



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina

Efecto del viento sobre las gotas en pulverizaciones terrestres

Massaro, R.A.⁽¹⁾; Carrancio, L.A.⁽²⁾ y Costanzo, M.⁽³⁾

⁽¹⁾ Ing. Agr. Profesional Asociado INTA EEA Oliveros.

⁽²⁾ Ing. Agr. MSc. Profesional INTA EEA Oliveros.

⁽³⁾ Ing. Agr. Docente Cátedra Climatología Agrícola, Fac. Ciencias Agrarias Zavalla, UNR.

massaro.ruben@inta.gob.ar

Palabras clave: pulverizaciones terrestres; gotas; viento; deriva.

INTRODUCCION

La deriva es un fenómeno que se produce cuando se realizan pulverizaciones de fitosanitarios, y los mismos llegan a organismos no blancos, tales como cultivos, animales, cursos de agua, personas y hasta la atmósfera. Las variables que intervienen en este proceso son múltiples, algunas mejor conocidas que otras. Podemos agruparlas de la siguiente manera:

1. Características intrínsecas de los principios activos utilizados. Por ej. la volatilidad o tensión de vapor.
2. Las condiciones meteorológicas presentes cuando se realizan los trabajos: temperatura del aire, humedad relativa del aire y viento (corrientes, dirección y velocidad).
3. Tecnología de pulverización.

Según una definición de ASAE, la deriva es el “desplazamiento de un plaguicida fuera del blanco determinado, transportado por masas de aire o por difusión (Norma ASAE S-327.1 de la American Society for Agricultural Engineers Standard). De manera que se le asigna una gran importancia al movimiento del aire.

Carrancio y Massaro (2019), rescataron para nuestro país, un índice que relaciona la temperatura y la humedad relativa del aire, denominado Delta T (ΔT) o Delta Temperatura, muy utilizado en otros países desde hace muchos años. Los autores de este índice señalan una escala con un límite inferior de 2 y otro superior de 8 para las buenas condiciones meteorológicas en las pulverizaciones (Agriculture Victoria, 2017). Pero el viento, muy estudiado en otros países, no está integrado en su efecto a los otros factores meteorológicos.

Figura 1.



El efecto del viento sobre las pulverizaciones tal vez sea lo menos conocido o aceptado, aunque está muy estudiado. Lopez M. y otros (2011) estudiaron la evaporación del agua por el viento a 25°C y 65 % HR, lo que determina un ΔT de 4.5. Puede observarse que a una velocidad de 12 km/hora del viento, se estaría evaporando el 50 % del agua; a 15 km/hora se evaporaría el 80 % del agua, en las condiciones del estudio (Figura 1).

Se llama viento al aire en movimiento; por ejemplo, de una zona a otra, causado por las variaciones de la presión atmosférica y de la temperatura. Sin embargo, para la meteorología, el viento es el desplazamiento horizontal del aire, generado por la diferencia de la presión atmosférica entre dos sitios (o áreas) ubicados a una misma altitud (por eso se dice movimiento horizontal). Se reserva el nombre de **corrientes al movimiento vertical del aire** provocadas por variaciones térmicas en la superficie del suelo. **Puede ocurrir que el viento sea cero (medido con anemómetro), pero el aire sigue circulando de una zona a otra llevando pulverizaciones de gotas finas.**

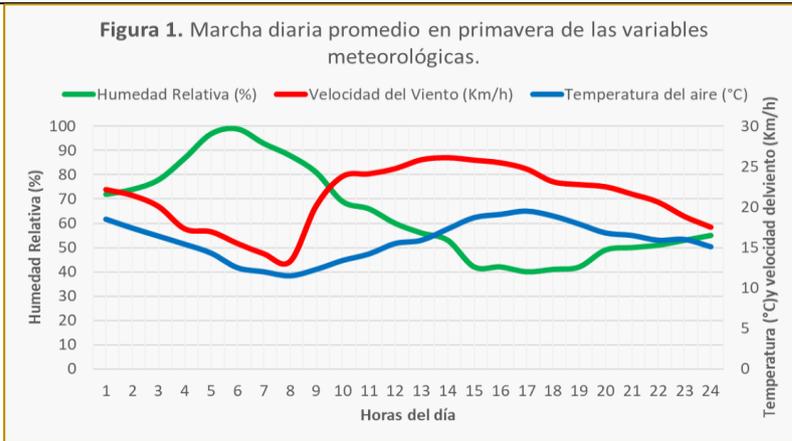
Al viento se lo caracteriza por la **dirección** (desde donde sopla) y por la **velocidad** con la que se desplaza. Según la dirección desde donde proviene, se tiene una idea del posible aporte de calor (temperatura) y de vapor de agua que hará a la zona que llega. En cuanto a la velocidad, depende del gradiente de presión (diferencia entre 2 sitios, dividido la distancia que los separa), ya que cuanto mayor sea, mayor será la velocidad resultante.

Aparte del gradiente de presión, hay otros factores que lo desvían en mayor o menor proporción. Por ejemplo, las irregularidades de las superficies por las que circula (espejos de agua, vegetación baja, árboles, zonas urbanas), la topografía (llanos, serranías, montañas), etc., que además de modificar su dirección, lo tornan desordenado, caótico e impredecible. La rugosidad del terreno también reduce la velocidad, por la fricción entre el aire y la superficie y contribuye a un flujo desordenado. Si la superficie fuese muy lisa, el viento tendría un flujo laminar, ordenado; se puede comparar con el fluir de un río: el agua se desplaza más veloz y más serena (flujo laminar) en el centro del curso, mientras que, en sus orillas, por rozar con la tierra, se mueve a menor velocidad, hay remolinos y su avance es tanto desordenado como turbulento (Graeme Tepper, 2017; Costanzo y otros, 2019).

Los **vientos de superficie**, son los que están afectados no sólo por el gradiente de presión, sino también por el rozamiento con la superficie del suelo; mientras que llamamos vientos de altura a los que no son desviados por esta fuerza.

Entre la superficie y la atmósfera hay comunicación. El intercambio de calor entre el suelo y el aire en contacto con él, es constante. Mientras hay luz solar, el aire recibe calor desde el suelo, se vuelve menos denso, elevándose. **Además de calor, el aire arrastra gases (vapor de agua u otros gases disueltos) y partículas sólidas y líquidas (tierra, polen, gotas, etc.),** favoreciendo una redistribución de las mismas, en sentido vertical. **En meteorología este proceso se llama convección y al volumen de aire ascendente corrientes convectivas.**

Figura 2. Marcha diaria promedio de factores meteorológicos en primavera (Estación Agrometeorológica Automática Fac. Ciencias Agrarias Zavalla, UNR).



El flujo vertical turbulento tiene un ritmo diario, crece durante la mañana y es máximo luego del mediodía; decae progresivamente durante la tarde y se reduce o invierte durante la noche y la madrugada. Durante la noche, la superficie del suelo se enfría y esto hace que el flujo de calor sea desde el aire a la superficie del suelo (Figura 2).

La evaporación de un líquido, ya sea desde el aire o desde una superficie sólida (por ejemplo una gota en el aire o luego de impactar en una hoja), dependerá de su presión de vapor (condicionada por la temperatura) y por la humedad relativa del aire que lo rodea. Este proceso es paulatino y su velocidad dependerá del gradiente de humedad que exista entre la fuente de líquido y el aire. Si el aire está calmo, este gradiente por saturación se hará muy pequeño, haciendo más lento el proceso. A la inversa si el aire está en movimiento (presencia de viento) el ambiente circundante alrededor del líquido nunca se saturará, por lo que la evaporación será más rápida (y menor la vida media si se tratara de gotas). **Es por este motivo que los días de viento producen un mayor secado. Este efecto del viento es poco tenido en cuenta, y es el causante de que la deriva de fitosanitarios se dé tanto al estado líquido (gotas) como en forma de vapor.**

La influencia de los factores meteorológicos (por ejemplo: velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad relativa o el índice Delta T) y sus interacciones, sobre la deriva, son muy importantes y deben ser tenidos en cuenta tanto por los aplicadores, sus asesores como por las diferentes normativas que regulan las pulverizaciones.

El objetivo de este estudio fue adicionar al efecto de los factores meteorológicos medidos a través del índice Delta T, la acción evaporante del viento a través de su velocidad, registrada en los experimentos citados más adelante.

MATERIALES Y MÉTODO

En la Estación Experimental Agropecuaria Oliveros del INTA, en el año en el año 2016 se desarrolló un algoritmo que incluyera el tamaño de las gotas (a través del DVM descrito en el Catálogo de la marca de las pastillas utilizadas), las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, Delta T) y que permitiera calcular la Vida media de las gotas, la distancia de la deriva, el riesgo de evaporación, la deriva por viento y la recomendación para pulverizar (Johnstone & Johnstone, 1977).

Se utilizó este Software con los datos disponibles en ensayos de aplicación de plaguicidas realizados desde el año 2013 hasta el 2020, publicados a través de INTA Oliveros (Tablas 1, 2, 3, 4,5 y 6). Herrera, M.A. y otros (2005) publicaron ensayos realizados en Entre Ríos (Argentina); Gálvez, M.R. y otros (2005) ensayaron en cultivo de soja en Tucumán (Argentina). De ellos hemos tomado también los datos meteorológicos y de pulverización.

Tabla 1a. Evaluación de técnicas de pulverización antideriva para el control de malezas en barbecho químico (2014). Massaro, R.A.; García, A. y Magnano, L.

Tratamientos	Velocidad de trabajo (km/h)	Presión (Bar)	Pastilla ⁽¹⁾	Distancia entre picos (cm)	Altura botalón (cm)	Volumen pulverizado (Lt/ha)	DVM	Clasificación ASABE
I	17	2,7	APAI 110015	52	70	40	413	MUY GRANDE
II	23	5	APAI 110015	52	70	40	313	GRANDE
III	19	2	AP 11003	52	70	60	313	GRANDE

⁽¹⁾ AP = pastilla abanico plano simple TT Teejet; APAI = abanico plano simple con inducción de aire AD-IA Magnojet.

Tabla 1b.

Viento (km/hora)	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)	ΔT	Vida media (seg.)	Deriva (m)	Riesgo de evaporación	Deriva por viento	Recomendación
8	53	29,5	8,5	186	1,11	Aceptable	Aceptable	Aplicar
12	46	29	8,5	79	2,29	Aceptable	Aceptable	Aplicar
4	40	32	10	111	0,76	Aceptable	Aceptable	Aplicar

Tabla 2a. Aplicación de herbicidas con pastillas antideriva para el control de malezas en barbecho químico. (2014). Massaro, R.; Kahl, M.; Behr, E.

Tratamientos	Velocidad (km/h)	Presión (Bar)	Pastilla ⁽¹⁾	Distancia entre picos (cm)	Altura botalón (cm)	Volumen pulverizado (Lt/ha)	DVM	Clasificación ASABE
I	18	2,5	APAI 110025	35	60	75	413	MUY GRUESA
II	26	4	APAI 110025	35	60	75	413	MUY GRUESA
III	17,5	2,5	AP 11002	35	60	70	138	FINA

⁽¹⁾ AP = pastilla abanico plano simple Hypro; APAI = abanico plano simple con inducción de aire AI Teejet.

Tabla 2b.

Viento (km/hora)	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)	ΔT	Vida media (seg.)	Deriva (m)	Riesgo de evaporación	Deriva por viento	Recomendación
14	36	23,5	9,2	94	1,67	Aceptable	Aceptable	Aplicar
12	36,5	22	8,7	135	1,43	Aceptable	Aceptable	Aplicar
14	38	21	8,2	12	5,85	No aceptable	No aceptable	No Aplicar

Tabla 3a. Evaluación de dos técnicas de pulverización terrestre para el control de malezas en barbecho químico con una formulación de 2,4 D. (2018). Massaro, R.A., García, A., Papa, J.C. y Kahl, M.

Tratamientos	Velocidad (km/h)	Presión (Bar)	Pastilla ⁽¹⁾	Distancia entre picos (cm)	Altura botalón (cm)	Volumen pulverizado (Lt/ha)	DVM	Clasificación ASABE
I	26	2,5	APAI 11002	35	50	50	450	EXTRA GRUESA
II	24	2,2	AP 11002	35	50	50	138	FINA

⁽¹⁾ AP = pastilla abanico plano simple BD Geoline; APAI = abanico plano simple con inducción de aire EZ Geoline.

Tabla 3b.

Viento (km/hora)	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)	ΔT	Vida media (seg.)	Deriva (m)	Riesgo de evaporación	Deriva por viento	Recomendación
14	65	17,8	3,5	295	1,26	Aceptable	Aceptable	Aplicar
8	64,8	17,9	3,5	50	2,78	Medio	No Aceptable	No Aplicar

Tabla 4a. Evaluación de la eficacia del *Bacillus thuringiensis* en el control de *Anticarsia gemmatilis* en soja, con pulverización antideriva. (2013) Massaro, R.A., García, A., Batch, J., Cejas, E., Pereyra, D.

Tratamientos	Velocidad (km/h)	Presión (Bar)	Pastilla ⁽¹⁾	Distancia entre picos (cm)	Altura botalón (cm)	Volumen pulverizado (Lt/ha)	DVM	Clasificación ASABE
I	20	5	APAI 110015	35	45	70	313	GRANDE
II	16	3	Cono lleno	35	45	70	213	MEDIA

⁽¹⁾ AP = pastilla Cono lleno CH 100-1 Magnojet; APAI = abanico plano simple con inducción de aire AD-IA Magnojet.

Tabla 4b.

Viento (km/hora)	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)	ΔT	Vida media (seg)	Deriva (m)	Riesgo de evaporación	Deriva por viento	Recomendación
12	45,5	37	9,5	71	1,47	Aceptable	Aceptable	Aplicar
12	45,5	37	9,5	33	2,3	Alto	Aceptable	No Aplicar

Tabla 5a. Evaluación de dos coadyuvantes en el control de Echinochloa colona (L.) en soja de primera con dos técnicas de pulverización terrestre. Kahl M., Massaro R., Behr E., García A.

Tratamientos	Velocidad (km/h)	Presión (bar)	Pastilla	Distancia entre picos (cm)	Altura botalón (cm)	Volumen pulverizado (Lt/ha)	DVM	Clasificación ASAVE
1	19	5	AD-IA 11002	52,5	70	60	313	C
2	22	2,5	BD 11003	52,5	70	60	213	M
3	22	2,5	BD 11003	52,5	70	60	213	M
4	19	5	AD-IA 11002	52,5	70	60	313	C

Tabla 5b.

Viento (km/hora)	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)	Δt	Vida media (seg)	Deriva (m)	Riesgo de evaporación	Deriva por viento	Recomendación
12,6	55,7	19,9	5	105	2,41	Aceptable	Aceptable	Aplicar
10,5	52	20,1	5,5	69	3,11	Aceptable	Peligroso	Precaución
6,8	46,4	22,4	6,5	72	2,02	Aceptable	Peligroso	Precaución
5,3	45,8	22,8	6,7	158	1,01	Aceptable	Aceptable	Aplicar

Tabla 6a. Evaluación de la penetración del asperjado producido por diferentes boquillas en aplicaciones terrestres orientadas al control de la "roya de la soja". M. R. Gálvez, H. F. Vinciguerra, W. Rodríguez, S. Sabaté, E. A. Soldini, M. R. Devani, I. L. Olea y L. D. Ploper

Tratamientos	Velocidad (km/h)	Presión (bar)	Pastilla	Distancia entre picos (cm)	Altura botalón (cm)	Volumen pulverizado (Lt/ha)	DVM	Clasificación ASAVE
1	16	3	Turbo TeeJet 10002	35	1,4	120	241	M
2	14	3	Turbo TeeJet 10002	35	1,4	150	241	M
3	16	3	Abanico Plano XR 11003	35	1,4	120	190	F
4	14	3	Abanico Plano XR 11003	35	1,4	150	190	F
5	16	3	Doble Abanico Plano TJ 11003	35	1,4	120	190	F
6	14	3	Doble Abanico Plano TJ 11003	35	1,4	150	190	F
7	12	5	Cono Hueco TX 10	70	1,4	120	176	F
8	10	5	Cono Hueco TX 10	70	1,4	150	176	F
9	18	3	Twin Cap XR 11002	35	1,4	150	190	F
10	15	3	Cono Lleno Full Jet SVS	35	1,4	120	213	M
11	12	3	Cono Lleno Full Jet SVS	35	1,4	150	213	M

Tabla 6b.

Viento (km/hora)K5 2:S63	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)	Δt	Vida media (seg)	Deriva (m)	Riesgo de evaporación	Deriva por viento	Recomendación
7	45	33	9	66	1,91	Aceptable	Peligroso	Precaución
7	45	33	9					
7	45	33	9	41	3,61	Alto	Peligroso	No Aplicar
7	45	33	9					

7	45	33	9	41	4,73	Alto	Peligroso	No aplicar
7	45	33	9					
7	45	33	9	35	5,16	Alto	Peligroso	No aplicar
7	45	33	9					
7	45	33	9	41	4,73	Alto	Peligroso	No aplicar
7	45	33	9	51	4,15	Medio	Peligroso	Precaución
7	45	33	9					

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. El uso del Software, que incluye el efecto evaporante del viento, mejora la recomendación de pulverizar con mínima deriva, en relación con el índice Delta T (ΔT).
2. El tamaño de las gotas está estrechamente relacionado a la recomendación de efectuar una aplicación con bajo riesgo de deriva, aún para velocidades de viento de hasta 14 Km/hora.
3. Las situaciones de trabajo con recomendación de aplicar aún con velocidades relativamente altas de viento se corresponden, en casi todos los casos, al uso de pastillas hidroneumáticas (asistidas por aire). Si bien el Software evalúa con el tamaño de las gotas (DVM), estas pastillas le dan una mayor velocidad de salida a las gotas que las llamadas hidráulicas (Oskan y Zhu, s/f).
4. El Software se constituye así en una herramienta integradora y útil, para ser utilizada en áreas críticas con el fin de disminuir los riesgos de deriva de la pulverización de plaguicidas.

BIBLIOGRAFIA

- Agriculture Victoria. 2017. A guide to using agricultural chemicals in Victoria. <http://agriculture.vic.gov.au/agriculture/farmmanagement/chemical-use/publications/a-guide-to-using-agricultural-chemicals-in-victoria>.
- Carrancio, L.A. 2016. INTA EEA Oliveros. Software para el cálculo del efecto de condiciones meteorológicas para pulverizar. No publicado.
- Carrancio, L. A. y Massaro, R. A. 2019. El Delta T (ΔT) como indicador del ambiente meteorológico para pulverizaciones. INTA EEA Oliveros, Para Mejorar la Producción 58. Pág. 193-201.
- Costanzo, M.; Carrancio, L.A. y Massaro, R.A. 2019. Efectos del ambiente sobre la pulverización de plaguicidas. Conceptos básicos de micrometeorología agrícola. INTA EEA Oliveros. Para mejorar la producción 58. Pág. 207-220.
- Gálvez, M.R.; Vinciguerra, H.F.; Rodríguez, W.; Sabaté, S.; Soldini, E.A.; Devani, M.R.; Olea, I.L. y Ploper, L.D. 2005. Evaluación de la penetración del asperjado producido por diferentes boquillas en aplicaciones terrestres orientadas al control de la roya de la soja. Estación Experimental Obispo Colombes (Tucumán). Publicación especial, 9 pág.
- Graeme Tepper. 2017. Weather essentials for pesticide Application. MicroMeteorology Research and Educational Services. Separata, 26 páginas.
- Herrera, M.A.; Pereyra, C.J.; Pózzolo, O.R. y Ramírez, M. 2005. Facultad Ciencias Agropecuaria, UNER. 5 pág.
- Johnstone & Johnstone. 1977. En MATTHEWS, G.A. 1988. Métodos para la aplicación de pesticidas. CAB International. UK.
- López, M., Mujica, A. y Duarte, L. 2011. Criterio sobre la formulación matemática para el cálculo de pérdidas por evaporación y arrastre a baja presión. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 20,2. Abril-junio.
- Massaro, R.A; García, A.V y Magnano, L. 2014. Evaluación de técnicas de pulverización antideriva para el control de malezas en barbecho químico. INTA EEA Oliveros. Para Mejorar la Producción 52. Pág. 147-150.
- Massaro, R.; Kahl, M.; Behr, E. 2014. Aplicación de herbicidas con pastillas antideriva para el control de malezas en barbecho químico. INTA EEA Oliveros. Para Mejorar la Producción 52. Pág. 133-137.
- Massaro, R.A., García, A., Papa, J.C. y Kahl, M. 2018. Evaluación de dos técnicas de pulverización terrestre para el control de malezas en barbecho químico con una formulación de 2,4 D. INTA EEA Oliveros. Para Mejorar la Producción 57. Pág. 191-197.

Massaro, R.A.; García, A.; Batch, J.; Cejas, E.; Pereyra, D. 2013. Evaluación de la eficacia del *Bacillus thuringiensis* en el control de *Anticarsia gemmatilis* en soja, con pulverización antideriva. INTA EEA Oliveros, Para Mejorar la Producción 50. Pág. 79-82.

Oskan, H.E. y Zhu, H. Efecto de las variables principales en las distancias de deriva de las gotas de pulverización. Unidad de Investigación de Tecnología de Aplicación del USDA-ARS. 22 pág.