(*)
Rango extendido XR 8002		40	65	154
Drif Guard	DG 8002	40	32	292
Tubo Teejet	TT 11002	40	32	271
Tubo Teejet	TT 11002	15	19	393
Tubo Drop	TD 11002	60	10	520

Cuadro 2: Comparación de pastillas en su efecto sobre la deriva

^(*)DVM = diámetro volumétrico medio = diámetro en el cual el 50% del asperjado tiene gotas menores, y no un promedio de tamaño de gotas

El porcentaje de gotas pequeñas (< 191 μ) es el mejor indicador de deriva. Las pastillas tipo Venturi (Turbo Drop) producen el mayor tamaño de gotas y el menor número de gotas finas comparado a otros tipo de pastillas. Los datos en la tabla también ilustran la importancia de usar bajas presiones de trabajo para maximizar el efecto reductor de deriva de las pastillas Turbo Teejet.

Resultados de control de malezas

Las investigaciones de la NDSU han demostrado que para el control de malezas con los herbicidas Round Up Ultra, Raptor, Pursuit, Distinct (*Basf*, pa diflufenzopyr), Assure II (para controlar maíz convencional y RR en soja, pa quizalofop-p-ethyl) y Poast, no hay diferencias en los resultados entre pastillas reductoras de deriva y abanicos planos convencionales. Lo mismo sucede con los herbicidas de contacto de acción rápida como Gramoxone Extra y Aim (*FMC*, pa Carfentrazone-ethyl). Reflex (*Syngenta*, para control de malezas de hoja ancha en algodón, pa fomesafen) aplicado con pastillas reductoras de deriva, fue el único herbicida analizado donde el control de malezas fue levemente inferior comparado a pastillas convencionales. El resto de los herbicidas demostró resultados similares, independientemente del tipo de pastilla.

Un motivo de frecuente preocupación cuando se usan pastillas que producen gotas grandes, es lograr suficiente cobertura para mantener la efectividad del control de las malezas. En la mayoría de las situaciones, la cobertura es la adecuada. La cobertura se reduce en la medida que el tamaño de gota aumenta, por lo general el número de gotas que alcanza a la maleza utilizando pastillas de baja deriva será el suficiente para lograr un excelente control.

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

Cuadro 3: Relación entre número de impactos, tamaño de gota y volumen de aspersión

Aún con un volumen de 47 lt/ha, las pastillas que producen gotas grandes hasta 500 μ de diámetro teóricamente producirán 7 gotas/cm², cantidad que resultará adecuada para cubrir uniformemente aún las malezas más pequeñas. Los trabajos de investigación conducidos en la NDSU avalan esta premisa, ya que herbicidas aplicados a 23.5 lt/ha y pastillas de baja deriva han logrado un control de malezas similar que trabajando con abanico plano convencional (*Cuadro 3*).

Las gotas grandes pueden caer de las hojas luego de impactar dando lugar a una baja retención de gotas. La preocupación es válida si se aplica herbicidas sin coadyuvantes. El uso de coadyuvantes con herbicidas post-emergentes mejora la retención y deposición de gotas. La investigación conducida en la

NDSU ha encontrado que la retención del asperjado es similar para pastillas de baja deriva y estándar cuando los herbicidas se aplicaron con coadyuvantes tipo NIS (surfactantes no iónicos) o MSO (aceite vegetal metilado).

Para lograr el máximo control de deriva sin afectar el desempeño del herbicida, se recomienda usar las pastillas tipo venturi a más de 60 PSI, o Turbo Teejet a menos de 30 PSI. Los ejemplos en los cuales las pastillas de baja deriva pueden reducir el desempeño de los herbicidas son: productos de contacto, especies difíciles de mojar y malezas pequeñas. El control de malezas con pastillas de baja deriva pueden resultar mejor que con pastillas convencionales, cuando las condiciones ambientales favorecen la deriva. Recordar leer siempre el marbete, ya que algunos herbicidas tienen restricciones para el equipo aplicador o el volumen de aplicación que se puede usar.

2- Cono hueco

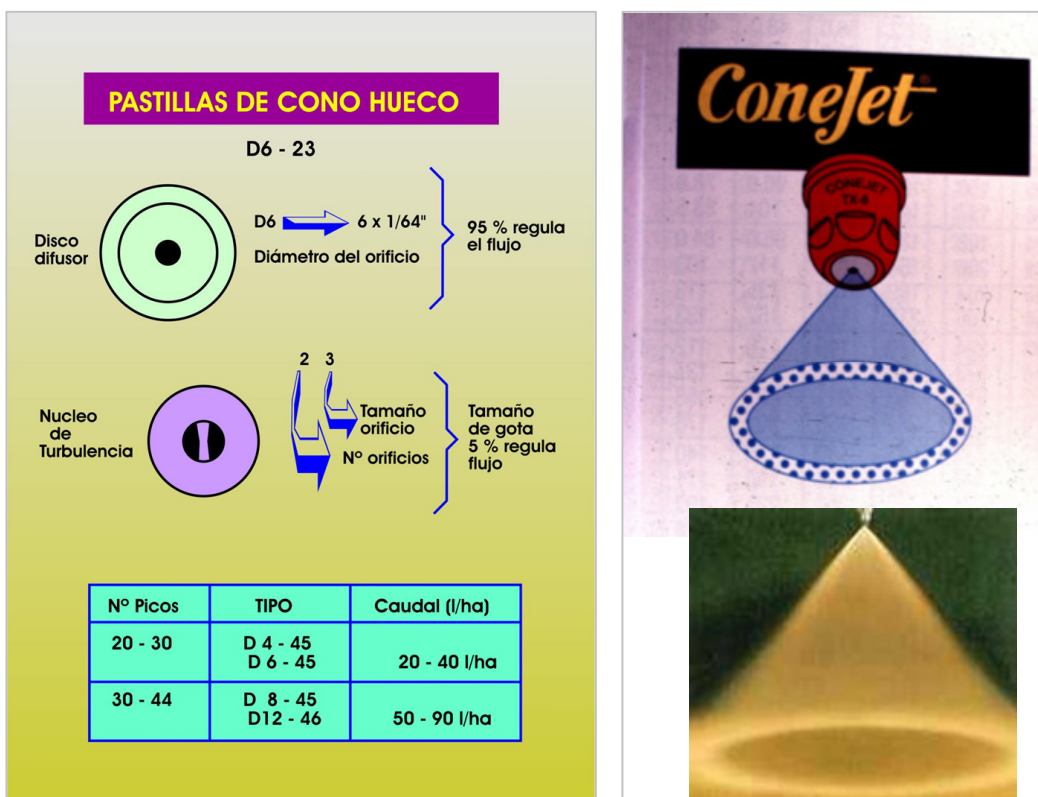


Figura 8: Pastilla cono hueco de disco y núcleo

Esta pastilla está constituida por dos partes (*Figura 8*), siguiendo el orden del camino del líquido, núcleo de turbulencia (NT) y disco difusor (DD). El NT es un disco plano y chato que tiene orificios al veis de dividir la masa líquida, esta propiedad le confiere a los filetes líquidos un movimiento de rotación espiralada al estar delimitados o contenidos por la carcasa de la pastilla. A mayor número de orificios, menor tamaño de gota. El DD regula el caudal, a mayor diámetro mayor caudal. El líquido luego de pasar por el NT atraviesa el

DD y sale al exterior en forma de un espiral cónico y hueco, que proyectado sobre una superficie plana toma el aspecto de anillo (*Figura 8*, derecha).

En resumen, el *DD* regula el caudal y el *NT* el tamaño de gota. La denominación D6 – 23 hace referencia a un DD de diámetro 6, y un NT de 2 orificios de tamaño 3. El tamaño se refiere al 1/64", es decir que cada unidad equivale aproximadamente 0.4 mm. El D6 tiene un diámetro interno de 2.4 mm; a su vez, a menor valor de Dx, menor tamaño de gota.

Existen dos tipos de pastillas cono hueco, aquellas en las que se puede combinar *DD* y *NT*, y las pastillas integradas (que se utilizan en la actualidad). Las pastillas de cono hueco funcionan con mayor presión que las de abanico plano, más de 65-70 lb/pg². Producen gota chica y su propiedad fundamental es la capacidad de penetrar profundamente el follaje, por la combinación del tamaño de gota más el efecto de rotación del flujo a lo largo de un giro de 360°, que le permite vencer el obstáculo de la intercepción de hojas. No se las recomienda para herbicidas, por la deriva y consecuente fototoxicidad hacia cultivos sensibles; y mucho menos en ausencia o poca cantidad de follaje.

Evaluación comparada de prestaciones

a- Aspectos físicos

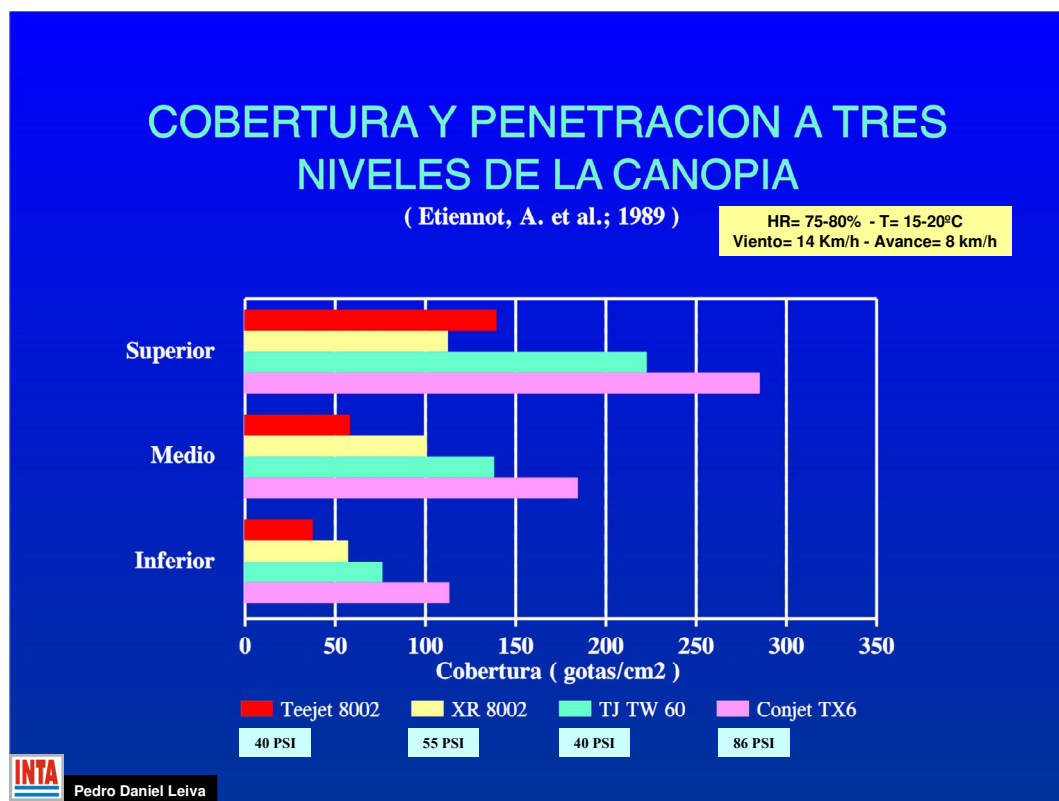


Figura 9: Evaluación de cobertura y penetración de 4 tipos de pastillas

El trabajo resumido en la *Figura 9*, corresponde a un ensayo conducido en trigo al estado de macollaje, con 40 cm de altura, y una cobertura de suelo superior al 80-85%. Se aplicó un volumen de 90 lt/ha con equipo terrestre a 8 km/h. Las condiciones ambientales no fueron favorables para evaporación, 75-80% de humedad relativa, 14 km/ha de viento (que asegura la ausencia de inversión térmica) y una temperatura baja, 15-20 °C.

Para evaluar la cantidad de impactos en distintos estratos del follaje, se colocaron tarjetas hidro sensibles en diferentes ubicaciones: sobre el canopeo, en el tercio medio e inferior del cultivo. Se utilizaron 4 tipos de pastillas, abanico plano común a 40 lb/pg², XR a 55 lb/pg², doble abanico plano a 40 lb/pg² y cono hueco a 86 lb/pg².

Un primer análisis demuestra que a medida que descendemos, el follaje intercepta gotas, 140, 60 y 40 gotas/cm² para abanico plano común. Lo mismo puede observarse con el resto de las pastillas. Comparando abanico plano común con XR, observamos un incremento de cobertura como resultado de un menor tamaño de gota por mayor presión. Un paso adelante se logra con doble abanico, trabajando a la misma presión que el abanico común, consecuencia del ángulo entre los dos abanicos y del menor tamaño de orificio individual (0.1 vs. 0.2, respectivamente). Finalmente el cono hueco supera a las tres anteriores.

Analizando los resultados en el tercio inferior, el cono hueco produjo 3 veces más cobertura que el abanico plano común, 120 vs. 40 gotas/cm². **Muchas fallas en tratamientos** con insecticidas ocurren bajo la combinación de algunas de las siguientes **7 situaciones** (o todas ellas): cultivos de porte alto (valores de IAF=5, similar a un edificio de 5 pisos), entresurco cerrado (frecuente en siembras a 35 cm), bajo volumen de aspersión (que limita la adecuada provisión de los distintos tamaños de gota, ver *Figura 3*), alta velocidad de trabajo (que dificulta la penetración, al igual que un auto al doblar la esquina), *uso de abanico plano* (reducida penetración de gotas), alta temperatura (que obliga a la plaga a ubicarse en los estratos medio e inferiores, además de favorecer la evaporación), y baja humedad relativa sin el uso de aceite antievaporante (muy asociado al inadecuado horario de trabajo), situación que promueve la pérdida de gotas chicas.

Hay que tener en cuenta que aún utilizando cono hueco, los resultados pueden ser deficientes, y más aún usando abanico plano. Tratamientos realizados a la mañana temprano, o momentos antes del crepúsculo, mejoran significativamente los resultados, ya que además de contrarrestar las condiciones de ambiente, se favorece el efecto de contacto, porque la mayor parte de los insectos se ubica en estratos altos o directamente sobre el canopeo.

Otra falla asociada a la elección de pastillas, es el uso de las inducidas por aire (AI), cuya propiedad es incrementar el tamaño de gota (buscando reducir deriva), y consecuente reducción del número de gotas (ver *Cuadro 2*). También es frecuente observar cono hueco trabajando con baja presión, situación que promueve las gotas grandes (que no penetran lo suficiente). La falla más grave aún, es el uso de un bajo volumen (persiguiendo el objetivo de aumentar la

capacidad operativa del equipo pulverizador) que, aunque con la pastilla y presión recomendada, no logra el suficiente pull de gotas totales para llegar abajo (ver *Figura 3*). El bajo volumen resulta excelente para control de malezas en barbecho (sin follaje significativo) o para cultivos de bajo porte, no sólo porque se logra ubicar una suficiente cantidad de impactos sobre el blanco (malezas al estado de plántula), sino porque además la dosis que lo alcanza está muy concentrada y penetra la hoja con rapidez, antes de evaporarse (ver *Cuadro 1*).

Todos los factores expuestos constituyen indicadores verificables: estado del cultivo, condiciones ambientales, ubicación de la plaga, volumen de aspersión, velocidad de trabajo y tipo de pastillas. El medio de verificación más objetivo y menos utilizado, es la tarjeta sensible, que permite cuantificar tanto el número como el tamaño de gotas. Este elemento permite además, junto con los coadyuvantes, definir con certeza el volumen de aspersión, para las diferentes combinaciones de ambiente productivo. Recomendamos especialmente su uso (*Figura 10*).

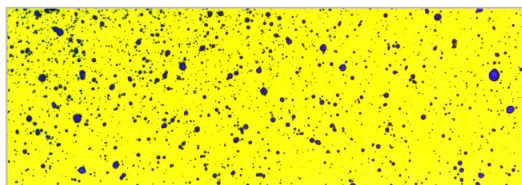


Figura 10: Tarjeta hidrosensible

b- Aspectos agronómicos

En este sentido hemos trabajado en cultivos de soja de alto porte y el control de enfermedades de fin de ciclo (EFC) bajo condiciones críticas de humedad relativa (entre 40-50%), evaluando cobertura de gotas, evolución de enfermedades (patometría secuencial), respuesta en rendimiento y análisis económico por margen bruto. Pretendemos demostrar el efecto del tipo de pastilla y del volumen de aspersión.

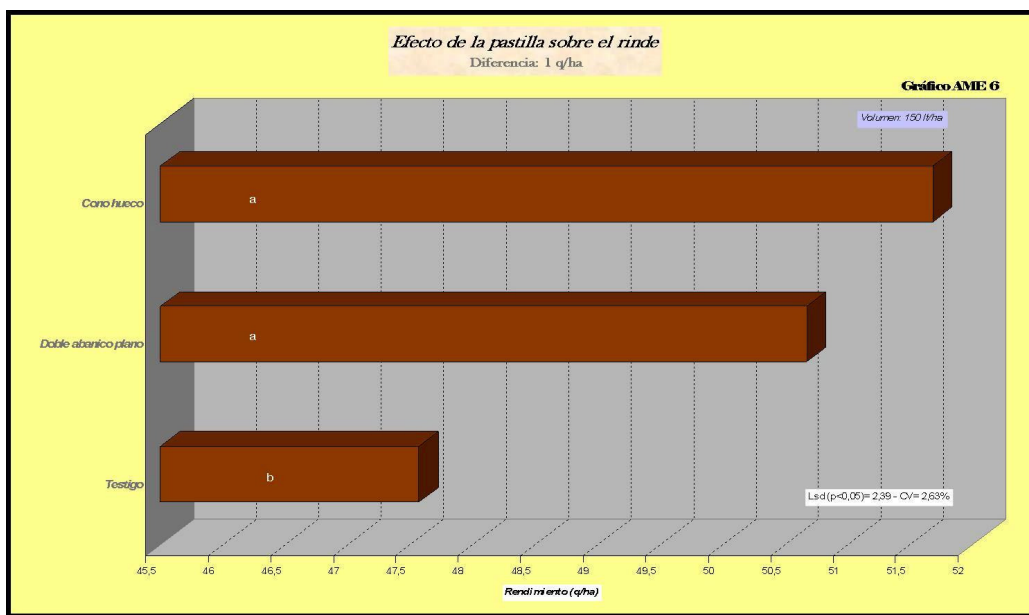


Figura 11: Efecto del tipo de pastilla sobre la respuesta de fungicidas

La *Figura 11* ilustra los resultados de utilizar un volumen de 150 lt/ha con pastilla cono hueco vs. doble abanico, el tercer tratamiento es un testigo sin fungicida. En primer lugar observamos que el uso de fungicidas en soja resulta altamente rentable, 3.5 q/ha de respuesta promedio para una inversión de 0.70 q/ha (una relación beneficio costo 5:1; que incluye fungicida a la dosis de control más costo de pulverización terrestre). Utilizando cono hueco en lugar de doble abanico, la diferencia alcanza a 1 q/ha a favor del primero.

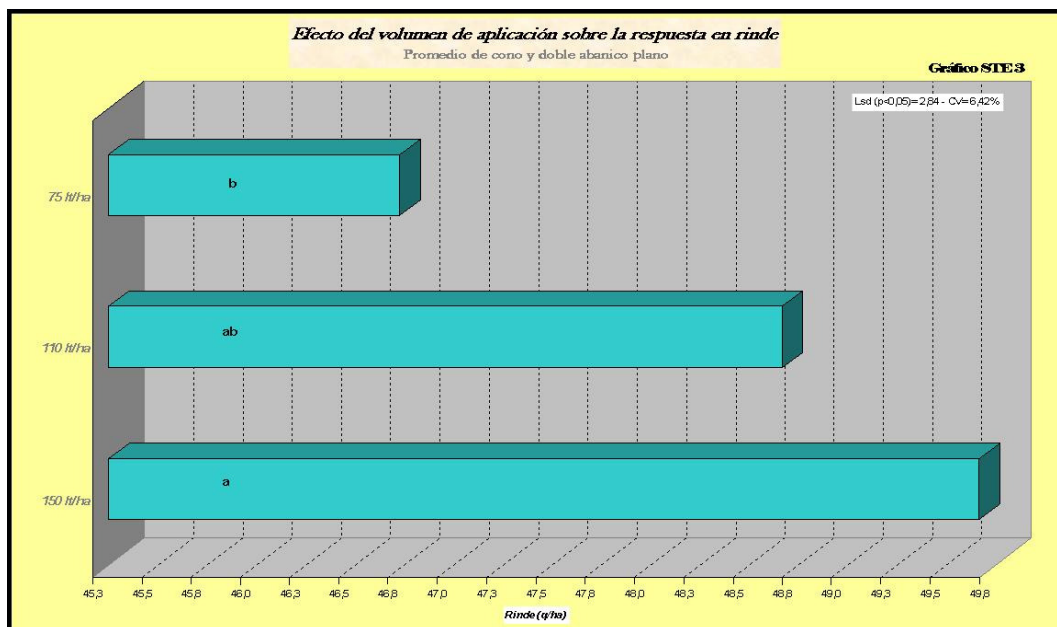


Figura 12: Efecto del volumen de aspersión sobre la respuesta de un fungicida

La *Figura 12* muestra que si bien hay respuesta en rendimiento para 75, 110 y 150 lt/ha, el volumen más bajo es estadísticamente diferente a los otros dos, y en consecuencia se desaconseja su uso (la diferencia mínima es de 2 q/ha, 46.5 vs. 48.8 q/ha). Reiteramos que se observa una tendencia al uso de bajo volumen para cualquier situación de cultivo, ambiente y patología. Si bien no hay diferencia estadística entre 110 y 150 lt/ha, se observa una tendencia a mayor respuesta asociada a mayor volumen, aprox. 1 q/ha (48.8 vs. 49.8 q/ha, respectivamente). Para situaciones de baja capacidad operativa, aconsejamos el uso de 110 lt/ha, ya que es mejor una respuesta menor, frente a la alternativa de realizar un tratamiento con demora (tardío y con pérdida económica).

Las EFC (*Septoria glycines*) inician la infección desde el estrato inferior, avanzando hacia arriba. En el primer caso (*Figura 11*), al llegar menos gotas abajo, llega menos dosis y ello justifica la mayor respuesta del cono hueco vs. doble abanico plano. En el segundo caso (*Figura 12*), un volumen reducido aporta menos dosis al estrato inferior consecuencia de una falta del insumo básico, una cantidad insuficiente de gotas chicas.

Resultados similares fueron logrados en Brasil por el Dr. Ricardo Silverio Balardín, perteneciente a la Universidad Federal de Santa María (RS, 2007).

Durabilidad de las pastillas

Tanto en Argentina, como en los países más evolucionados tecnológicamente, -USA, UK, Alemania y Francia- pastillas fuera de tolerancia es la causa de falla más frecuente de observar en equipos de aplicación terrestre.

La *tolerancia al desgaste o taponamiento* de las pastillas está establecida en 10% del flujo original. Para una pastilla 11002 - a 40 lb/pg² - le corresponde un flujo de 757 ± 76 cc/min., lo que determina un rango de variación aceptable entre 833-681 cc/min. Toda pastilla que supere el valor mayor debe reemplazarse por otra nueva; la que esté por debajo del límite inferior, con seguridad tendrá alguna obstrucción y deberá ser destapada cepillando la zona del orificio y posteriormente eliminar los residuos por sopleteado.

Pretendemos también dar las nociones básicas de durabilidad y rendimiento económico de distintos materiales, y una estimación aproximada de hectáreas para efectuar recambios.

CUADRO I. EVALUACIONES ESTATICAS				
EQUIPO #	Nº PICOS	Nº LINEAS	TIPO PASTILLAS	% PICOS DEFECTUOSOS
1 au	60	4	AB PL 8003	5
2 au	61	4	TWJ 8002	32
3 ar	19	3	AB PL 11002	40
4 au	57	4	AB PLXR 11003	0
5 ar	21	3	AB PL ALBUZ R	87
6 ar	19	3	AB PL 8002	0
7 au	55	3	AB PLXR 8003	8
8 au	59	4	TWJ 11006	55
9 ar	15	3	AB PL 8002	100
10 au	27	2	AB PL 8003	10
11 au	32	4	TWJ 11004	32

Referencias: au = automotriz ar = de arrastre

Cuadro 4: Evaluación del desgaste/taponamiento de pastillas de pulverización

El cuadro anterior (*Cuadro 4*) ilustra una evaluación de 11 máquinas pulverizadoras terrestres de productores en la zona de Pergamino (BA) con un graminicida selectivo post emergente en cultivos de soja, un volumen promedio de 130 lt/ha y pastillas abanico plano. Puede observarse que sólo un equipo está en condiciones (Nº 6), el resto con diferentes porcentajes de pastillas defectuosas que en promedio tienen la tercera parte de pastillas funcionando fuera de tolerancia; hasta un máximo del 100% (Nº 9). Esta evaluación demuestra lo expuesto en el primer párrafo, y por ende se cumple el dicho que “no hay mejor equipo que aquel que recibe un buen servicio de mantenimiento”.

Los distintos materiales constructivos de pastillas son: latón o bronce, acero inoxidable, plástico Kematal, termoplástico y cerámica, en orden creciente de

calidad. La durabilidad entre los materiales extremos es 45:1, para cerámica y latón, respectivamente. Con valores próximos al óptimo para Termoplástico y Kematal. No existen pastillas de fabricación nacional que cumplan con altos estándares de calidad, ya que la relación beneficio: costo no lo permite. Se estima que Argentina tiene un parque de máquinas pulverizadoras de 30.000 unidades, el 66% de arrastre y un 34% autopropulsadas. Tomemos 50 pastillas como configuración promedio por equipo, que corresponde a 1.500.000 unidades totales; si se cambiasen una vez por año (aprox. entre 10.000-15.000 has de uso), la venta anual alcanzaría las 1.5 millones de unidades. Una estimación anual de ventas para Argentina se aproxima a las 500.000 unidades (Ing. Agr. Gustavo Casal, comunicación personal). *De las cifras anteriores podríamos estimar que anualmente sólo 1 de cada 3 equipos recambia pastillas*, estimación aprox. coincidente con los datos del Cuadro 4.

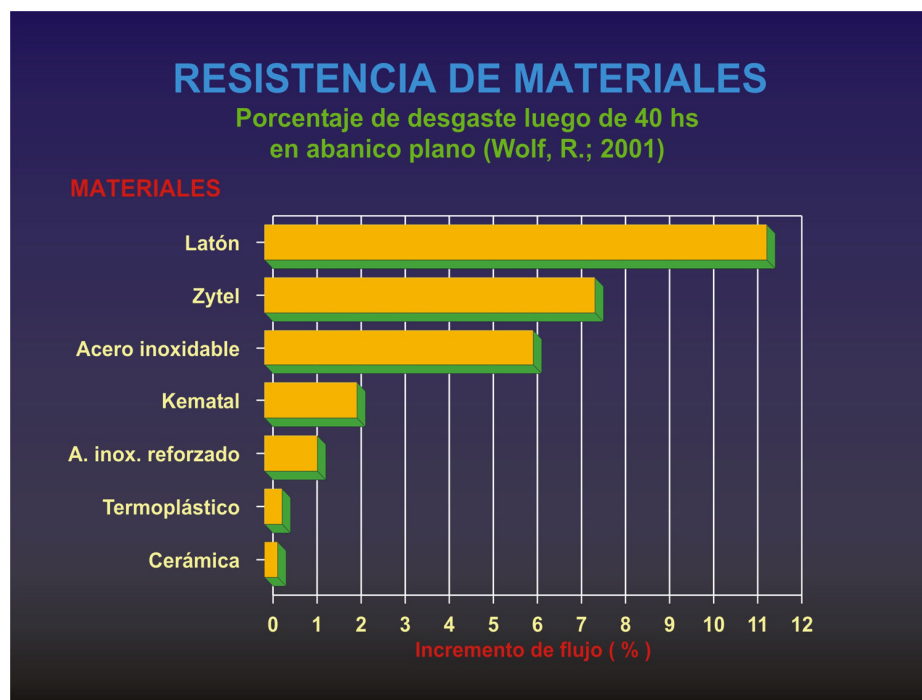


Figura 13: Durabilidad de distintos materiales de pastillas

Los resultados de ensayos de durabilidad demuestran muy significativas diferencias entre materiales constructivos; la *Figura 13* representa un ensayo de variación de flujo, conducido en USA con abanico plano luego de 40 horas de uso. Estimando para Argentina una capacidad de trabajo de 32 ha/hr, las 40 horas se traducen en 1280 has.

Las absisas del gráfico representan el incremento porcentual del flujo respecto a una pastilla nueva. Se aprecia con claridad que el *bronce o latón* debería reemplazarse cada 1200 has, es decir unas 8 veces al año, si consideramos un uso anual promedio de 10.380 has (ponderando el uso anual para equipos de arrastre y autopropulsados). Las de *cerámica* en cambio, tiene una durabilidad **45 veces mayor** que las de latón, y en consecuencia su recambio sería cada 57.850 ha, es decir una vez cada 5 años.

Analizando costos, cabría preguntarse: ¿los valores comparativos mantienen una relación 45:1? El mercado nos dice que no; aquí también se aplica aquello de “lo barato sale caro”. Los materiales más empleados en la actualidad están basados en polímero Kematal, al cual se le estima una durabilidad de 7200 has, y en consecuencia deberían reemplazarse al menos una vez por año.

Para atender casos puntuales lo recomendable es realizar un chequeo anual de flujo individual de pastillas, y establecer las necesidades de mantenimiento o reemplazo de aquellas fuera de tolerancia. El dato de 1 año de duración para Kematal es un dato válido, considerando que los porta picos múltiples permiten repartir sin dificultad el uso de distintos modelos de pastillas a lo largo de la campaña agrícola.

Con la intención de realizar una evaluación de costos, contemplando las variables precio (estimado sin IVA a julio 2011, *Gustavo Casal SRL*) y durabilidad (en base a los datos de la *Figura 13*), confeccionamos el *Cuadro 5*.

Material	Precio u\$s / unidad	Duración relativa Bronce=1	Duración has
Acero Inoxidable	6	1.9	2432
Cerámica	5	45.2	57850
Bronce	4	1	1280
Polímero (Kematal)	1	5.6	7200

Cuadro 5: Precio y durabilidad de pastillas de diferentes materiales

El rendimiento de cada tipo de pastilla lo ordenamos en función del costo en dólares por cada 10.000 hectáreas, de la siguiente forma: cerámica 0.86, polímero Kematal 1.39, acero inoxidable 24.7, y bronce u\$s 31.2 / 10⁵ ha.

Esto nos permite concluir que tanto la cerámica como el polímero Kematal resultan muchísimo más económicos que el acero inoxidable o bronce; y, a pesar que la cerámica cuesta 5 veces más que el polímero, tienen un rendimiento económico 60 % superior.

Respecto a la cerámica podemos acotar que se utiliza también para asperjar líquidos corrosivos como el fertilizante UAN, no resistido por el resto de los materiales. Además, cuando el orificio de cerámica se daña por un golpe, salta un trocito de material que hace variar mucho el caudal, a diferencia del polímero que es elástico o del bronce que es maleable.

Resulta interesante comparar estas recomendaciones de selección de material de pastillas, observando una coincidencia entre precio y rendimiento económico para Kematal, que no es fácilmente distinguible cuando sólo se analiza la cerámica en función del precio, ya que es uno de los materiales de mayor costo. Desconocemos el precio del termoplástico, que seguramente mejora aún más la relación costo:beneficio, por tener una durabilidad próxima a la cerámica, *Figura 13*, y un costo menor.

Recuento y tipificación de impactos

1- Caracterización de impactos

El análisis de las tarjetas hidro sensibles marca *Syngenta Agro* permite no sólo realizar un recuento manual (con lupa de mano de 15A) o computarizado del número de impactos por cm^2 , sino que además -utilizando programas de computación- se pueden obtener los siguientes 8 *parámetros*: Diámetro Volumétrico Medio (DVM), Diámetro Numérico Medio (DNM), Factor de dispersión (FD), Amplitud Relativa (AR), Área de Cobertura (AC%), Volumen de aplicación (VA), y contando con el dato del volumen pulverizado, calcular una Eficiencia de Aplicación (EA%). Algunos programas clasifican las gotas por agrupación de tamaño, en clases diamétricas (CD).

La interpretación de estos parámetros permite caracterizar el tipo de aspersión que realizan los diferentes tipos de pastillas.

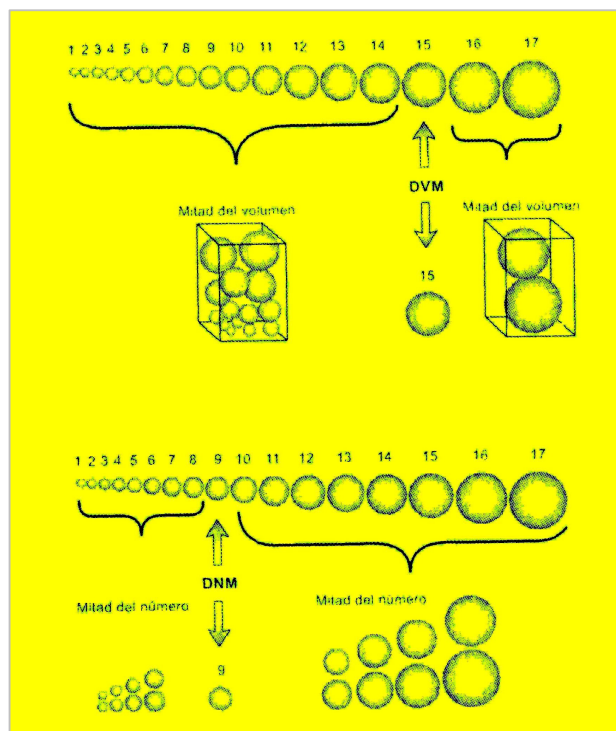


Figura 14: Parámetros para caracterizar el espectro de gotas

Diámetro Volumétrico y Numérico Medio (DVM y DNM)

La *Figura 14* permite una interpretación gráfica de conceptos: arriba DVM, abajo DNM. Ordenando todas las gotas de menor a mayor, el tamaño de la gota que divide exactamente el volumen en dos mitades iguales, es el DVM. El tamaño de la gota que divide exactamente el volumen en dos mitades con el mismo número de gotas, se denomina DNM. Como se aprecia en la ilustración, cuando hay disparidad en el tamaño de la pulverización, siempre el DVM es mayor que el DNM.

Factor de Dispersión (FD)

La utilidad radica en que cuando el FD (relación DVM / DNM) es estrecho (próximo a 1), hay más uniformidad en el tamaño de gotas de una pulverización.

Además, cuando se privilegia el efecto de penetración se requiere gota chica y uniforme; cuando se pretende llegar arriba y abajo necesito una relación amplia que asegure un abundante pull en ambos extremos del espectro.

Con relación a la ubicación dentro del canopeo para medir impactos, ello depende del objetivo fitosanitario del tratamiento. Por ejemplo, para EFC (enfermedades de fin de ciclo) en soja, como *Septoria glycines*, la patología se inicia abajo y asciende; para mancha ojo de rana *Cercospora sojina* la patología se inicia y progresa desde y hacia arriba. Para enfermedades en trigo, como se pretende proteger espiga y hoja bandera, se debe apuntar arriba.

Es importante interpretar el correcto proceder en este aspecto, por las negativas consecuencias que se derivan de no hacer las cosas bien. Como ejemplos: a) si para *Septoria* en soja las gotas no llegan abajo, la enfermedad va subiendo y no se detiene hasta alcanzar el estrato superior (donde la dosis del fungicida es alta); b) si tengo una penetración profunda en canopeo de trigo, diluyo la dosis, consecuencia de aplicar fungicida donde no tendría efecto en el rinde, y resto producto donde ejerce eficiente acción de control.

También resulta importante conocer que, muchas veces un mismo problema requiere de acciones diferentes. Por ejemplo si tengo chinche y hace mucho calor, el insecto estará abajo, protegido dentro del follaje; temprano a la mañana en cambio, se encontrará totalmente expuesto y factible de ser alcanzado incrementando el efecto de contacto.

Otros Indicadores

La posibilidad de deriva no sólo depende del DVM ($=DV_{0.5}$), sino también del espectro total de tamaños de gota. Para obtener información sobre el espectro del tamaño de gotas, también se buscan los valores $DV_{0.1}$ y $DV_{0.9}$. Cuanto mayor sea el valor $DV_{0.1}$, menor es la posibilidad de deriva. Cuanto mayor sea el valor de $DV_{0.9}$, menor será el número de gotas disponibles para proporcionar una cobertura adecuada.

Un valor de $DV_{0.9}$ indica que el 90% del volumen de pulverización está compuesto por gotitas más pequeñas (o 10% más grande) que este valor. Si el $DV_{0.9}$ es grande (por ejemplo 800 micrones), la mayor parte del volumen de líquido en suspensión está en un número reducido de grandes gotas. La cobertura del rociado y la eficacia puede reducirse debido a que puede no ser suficiente la cantidad de gotas para cubrir adecuadamente todas las superficies tratadas en algunas aplicaciones.

Un valor de $DV_{0.1}$ indica que el 10% del volumen de pulverización está en gotitas más pequeñas que este valor y puede contener una parte importante de ellas que deriven mucho. Por ejemplo, si una boquilla tiene un $DV_{0.1}$ de 150 micrones, eso significaría que el 10% del volumen de la boquilla de aspersión se produjo en las gotitas de 150 micrones o menos.

Amplitud relativa (AR)

Se refiere a un valor que surge de restar el valor de $DV_{0.9}$ del $DV_{0.1}$ y dividiendo por el $DV_{0.5}$. Cuanto menor sea este número, la menor variación que hay entre el tamaño de las gotas en su espectro de pulverización.

Consideremos dos boquillas ambos con un DVM de 300 micrones, pero uno tiene un $DV_{0.1}$ de 150 y un $DV_{0.9}$ de 800, y el otro un $DV_{0.1}$ de 200 y $DV_{0.9}$ de 600. La amplitud relativa de la primera boquilla sería $([800-150] / 300) = 2,2$, mientras que la boquilla pariente segundo tramo sería el $([600-200] / 300) = 1,3$. A pesar de que las dos pastillas tienen el mismo DVM ($=DV_{0.5}$), la AR indica que la segunda tiene mucha menos variación en el tamaño de gotas, un menor potencial de deriva y una mayor cobertura.

Área de Cobertura (AC%)

Expresa el porcentaje de la superficie de la tarjeta cubierta por manchas.

Volumen de Aplicación (VA)

Se refiere al volumen (lt/ha) que se depositó en la tarjeta sensible. Se calcula integrado (sumando) el volumen aportado por todas las gotas registradas en el colector sensible. Aplica la fórmula detallada en el segundo párrafo de este trabajo. Cabe aclarar que la tarjeta registra manchas, y no gotas.

El papel hidro sensible *Syngenta Agro* tiene una porosidad constante y estable, razón por la cual se pueden calcular factores de dispersión uniformes. El factor de dispersión del papel es un valor mayor que la unidad, y representa el aumento del diámetro de la gota al impactar. A mayor tamaño de gota, corresponde un factor de dispersión más grande. En consecuencia, dividiendo el diámetro de la mancha por el factor de expansión, se obtiene aproximadamente el diámetro de la gota antes de impactar.

Eficiencia de Aplicación (EA%)

Simplemente calcula lo que llegó a la tarjeta sensible respecto al volumen originalmente pulverizado. La siguiente es la fórmula que se utiliza:

$$EA (\%) = (Vol. Pulverizado - Vol. Aplicado) * 100 / Vol. Pulverizado$$

Dado que el plaguicida se distribuye uniformemente en el caldo de aspersión, la EA es un indicador confiable del porcentaje de la dosis que recibió el cultivo en el sitio donde se localiza el colector. En consecuencia, bajas eficiencias de aplicación se relacionan directamente con bajos o nulos resultados de control.

Altas eficiencias de aplicación tampoco aseguran un elevado porcentaje de control, ya que luego de depositarse el plaguicida debe adherirse, penetrar y no sufrir una significativa descomposición o secuestro, hasta llegar al sitio de acción bioquímica. Dado que la principal causa de bajas EA es una baja humedad relativa ambiente —evaporación—, por lo general con buenas condiciones, la EA resulta elevada y los controles satisfactorios. No obstante para relacionar gotas con control, es necesario tener en cuenta la contribución de los coadyuvantes.

2-Programas para el análisis de tarjetas sensibles

Existen en el mercado diferentes programas de computación, que permiten mediante un análisis de imágenes, obtener los parámetros antes detallados.



Figura 15: Pantalla de resultados del programa CIR 1.5

Una pantalla de resultados del análisis computarizado de imágenes de tarjetas sensibles, está representado en la *Figura 15*, correspondiente al Programa CIR 1.5. Este análisis se puede realizar siempre que la tarjeta mantenga un buen contraste -azul sobre amarillo-, ver *Figura 10*. La comparación de software se describe en el trabajo citado a continuación, y disponible en la WEB:

Leiva, P.D. & Cordeiro Araújo, E. 2009. Comparación de programas de computación para recuento y tipificación de impactos de aspersión sobre tarjetas sensibles. Agrotec Tecnologia Agrícola e Industrial Ltda. (Pelotas, RS, Brasil) - Grupo Protección Vegetal - INTA, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Pergamino (BA). 7 pg: il.
http://www.agrotec.etc.br/downloads/Comparacion_de_programas_de_computacion_para_recuento.pdf

Algunos programas agrupan los recuentos de gotas en clases diamétricas (CD), o intervalos de clase según diámetros. Para poder interpretar el tamaño de gota útil (para aplicaciones terrestres dirigidas al follaje), establecemos los valores extremos de CD, según se describe en el *Cuadro 6*.

TAMAÑO DE GOTAS (μ)	CARACTERISTICAS DE LA ASPERSION
Cuadro 6	
< 150	Con gotas más pequeñas hay más deriva y más evaporación
200 - 250	Optimo compromiso entre la penetración de la canopia, el escurrimiento y la deriva
> 350	No hay adherencia y la gota escurre

Tabla de fabricantes

Los detalles brindados en este trabajo sólo pretenden ilustrar los aspectos generales para la selección y uso de pastillas de pulverización. Existe una variedad muy grande de marcas y modelos a disposición. Por esta razón, consideramos de mucha utilidad contar con los manuales que proveen los fabricantes.

En la mayoría de ellos se detalla el ámbito de recomendación de cada pastilla. Incluimos a continuación las citas y direcciones electrónicas para consultar los manuales de las empresas: Teejet y Lurmark (USA), Lechler (UK) y Albuz (Francia).

Cabe aclarar que la descarga por Internet puede resultar algo lenta, dado el peso de los archivos (entre 5 y 24 Mb). En consecuencia, se recomienda almacenarlos en dispositivos específicos (CD-ROM o Pen Drive) para una consulta más ágil, o eventualmente imprimir las tablas de uso frecuente.

1- *Spraying System Co.* 2008. **Teejet** Technologies, Catalog 50A-E. Wheaton, Illinois, USA. 196 pg: il

<http://www.teejet.com/spanish/home/literature/catalogs/catalog-50a-e.aspx>

2- *Hypro.* 2010. **Lurmark** Spray Tips, Guns & Backpack Sprayer. Pentair Water, Sray Group. New Brighton. USA. 60 pg:il.

<http://www.hypropumps.com/FileAttachments/Spray/en-us//Literature/Catalogs/HYP01-SprayTips-Guns-BackPackSprayer.pdf>

3- **Lechler Ltd.** 2010. Agricultural Spray Nozzles and Accessories. Catalogue L 2010. Sheffield, UK. 68 p:il.

https://shop.lechler.de/is-bin/intershop.static/WFS/LechlerDE-Shop-Site/LechlerDEShop/en_US/PDF/05_service_support/landtechnik/downloads/englisch/agrarkatalog_Lechler_GB.pdf

4- *Coorstek Advanced Materials.* France. 2011. **Albuz**, boquillas de pulverización. Coorstek Amazing Solutions. Evreux, Francia. 32 pg.

<http://www.albuzspray.com/download/catalog/Catalogo%20Albuz%202009%20en%20espanol.pdf>

Pedro Daniel Leiva

Pedro Daniel Leiva
Ingeniero Agrónomo UBA
MN 9.998 – MP BA 41.040
Estación Experimental Agropecuaria INTA
Pergamino, BA - Julio 2011

