



RELEVAMIENTO DEL ESTADO GENERAL DE EQUIPOS PULVERIZADORES TERRESTRES PARA CULTIVOS BAJOS

Tourn, Santiago¹; **Platz, Pedro**¹; **Cid, Ramiro**²; **Tordó, Agustina**¹

¹ Unidad Integrada Balcarce, (FCA UNMdP-INTA) – PE177-Agricultura de Precisión y Mecanización Agrícola

² C.I.A INTA Castelar

INTRODUCCIÓN

La aplicación de agroquímicos para la protección de los cultivos (control de plagas y enfermedades) es una práctica clave en los sistemas de producción actuales (Onorato y Tesouro, 2006). La realización de una aplicación eficiente y amigable con el ambiente depende de varios factores. Entre ellos, el correcto funcionamiento y mantenimiento del pulverizador y el sistema de pulverización. Por lo tanto, resulta de gran importancia verificar su performance periódicamente cada determinadas horas o hectáreas de trabajo (Tourn y Platz 2019b). De nada sirve una correcta elección del momento y tipo de aplicación e incorporación de los productos al tanque, si el sistema de pulverización no funciona correctamente generando, en definitiva, una mala distribución del caldo de aplicación en el terreno y pérdida de eficacia del control esperado (Platz et al., 2019).

En el sudeste de Buenos Aires, especialmente la zona Mar y Sierras que comprende a los partidos de Tandil, Balcarce, Necochea y Lobería (Figura 1), existen 1.849.904 ha con un uso de suelo predominantemente agrícola. (83% de la superficie total). Gran parte de la superficie de uso agrícola, 1.242.377 ha, es explotada con cultivos como maíz, trigo, cebada, soja y girasol (Tosi, 2015). Aproximadamente el 95% de la superficie destinada a estos cultivos se hace bajo siembra directa y por año, en promedio, se aplican 5 veces fitosanitarios para control de plagas y enfermedades. Asimismo, el 80% de los trabajos de aplicación de fitosanitarios se realiza por medio de contratistas de servicios (Cabral 2017). Por lo tanto, considerando que algunas máquinas aplican fuera de la zona de estudio, aproximadamente la pulverización realizada por contratistas es en 4.700.000 ha repartidas en, 240 máquinas pulverizadoras (Cabral 2017). El estado de las pulverizadoras es clave para que las aplicaciones se realicen correctamente, que no se deban repetir y que disminuyan al mínimo los riesgos de endo y exoderiva.

No existe en la región Mar y Sierras un relevamiento del estado de los componentes de los sistemas de las pulverizadoras, poder contar con esta información permitiría caracterizar el estado general de la población de equipos de contratistas y detectar los sistemas que normalmente presentan problemas. Esta información permitiría la generación de recomendaciones a los usuarios de pulverizadoras enfocadas a mejorar los sistemas más problemáticos y, además, redundaría en beneficios, por un lado, para los operarios de las máquinas dado que se asegurarían de trabajar en condiciones de baja peligrosidad y, por el otro, disminuir los riesgos de contaminación del ambiente y la sociedad. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue realizar inspecciones a un grupo de pulverizadoras contratistas perteneciente a empresas

líderes en la región que participan en gran parte de las aplicaciones realizadas en la región Mar y Sierras, preferentemente en los partidos de Balcarce y Necochea y Lobería.

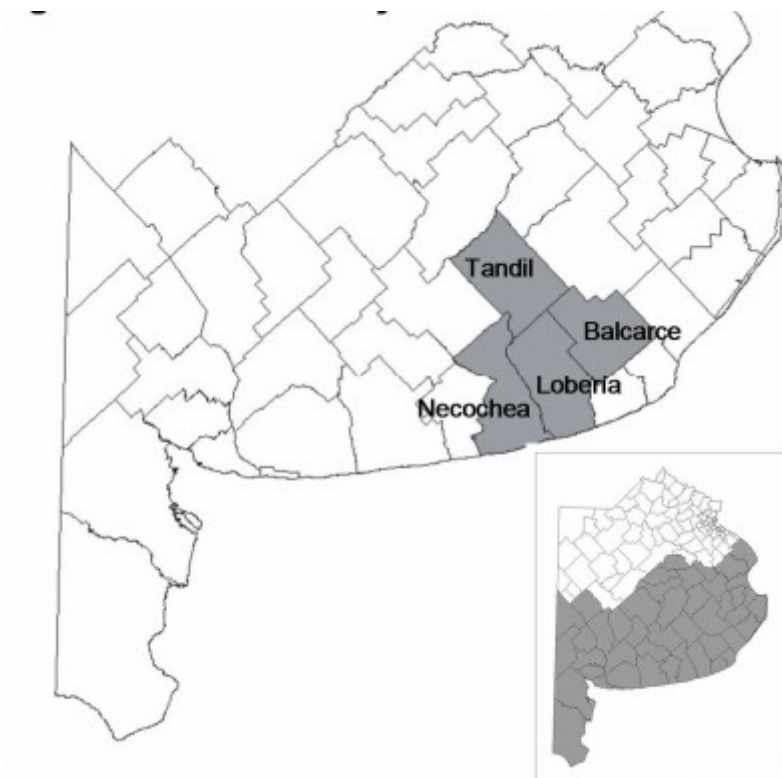


Figura 1. Región Mar y Sierras en la Provincia de Buenos Aires.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de las máquinas evaluadas.

Se evaluaron 34 máquinas pulverizadoras autopropulsadas de empresas contratistas de los partidos de Balcarce, Lobería y Necochea (Tabla 1). Las máquinas presentaron una antigüedad máxima de 7 años. Se estimó las hectáreas realizadas por año por máquina de aplicaciones de herbicidas, fungicidas e insecticidas (Tabla 1) (no se consideró la aplicación de fertilizante líquido) a partir de consultas a los propietarios. El total de hectáreas trabajadas por año de las máquinas fue de aproximadamente 810.000, representando un 17% de la superficie total estimada de aplicaciones por hectárea por año.

Tabla 1. Cantidad de unidades evaluadas por fabricante

Fabricante	Cantidad
Metalfor S.A.	13
PLA S.A.	11
Caiman S.R.L.	4
Favot S.A.	2
Pulqui Pulv.	2
New Holland	1
Maq. Ombu S.A.	1

Inspección de los equipos pulverizadores

La inspección de los sistemas de los equipos pulverizadores terrestres se realizó utilizando los lineamientos de la Norma Europea EN ISO 16120-2:2015, Inspección de pulverizadores en uso, parte 2, pulverizadores de barras horizontales. La organización de los procedimientos de inspección fue bajo las

indicaciones del Protocolo de Inspección Técnica de Pulverizadoras (Tourn y Platz, 2019a). Las condiciones del sitio de inspección, las del operario y las del instrumental necesario se cita en la norma EN ISO 16120-2:2015 y en el protocolo de inspección (Tourn y Platz, 2019a). A continuación, se citan algunos de los componentes evaluados del sistema de pulverización.

1. Barra de pulverización

- II. Estado general de los componentes
- III. Estabilidad horizontal de la barra
- IV. Uniformidad de altura de la barra
- V. Presencia y funcionamiento de sistema de fusible o retorno ante obstáculos
- VI. Amortiguación y Compensación de pendientes (Retardo a posición de trabajo)
- VII. Presencia y estado del sistema de sujeción de seguridad de la barra
- VIII. Uniformidad de separación de porta-picos

2. Bomba de pulverización

- I. Presencia de fugas
- II. Estimación de caudal real
- III. Pulsaciones de líquido pulverizado y estabilización de presión

3. Depósito de caldo de pulverización

- I. Estado general
- II. Presencia de Fugas
- III. Presencia y estado del indicador de nivel
- IV. Posición del vaciado del depósito
- V. Presencia y funcionamiento del sistema auto-limpiante (duchas)
- VI. Presencia y funcionamiento del sistema de agitación

4. Incorporación de producto fitosanitario

- I. Presencia y estado del incorporador de producto
- II. Capacidad de carga de productos
- III. Capacidad de enjuague de envases
- IV. Tipo de líquido de enjuague
- V. Presencia de rejilla

5. Tuberías rígidas y flexibles

- I. Presencia de fugas
- II. Estado (quebres y resequedad)
- III. Posición (roces y estrangulamientos)

6. Sistema de filtrado

- I. Posición de filtros
- II. Estado de filtros
- III. Sistema de Aislamiento
- IV. Desarme

7. Sistemas de medición, controles y sistemas de regulación manual y automática

- I. Manómetro
 - a. Escala
 - b. Resolución
 - c. Precisión

8. Picos y boquillas de pulverización

- I. Uniformidad
- II. Funcionamiento del sistema anti-goteo en picos
- III. Estimación del caudal de las boquillas: variación
- IV. Estimación de la presión en los sectores de la barra de pulverización

Cada uno de los puntos evaluados fue categorizado según su estado en “Sin Defecto” (SD) cuando el componente cumple su función totalmente, “Defecto Leve” cuando el componente no cumple totalmente

con su función, pero aun así no se afecta a la calidad de aplicación o bien puede solucionarse fácilmente y “Defecto Grave” cuando el componente no cumple con su función. Al momento de mostrar los resultados se citará el criterio de selección de cada una de las categorías.

Procesamiento y análisis de la información

Una vez completada la etapa de recolección de información se volcó en planillas de Excel y fue procesada analítica y gráficamente. La información obtenida se analizó con apoyo de estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Depósito de caldo de pulverización

En la Tabla 2 se presenta el resultado de las inspecciones realizadas en los componentes del depósito de pulverización. De todos los componentes evaluados en el depósito, la agitación del líquido es el más influyente en la calidad de aplicación y, por ello, se considera excluyente al momento de aprobar la inspección de una máquina. El 20% de los equipos pulverizadores no presentaban funcional la agitación hidráulica del caldo de pulverización. Otro 20% presentaba defectos leves como bajo nivel de agitación y/o roturas en los difusores de agitación. El 60% de los equipos pulverizadores evaluados presentaba funcionamiento correcto de la agitación, esto es, agitación visible del líquido y presencia de todos los componentes (Figura 2). Un sistema de agitación deficiente puede generar que los caldos de pulverización se precipiten o no permanezcan estables dentro del depósito generando aplicaciones de mala calidad y obstrucción del sistema de filtrado cuando se utilizan sólidos dispersables. Otro punto importante, que si bien no afecta directamente a la calidad de aplicación puede generar riesgos para el operario, es la hermeticidad de cierre de la tapa del depósito. Si esta no posee el anillo de goma y el cierre es defectuoso pueden generarse derrames del caldo (Figura 3).

Tabla 2. Cantidad de máquinas que presentaron defecto leve (DL), grave (DG) y sin defecto (SD) en cada uno de los componentes evaluados del depósito.

Componente evaluado	SD	DL	DG	Total
Agitación	20	7	7	34
Fugas del depósito	34	0	0	34
Tapa del depósito	9	24	1	34
Indicador de nivel	22	5	7	34
Compensador de presión	31	3	0	34
Sistema auto-limpiante	30	2	2	34
Vaciado depósito	32	2	0	34



Figura 2. Sistema de agitación funcional



Figura 3. Detalle de tapa del depósito sin anillo de goma

Otro componente que es importante es el indicador de nivel de líquido que facilita el control de la carga del depósito. Un 35% de los equipos de pulverizadores presentaron dificultades en la observación del nivel del líquido del depósito desde una distancia de 3 m (Tabla 2). Esto puede generar rebalse del depósito o bien errores en el cálculo de la concentración del caldo de pulverización. En cuanto al enjuague del depósito, gran parte de los equipos (30 de 34) presentaron los componentes en buenas condiciones y funcionales. Este sistema es muy importante cuando se termina de trabajar y se debe limpiar el equipo para cargar otro producto o para el guardado posterior. El vaciado del depósito en general estuvo funcional

en los equipos pulverizadores y, en ninguno de las unidades evaluados se observó pérdidas o fugas de líquido (Tabla 2).

Incorporador de productos

En la Tabla 3 se presenta el estado del incorporador de productos y sus componentes. Se puede observar que 4 de 34 máquinas no presentaban el incorporador o bien no estaba funcional. La presencia y funcionamiento de este componente es muy importante ya que reemplaza la carga por la parte superior del depósito. Esto facilita el transporte de los recipientes (no deben levantarse y caminar con ellos sobre la máquina) y permite que el operario trabaje cómodo y con bajo riesgo de derrames. Además, permite generar el enjuague con agua limpia de los recipientes que luego estarán disponibles para la eliminación. Un defecto importante que se observó en aproximadamente el 50% de los casos fue la ausencia de una rejilla en el fondo del incorporador de productos (Figura 4). Su presencia es importante porque evita el ingreso al depósito de grumos de productos agregados, cremalleras de tapas de bidones, plásticos o cualquier otro elemento extraño que puede generar obstrucción de filtros y la bomba de pulverización.

Tabla 3. Cantidad de máquinas que presentaron defecto leve (DL), grave (DG) y sin defecto (SD) en cada uno de los componentes evaluados del incorporador de productos.

Componente	SD	DL	DG	Total
Incorporador de productos	27	3	4	34
Rejilla	15	3	16	34
Depósito de agua limpia	32	2	0	34
Carga del producto	27	0	7	34
Limpieza de envases	20	3	11	34

Un componente esencial en las pulverizadoras es el depósito de agua limpia. Este almacena el agua que se utilizará para la higiene del operario y para el enjuague de envases y del depósito. En el relevamiento estuvo presente en la totalidad de los equipos pulverizadores. Se evaluó también la capacidad de carga de los productos y el resultado arrojó que en el 20% de los casos la carga fue muy lenta (más de 3 minutos en cargar 5 L) o bien no funcionaba (Tabla 3). En cuanto a la limpieza de envases, inspecciones cercanas a un 40 % de los casos no se lograron un enjuague eficiente ya sea por baja presión o caudal o por ausencia del sistema.



Figura 4. Incorporador de producto básico con sistema de enjuague de envases y sin rejilla en el fondo (zona de succión)

Filtrado del caldo de pulverización

En la Tabla 3 se presentan los componentes del sistema de filtrado del líquido. Este sistema es muy importante para lograr una pulverización homogénea en el lote. El filtrado debe ser gradual y es aconsejable que haya al menos un filtro de aspiración, uno de impulsión y filtros en las boquillas. La graduación del tamaño de mallas dependerá del caudal de la boquilla. El filtro principal, generalmente el de aspiración, se observó deteriorado o ausente en un 23% de las máquinas evaluadas, presentando un riesgo muy importante de obstrucción de la bomba y las líneas de pulverización (Figura 5). Los filtros de línea (de impulsión) presentaron similar estado que los de aspiración. Un filtro ausente o roto en la línea de pulverización puede generar obstrucción de boquillas.

Tabla 3. Cantidad de máquinas que presentaron defecto leve (DL), grave (DG) y sin defecto (SD) en cada uno de los componentes evaluados del sistema de filtrado.

Componente	SD	DL	DG	Total
Filtro principal	24	2	8	34
Filtros de línea	24	4	6	34
Filtro de picos	10	0	2	12
Sistema de aislamiento	30	1	3	34
Desarme	33	1	0	34

En solo el 40% de los equipos de pulverización (de 34 totales) se observó filtros de boquillas. Los aplicadores manifestaban que generalmente el filtro de boquilla se pierde o se obstruye muy fácilmente y es por ello que no lo utilizaban. En cuanto al sistema de aislación, sólo 3 máquinas presentaron defectos. El correcto funcionamiento de la aislación del líquido cuando se quiere revisar un filtro es muy importante para poder trabajar cómodamente y evitar derrames sobre el operario. Los porta filtros en general presentaron facilidad en su desarme (Tabla 3).



Figura 5. Filtro principal de aspiración en buen estado

Botalón-Barra de pulverización

En la Tabla 4 se presenta el resultado de las inspección a los botalones de 34 pulverizadores. El botalón o barra de pulverización aparte de ser el sostén mecánico de la línea de pulverización, permite que la barra mantenga la estabilidad ante deformaciones en el terreno (Figura 6). Los movimientos que se pueden dar en el botalón son verticales y horizontales. Los movimientos verticales son compensados por un sistema de amortiguación del botalón que pivotea sobre una estructura fija. Ante cambios en el terreno se pueden producir movimientos verticales que afecten la superposición de las boquillas perjudicando la calidad de aplicación. Estos movimientos verticales tienen que compensarse en menos de 5 segundos.

Tabla 4. Cantidad de máquinas que presentaron defecto leve (DL), grave (DG) y sin defecto (SD) en cada uno de los componentes evaluados de la barra de pulverización.

Componente	SD	DL	DG	Total
Simetría	32	1	1	34
Altura	32	2	0	34
Estabilidad horizontal	20	0	14	34
Amortiguación	27	2	5	34
Sujeción de seguridad	34	0	0	34
Separación entre picos	33	0	1	34
Uniformidad de boquillas	29	4	1	34
Retractilidad extremos	26	7	1	34

En las inspecciones realizadas el 15% de los botalones no lograba estabilizarse en ese tiempo y se debía a roturas en los amortiguadores (Tabla 4). Sin embargo, gran parte funcionaba correctamente y esto es un punto muy importante porque se trataban de botalones de al menos 28 m de ancho de trabajo. En cuanto a la estabilidad horizontal, un 42% de los botalones presentaron movimientos excesivos (oscilación de más del 2,5% del ancho del botalón). Esto puede generar que se produzcan velocidades instantáneas diferentes a lo largo del botalón y, por ello, variación en la dosis aplicada por unidad de superficie. Esta variación puede ser muy importante y generar grandes errores de aplicación. El resto de los componentes evaluados no presentó problemas de gravedad.



Figura 6. Botalón estabilizado y con altura adecuada en todo su recorrido

Sistema de Pulverización

En la Tabla 5 se presentan algunos de los componentes evaluados del sistema de pulverización. Un componente básico del sistema de pulverización es la cañería y las mangueras encargadas de trasladar el líquido impulsado por la bomba hacia las boquillas y hacia el depósito en forma de retorno y agitación. La evaluación de fugas en las cañerías arrojó información interesante, ya que no se observaron pérdidas de producto muy notorias (Tabla 5). En las inspecciones se pudo observar mangueras reseca que fueron reemplazadas en todos los casos.

El manómetro es una herramienta de control de la presión terminantemente indispensable. Poder conocer la presión de trabajo permite conocer si se está cumpliendo con el objetivo del trabajo esperado (Onorato y Tesouro, 2006). La presión del líquido tiene un impacto directo sobre el tamaño de gotas y un impacto menos importante sobre el caudal arrojado por la boquillas (Platz et al., 2019). Por lo tanto, poder fijar una presión determinada es clave para lograr el éxito de la pulverización o para controlar desgaste de boquillas. Por lo tanto, es importante que el manómetro sea preciso, tenga un tamaño adecuado y una escala acorde a las presiones de trabajo del equipo. En la Tabla 5 se puede observar que no existieron defectos graves en la visualización y el tamaño del manómetro y su escala. Sin embargo, un 40% de los manómetros evaluados presentaron defectos leves o graves en su precisión. Esto es, un 10% o más de variación respecto al valor arrojado por el manómetro de referencia (Tabla 5). Es importante aclarar que los equipos pulverizadores eran modernos y su instrumental aún así presentaba niveles graves de variación.

Tabla 5. Cantidad de máquinas que presentaron defecto leve (DL), grave (DG) y sin defecto (SD) en cada uno de los componentes evaluados del sistema de pulverización.

Componente	SD	DL	DG	Total
Fugas de cañería	28	6	0	34
Visualización Manómetro	31	3	0	34
Tamaño de Manómetro	34	0	0	34

Escala de Manómetro	31	3	0	34
Precisión de Manómetro	21	4	9	34
Presión en la barra	34	0	0	34
Fugas en la bomba	34	0	0	34
Caudal arrojado	20	8	6	34
Caudal de boquillas	37	0	13	50

Otro punto que se evaluó en el sistema de pulverización fue el mantenimiento de la presión en todas las secciones de la línea de pulverización. El resultado fue muy positivo dado que en todos los casos evaluados no se observaron variaciones de presión en la barra superiores al 10% y tampoco entre la barra y el punto de estimación presión del pulverizador. Esto es un indicador indirecto del buen estado general de las cañerías, ya que si hubiese obstrucciones la presión se modificaría.



Figura 7. Manómetro calibrado para control de presión en la barra

En lo que respecta al caudal arrojado por la bomba de pulverización, un 40% de los equipos arrojó un caudal real con una diferencia al menos del 30% respecto al valor de caudal nominal referido por el fabricante de las bombas. 6 de 34 máquinas evaluadas presentaron un desgaste excesivo en las bombas de pulverización provocando ineficiencias en el sistema de agitación, dado que este requiere al menos un caudal en L/min de al menos 5% del volumen del depósito (Tabla 2 y Tabla 5).

Por su parte, se evaluó el caudal de los juegos completos de boquillas más utilizados por el aplicador, siendo 50 en total (Tabla 5). La evaluación se realizó siempre a 3 bar de presión y con probetas graduadas con un error máximo de 1%. La boquilla es el elemento fundamental de la pulverizadora, cada boquilla define un caudal y tamaño de gota determinado, por lo tanto, si el orificio presenta desgaste se ven modificados estos parámetros y por ende se ve fuertemente afectada la calidad de aplicación (Magdalena, 2010). Un 26% de los juegos de boquillas evaluados presentaron un desgaste excesivo (Tabla 5) (10% de variación de cada boquilla respecto al caudal nominal para boquilla de 1 L/min o más y 15% para boquillas de menos de 1 L/min). Además de caracterizar el estado general de las boquillas, se determinaron los tipos de boquillas más utilizado por los contratistas, los resultados se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Tipo de boquillas evaluadas más utilizadas en los pulverizadores

Tipo de boquilla	Cantidad
Abanico Plano Desuniforme	37
Abanico plano común	12
Abanico plano aire inducido	12
Abanico plano tipo espejo	13

Cono hueco	13
Cono hueco común	10
Disco-nucleo	3
Total	50

Las boquillas más utilizadas por los contratistas fueron las de tipo abanico plano desuniforme y entre sus categorías se distribuyeron similarmente entre la abanico plano tradicional, la de aire inducido y la de espejo. En cuanto a las boquillas de cono hueco, la de mayor utilización fue del tipo común, sin posibilidad de desarme.

Consideraciones finales

- El número de equipos evaluados pueden ser tomados como representativo de la población total de la región Mar y Sierras por lo tanto estos resultados pueden ser considerados como una primer herramienta para caracterizar el estado general de los equipos utilizados en la aplicación de fitosanitarios y generar normativas de control y asesoramiento.
- Se detectaron defectos graves en componentes de los sistemas considerados clave ya que afectan directamente a la calidad de aplicación. Ellos son precisión del manómetro, efectividad de agitación, desgaste de bombas de pulverización, movimiento excesivo del botalón y pastillas desgastadas. Estos defectos en algunos casos representaron el 40% del total de los equipos. Por lo tanto, se debe trabajar más en la generación de información y su transferencia en cuanto a cómo evaluar el estado del componente y la importancia de su buen funcionamiento.
- Las boquillas que fueron más frecuentes son las del tipo abanico plano, esto puede estar asociado a que el 75% de las aplicaciones de fitosanitarios corresponden al uso de herbicidas sistémicos. Además, un 60% de ese tipo de boquillas fue del tipo deriva reducida o baja deriva, esto puede explicarse por las condiciones atmosféricas de la región, que se caracterizan por presentar pocos días con excelentes condiciones de trabajo, predominando velocidades de viento promedio de más de 15 km/h y gran cantidad de días con inversión térmica.

BIBLIOGRAFÍA

- CABRAL, L. 2017. Caracterización productiva y tecnológica de contratistas de servicios de pulverizaciones terrestres en el partido de Balcarce. Tesis de grado de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP. 53pp.
- MAGDALENA C., Tecnología de Aplicación de Agroquímicos. 2010 CYTED. Ed INTA. 196p
- ONORATO, A.; TESOURO, O. Pulverizaciones agrícolas terrestres. 2006. Ed, INTA 165p
- PLATZ, P.; TOURN, S.N. FAVERI, A. 2019, Conocer y manejar parámetros para reducir la deriva. Revista Visión Rural, año XXVI, N° 128. ISSN 0328-7009.
- TOURN, S.N.; PLATZ, P. 2019a. Protocolo de evaluación de máquinas pulverizadoras hidráulicas de arrastre y autopropulsadas. Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP 70pp
- TOURN, S.N.; PLATZ, P. 2019b. Inspección de pulverizadoras a presión para aumentar la calidad de la aplicación y disminuir riesgos. Visión Rural, año XXI N° 128. ISSN 0328-7009.
- ISO-UNE 16120-2:2015. Inspección de Pulverizadoras en uso. Parte 2. Pulverizadoras de barras horizontales. 28pp.