

RESUMEN

El clomazone es un herbicida de uso frecuente en el cultivo de arroz en Uruguay. La problemática que enfrenta su uso es compleja en relación a las pérdidas por deriva y volatilización. Con el objetivo de evaluar la deriva, en 16 aplicaciones aéreas en cultivos comerciales, se cuantificó la cantidad de clomazone a los 50m del área de aplicación y la relación entre las cantidades encontradas y los factores que determinaron esa deriva. Antes de cada aplicación, se colocaron colectores de vidrio, ubicando 6 repeticiones dentro del área del cultivo aplicado e igual número a 50 m, siguiendo la dirección del viento. Luego de la aplicación, se recogieron los colectores para la determinación analítica de clomazone. El procedimiento de extracción fue con metanol y la determinación de residuos de clomazone se realizó utilizando un cromatógrafo líquido acoplado a un espectrómetro de masas (LC-MS/MS). La deriva fue calculada a partir de lo que se colectó a los 50m, expresado como porcentaje de lo cuantificado en el área del cultivo. Con las estimaciones de cada situación y los datos de condiciones operativas y meteorológicas de las mismas, se realizó el análisis por árbol de regresión del paquete estadístico JMP. La estimación de deriva de clomazone a los 50m del área aplicada por avión en cultivos de arroz fue en promedio de 3,3%. No se encontró asociación entre las estimaciones de deriva y los factores de estudio, volumen de aplicación, tamaño de gota, velocidad del viento y altura de vuelo.

Palabras clave: *deriva, viento, tamaño de gota*

SUMMARY

Clomazone is an herbicide frequently used in rice cultivation in Uruguay. Its use represents a complex problem in relation to drift and volatilization. With the aim of evaluating the drift, in 16 aerial applications in commercial crops,

the amount of clomazone was quantified at 50m from the application area. We analyzed the relationships of the amount of clomazone that drifted with the factors that determine drift. Before the application, glass containers were placed within the crop, using 6 repetitions in the crop area that was applied and 6 at 50 m downwind. After the application, containers were collected for analytical determination. The extraction procedure was done with methanol and the determination of clomazone residues was performed using a liquid chromatograph coupled to a mass spectrometer (LC-MS / MS). The drift was calculated from the amount of clomazone collected at 50m, expressed as a percentage of the total collected in the crop area. With the estimations of each situation and the data of operational and meteorological conditions, the regression tree analysis was performed with the statistical package JMP. The estimate of clomazone drift at 50m from the rice crops area applied by plane was 3.3% on average. No association was found between the drift estimates and the study factors, application volume, drop size, wind speed and flight height.

Key words: *drift, wind speed, drop size*

INTRODUCCIÓN

En el cultivo de arroz en Uruguay se ha constatado un aumento en el área tratada con el herbicida clomazone, pasando la misma de 50% en el 2005 a más del 60% en el año 2017, según el relevamiento realizado por los molinos de la última zafra (Pereira *et al.*, 2018). Su uso, en aplicaciones de preemergencia y postemergencia del cultivo, puede ser sólo o en mezclas con otros herbicidas. Por otra parte, la mayoría de las formulaciones registradas en el país, son concentrados emulsionables. El clomazone sufre pérdidas en el ambiente provocadas por volatilización, dada las características de presión de vapor

Estimación de deriva de Clomazone en aplicaciones aéreas en cultivo de arroz

Villalba, J;¹ Pereira, I.²; Besil, N.³; Rezende, S.⁴

¹Ing. Agr. Dra. Protección Vegetal, Facultad de Agronomía UdelaR. villalba@fagro.edu.uy

²Estudiante de grado. Protección Vegetal, Facultad de Agronomía UdelaR.

³Química Farmacéutica. Departamento de Química del Litoral, Facultad de Química, CENUR Litoral Norte, UdelaR.

⁴Licenciada. Departamento de Química del Litoral, Facultad de Química, CENUR Litoral Norte, UdelaR.



del mismo (WSSA, 2007), pero además está sujeto a pérdidas por deriva. El proceso de deriva es diferenciado del proceso de volatilización por ser un fenómeno meramente físico (Matuo, 1990) aunque en condiciones de campo es difícil distinguirlos porque ocurren en simultáneo. La problemática, en este caso se agrava debido a que la mayoría de las aplicaciones se realizan con avión y bajos volúmenes de aplicación, siendo en su mayoría aplicaciones con gota fina. En aplicaciones aéreas se mencionan al tamaño de gota, la altura de vuelo y velocidad del viento como los factores de mayor impacto en la deposición en cultivo (Cordell y Baker, 2012). El objetivo del trabajo fue cuantificar la deriva de aplicaciones aéreas del herbicida clomazone a los 50m del área de aplicación y relacionar la deriva estimada con factores operativos de aplicación y meteorológicos del momento de la aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La estimación de deriva fue realizada en aplicaciones aéreas comerciales en cultivos de arroz. Antes de la aplicación, se colocaron colectores de vidrio de 9 x 7 cm de diámetro sobre soportes metálicos (Figura 1), en número de 6 repeticiones en el área del cultivo a aplicar y en igual número a los 50 m, siguiendo



Figura 1. Colector de vidrio sobre soporte metálico, colocado en aplicación en preemergencia del cultivo

la dirección del viento para la estimación de deriva. El muestreo, tanto en el área del cultivo como en la de deriva, se inició luego de los 200m iniciales de vuelo y antes de los 200m finales de la pasada del avión (Figura 2), siguiendo la indicación de la Norma ASAE S386.2. Luego de la aplicación, se recogieron los colectores y se colocaron en placas Petri, envueltas en papel film y acondicionadas para llevar al freezer a -20°C , hasta su posterior análisis. Para la determinación analítica del herbicida, se trabajó con el estándar de alta pureza de clomazone de la firma Sigma-Aldrich. Como solventes de extracción y para las fases móviles de las corridas cromatográficas se utilizó acetonitrilo (PHARMCO-AAPER) calidad UV-HPLC, metanol (PHARMCO-AAPER) calidad UV-HPLC, agua acidificada al 0,1% con ácido fórmico 88% (Macron Chemicals, Países Bajos). Para el procedimiento de extracción se utilizaron matraces aforados de 25 mL donde se recogió el lavado con metanol de los colectores de vidrio. La determinación de los residuos de clomazone en las muestras se realizó utilizando un cromatógrafo líquido Agilent 1200 acoplado a un espectrómetro de masas API 4000 (LC-MS/MS).

El clomazone aplicado, en todos los



Figura 2. Área delimitada para el vuelo, las banderas indican el centro de la pasada del avión

casos, fue en la formulación concentrado emulsionable ($480 \text{ g i.a. L}^{-1}$). La deriva fue calculada a partir de lo que se colectó a los 50m, expresado como porcentaje de lo cuantificado en el área del cultivo. Todas las aplicaciones correspondieron a aplicaciones de pre-emergencia del cultivo.

Al momento de cada aplicación y próximo al área de aplicación a una altura de 2m se tomaron los datos de velocidad de viento, temperatura y humedad relativa con instrumento portátil marca Windmate™.

A partir de las estimaciones de deriva de cada situación y con los datos de condiciones operativas y meteorológicas de las mismas, se realizó análisis a través de árbol de regresión del paquete estadístico JMP, de forma de jerarquizar la influencia de los factores en la ocurrencia de la deriva. Los arboles de

regresión constituyen una partición de una variable de respuesta continua en grupos homogéneos que se construye a partir de variables predictoras. De esta forma, se espera que cierta combinación de las variables predictoras, generen grupos homogéneos en cuanto a la variable de respuesta, en este caso la deriva. Esta metodología permite explorar problemas complejos como la deriva, donde la ocurrencia es consecuencia de múltiples factores pero que se requiere determinar los factores de mayor influencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de porcentaje de deriva a los 50m estimados a partir de las 16 situaciones evaluadas, indicaron que la deriva a los 50m fue baja, en promedio fue del 3,3%. Aunque como se aprecia en la Figura 3, los desvíos fueron elevados.

El objetivo del trabajo fue cuantificar la deriva de aplicaciones aéreas del herbicida clomazone a los 50m del área de aplicación y relacionar la deriva estimada con factores operativos de aplicación y meteorológicos del momento de la aplicación.

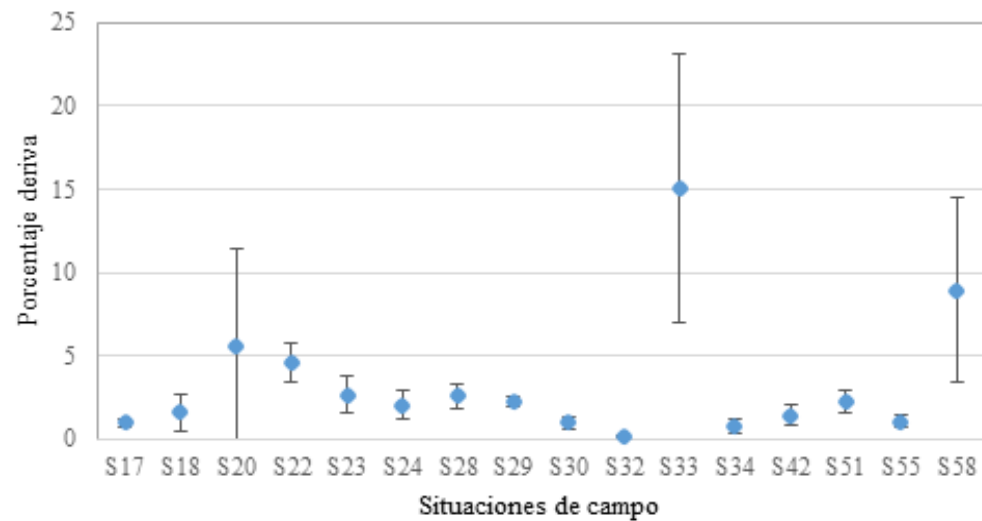


Figura 3. Deriva a los 50m, calculada como porcentaje de lo colectado en las placas dentro del cultivo o área objetivo y el desvío estándar de cada situación

Solamente tres situaciones sobrepasaron el 5% de deriva. En el caso de la situación 58 (Cuadro 1), si bien las condiciones de viento no fueron limitantes, la altura de vuelo fue superior a lo normal, considerando que normalmente es de 3m. Siendo la altura de vuelo, según Cordell y Baker (2012), uno de los factores más importantes en determinar deriva primaria durante las aplicaciones. En el caso de la situación 20, el tamaño de gota fue muy fino y correspondió al tipo de aplicación electrostática. Los sistemas de aplicación electrostática trabajan con boquillas de cono vacío y gotas muy finas, las cuales son cargadas eléctricamente, estas gotas con cargas eléctricas son atraídas a las plantas, reduciendo el riesgo de deriva (Carvalho *et al.*, 2011). A pesar de que es un sistema poco estudiado, tiene gran potencial para hacer aplicaciones eficientes y ambientalmente seguras (Vázquez y Cunha, 2010). En este caso la combinación de ese tamaño de gota pero con viento de 11.5 km.h⁻¹, no expresó ese beneficio. Unos de los problemas planteados para este tipo de aplicación es que las mezclas de productos con diferentes composiciones pueden tener desempeños diferentes en

relación a la asimilación de las cargas proporcionadas (Drescher, 2012) y por tanto esa atracción al objetivo no siempre se cumpla.

Por su parte, en la situación 33, si bien el tamaño de gota era medio, cuya probabilidad de desplazamiento es menor que la gota muy fina, las condiciones de temperatura y humedad relativa fueron más favorables a la ocurrencia de deriva.

Para el análisis de jerarquización de los factores controlados (volumen de aplicación, tamaño de gota, altura de vuelo) y no controlados (temperatura, humedad relativa, velocidad de viento), en la deriva primaria, se obtuvo un árbol

All Rows			
Count	16	LogWorth	Difference
Mean	3.30875	0.4949268	2.08476
Std Dev	3.8329725		

Tamaño gota(MF)		Tamaño gota(M)	
Count	9	Count	7
Mean	2.3966667	Mean	4.4814286
Std Dev	1.7651558	Std Dev	5.451845

Cuadro 1. Condiciones operativas y meteorológicas de todas las situaciones evaluadas

Muestreo	Volumen (L.ha ⁻¹)	TC*	Altura del vuelo (m)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Viento (Km.h ⁻¹)
17	16	M	1	14	55	2.2
18	20	M	2	23.5	57	10.1
20	10	MF	3	18.0	79.5	11.5
22	10	MF	3	17.4	66.6	9.0
23	10	MF	3	17.4	66.6	9.0
24	10	MF	4	22.1	55	8.6
28	10	MF	2	21.6	78	13.7
29	10	MF	4	21.6	78	13.7
30	10	MF	4	18.3	68.4	10.1
32	10	MF	2	18.3	68.4	10.1
33	20	M	3	23.1	47	11
34	10	MF	6	12.1	82.5	2.9
42	10	M	3	21	82.8	5.8
51	20	M	2.5	32.8	41.8	15.5
55	10	M	3	27	58.5	6
58	10	M	5	16.4	87	6

*tamaño de gota. MF= gota muy fina; M= gota media

de regresión. El uso de esta metodología de análisis no permitió constatar ningún tipo de asociación de los factores de estudio con la deriva estimada, el JUMP arrojó un logworth muy bajo (0,49) indicando la falta de significancia, esto explicado quizás por el bajo número de muestras (16 situaciones) en una variable cuya respuesta es producto de varias interacciones entre los distintos factores.

CONCLUSIONES

La deriva de clomazone a los 50m del área aplicada en pre-emergencia del cultivo de arroz fue en promedio de 3,3%. Para las condiciones del presente estudio, con este número de repeticiones, no fue posible jerarquizar los factores de mayor influencia en la ocurrencia de deriva. En 3 situaciones la deriva fue superior al 5% y correspondieron a casos con alta velocidad de viento, gotas muy finas o elevada altura de vuelo.

AGRADECIMIENTOS

A INIA- Uruguay, quien a través del Fondo de Promoción de Tecnología Agrope-

cuaria financió el proyecto 291, marco en el cual se realizó este trabajo.

A la Asociación Nacional de Empresas Privadas Aeroagrícolas de Uruguay (ANEPA) quien a través de sus socios colaboraron en la realización de estos trabajos. «

Bibliografía

- WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. Herbicide Handbook. (2007). 9th Edición s.l.458 p.
- MATUO T (1990). Tecnología de aplicações de defensivos agrícolas. (Ed. FUNEP). Jaboticabal, Brasil.
- CORDELL S & BAKER P (2012). Pesticide Drift. Cooperative Extension. The University of Arizona. AZ1050. 4p. Available at: www.coursehero.com/file/1372017/az1050/. (Accessed 8 may 2018)
- CARVALHO WPA, BOLLER W, ANTUNIASSI UR (2011) Tecnología de aplicación por vía aérea. In: Tecnología de aplicação para culturas anuais. (Ed Aldeia Norte) 143-156. Passo Fundo, Brasil.
- DRESCHER M (2012). Manual de piloto agrícola. (Ed. Bianchi). São Paulo, Brasil.
- VAZQUEZ J & CUNHA JPAR. (2010) Aplicação aérea. In: Manual de aplicação de produtos fitossanitários. (Ed. Aprenda Fácil) 1er edn, 489- 519. Viçosa, Brasil.
- PEREIRA AL, PIMIENTA A, ZORRILLA G (2018). Resumen de la zafra 16-17 base de datos empresas arroceras. Available at: http://inia.uy/Documentos/Privados/INIA%20TT/Arroz/Informes%20de%20zafra/GT_ARROZ_JUNIO_2017_INFORME_FINAL.pdf. (Accessed 14 jul 2018).