

MOVIMIENTO DE ALGUNOS PLAGUICIDAS EN EL SUELO

G. Dierksmeier, R. Hernández, Caridad Ricardo, Maria Nela Llanes, Ana Cecilia Linares y Zortan Cárdenas

Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Calle 110 no. 514 e/ 5a. B y 5a. F, Playa, Ciudad de La Habana, CP 11600

RESUMEN

Se determinó la lixiviación y el ascenso capilar de un grupo de plaguicidas de uso directo al suelo. Los compuestos investigados fueron atrazina, ametrina, bromacil, propiconazol, disulfoton y metalaxil. La lixiviación se investigó en el suelo ferralítico rojo para los plaguicidas ametrina, atrazina, bromacil, propiconazol y metalaxil mientras que este último y el disulfoton se investigaron además en el suelo ferralítico cuarcítico. El ascenso capilar se determinó exclusivamente en el suelo ferralítico rojo para los herbicidas bromacil, ametrina y atrazina, y a estos dos últimos, además del diuron, se les investigó el arrastre en el mismo suelo. Las características fundamentales del suelo ferralítico rojo fueron: materia orgánica 1,95-2,1%; pH 6,6; ferralítico cuarcítico: 1,98% de materia orgánica y pH 7,3. Las determinaciones analíticas se realizaron por los métodos cromatográficos normalizados y/o recomendados para cada plaguicida. La lixiviación de la ametrina fue moderada, mientras que la de la atrazina fue más fuerte aunque la magnitud del fenómeno no implica un riesgo significativo de contaminación del manto freático. El disulfoton lixivió moderadamente a la vez que sufrió una fuerte degradación en el lapso que duró el experimento. El propiconazol prácticamente no se movió del suelo, mientras que el metalaxil y el bromacil lixiviaron fuertemente en los suelos investigados. El ascenso capilar fue débil en la ametrina y muy fuerte en la atrazina y el bromacil. Por último la atrazina se arrastró en el suelo ferralítico rojo más fuertemente que la ametrina y el diuron sin que el fenómeno fuera significativo.

Palabras claves: plaguicidas, lixiviación, ascenso capilar, suelo

ABSTRACT

It was assessed the leaching and capillary upward movement of some pesticides directly applied to the soil. These compounds were: atrazine, ametryn, bromacil, propiconazole, disulfoton and metalaxyl. The leaching behaviour was investigated for ametryn, atrazine, bromacil, propiconazole and metalaxyl in the Red Ferralitic soil, while the last one and disulfoton were investigated likewise in the Ferralitic Cuarcitic soil. The upward capillary movement was assessed only in the Red Ferralitic soil for bromacil, ametryn and atrazine, while these last two pesticides and diuron were used to investigate the run-off in the same soil. The fundamental features of the Red Ferralitic soil were: organic matter content: 1,95%-2,1%; pH 6,6. The corresponding values for the Ferralitic Cuarcitic soil were: 1,98% and 7,3. The analytical determinations were carried out by reliable chromatographic methods for each pesticide. The leaching of ametryn was moderate while that of atrazine was strong, though this movement does not pose a significant threat of contamination to the underground water. Disulfoton leached moderately while suffered a strong degradation during the experiment. Propiconazole did not move in the soil, while metalaxyl and bromacil leached strongly in both investigated soils. The upward capillary movement was weak for ametryn and strong for both atrazine and bromacil. Finally the run-off for atrazine was stronger than for ametryn and diuron, but in general the behaviour was not significant.

Key words: pesticides, leaching, capillary upward, soil

INTRODUCCIÓN

En la protección contemporánea de plantas tienen un uso importante los plaguicidas químicos, los cuales contribuyen decisivamente a lograr cosechas acorde con los rendimientos potenciales de los cultivos [FAO, 1998].

Sin embargo, no son pocos los efectos no deseados de esta práctica agrícola, tales como los residuos en las cosechas y la contaminación del medio [Codees Alimentarius, 1994]. Este último aspecto tiene cada vez mayor importancia si se tiene en cuenta que una parte considerable de los plaguicidas se aplica directamente

al suelo y/o llega a este por diversas vías, con la posibilidad de contaminar las fuentes de agua [Williams *et al.*, 1995]. Por estas razones, es de mucha importancia la investigación del movimiento de los plaguicidas en el suelo, especialmente la lixiviación, el arrastre y el ascenso capilar, fenómeno poco conocido este último, pero que sin duda contribuye al equilibrio en el medio. En los párrafos siguientes se expondrán los resultados del movimiento de algunos de los principales plaguicidas de uso agrícola, en suelos de importancia económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar los experimentos de lixiviación en columna se utilizaron tubos plásticos de 5 cm de diámetro interno y 40 cm de longitud, a los cuales se les practicó una abertura lateral de 1 cm de sector y 30 cm de longitud [Dierksmeier, 2001]. En condiciones de trabajo se coloca esta cerrando el cilindro y se mantiene en su posición mediante cinta adhesiva. La parte inferior del tubo se cierra con tela o gasa.

El suelo objeto de investigación se secó al aire, a la sombra y se tamizó a través de una malla de 2 mm. Se llenaron entonces los tubos (dos por cada plaguicida para cada nivel de precipitación por investigar).

El contenido de cada tubo se compactó mediante vibración mecánica. Después de esto se fijaron los tubos en posición vertical y se les pasó agua destilada en cantidad suficiente para que esta drenara libremente. Se suspendió el paso de agua y se dejaron los tubos en esa posición durante 24 horas.

La aplicación de los plaguicidas se realizó tubo por tubo, usando como máximo 5 mL de caldo de cada compuesto. Este volumen, aunque sustancialmente superior al que resultaría de una práctica agrícola convencional, es apenas significativo, pues representa solamente el 5% de la cantidad de agua del nivel de precipitación inferior investigado (50 mm) [Jarczyk, 1972; B.B.A., 1973].

Las características fundamentales desde el punto de vista lixiviativo de los suelos investigados fueron:

Ferralítico rojo: 1,95-2,10% de materia orgánica; pH 6,6 de su suspensión acuosa 1/10 [Pequeño y López, 1965].

Ferralítico cuarcítico: 1,98% de materia orgánica y pH 7,3 de su suspensión acuosa.

La adición de agua se realizó de forma controlada de modo de no sobrepasar la cantidad correspondiente a 10 mm de precipitación en una hora. Además, la suma de todas las adiciones de agua de un día no superó el equivalente a una precipitación de 50 mm.

El rango de precipitaciones investigado se encontró entre 25 mm y 400 mm. Terminada la última adición de agua correspondiente a un nivel investigado, se esperó 24 horas. Se tomaron entonces los tubos, se les retiró la lista lateral, y se separó con una espátula el contenido en perfiles de 2,5 cm, 5 cm y 10 cm según el experimento, analizándose el contenido de plaguicida en cada uno de ellos.

Los análisis se realizaron mediante métodos cromatográficos. Así las triazinas se analizaron por cromatografía gaseosa usando un detector termoiónico [MINAGRI, 1979], el bromacil también por cromatografía gaseosa pero con detector de captura electrónica [Jarczyk, 1975], mientras que el propiconazol, disulfo-

ton y metalaxil se analizaron por métodos selectivos con determinación final vía cromatografía gaseosa, con detector termoiónico [Min. Public. Health, 1996] [Ricardo, 2001; MINAGRI, 1988].

Los resultados de las réplicas analíticas y de los perfiles homólogos correspondientes al mismo plaguicida e igual nivel de precipitación se promediaron, y se reportó el porcentaje del plaguicida total en cada perfil.

Para la realización de los experimentos de ascenso capilar se utilizaron los mismos tubos descritos en la determinación de la lixiviación. A estos tubos, con la gasa atada en su extremo inferior y con la lista lateral cerrando el cilindro, se le añadió suelo (seco y tamizado a través de una malla de 2 mm) hasta alcanzar una altura de 9 cm. Encima de esa columna de suelo se colocó una malla plástica circular que ajusta exactamente en el interior del tubo. Sobre esta se añadió una pequeña cantidad de suelo contaminado con el plaguicida objeto de investigación. Esta cantidad fue tal que la altura que ella originó dentro del tubo fue de 2,5 mm aproximadamente.

Encima de ese suelo contaminado se colocó otra malla plástica y a continuación se adicionó suelo hasta 2 cm del borde superior.

El contenido de cada tubo se compactó mecánicamente (golpes laterales suaves) y se añadió suelo nuevamente hasta alcanzar la altura indicada. Para cada plaguicida se utilizaron seis de los tubos así preparados, los que se colocaron verticalmente una bandeja con agua destilada, con el extremo cerrado por la gasa sumergido hasta la altura de 1 cm. El nivel de agua señalado se mantuvo por reposición durante el tiempo de desarrollo de cada experimento.

A los dos días de iniciado el ascenso capilar, se tomaron dos tubos y se analizó el contenido del plaguicida en los perfiles 0-6; 6-12 y 12-18 cm, donde 0 representa la superficie del suelo y 18 la zona entre las mallas plásticas.

Otros dos tubos se tomaron a los cuatro días y finalmente los últimos dos, siete días después del inicio del ensayo. Se analizaron por separado los perfiles de suelo, y se promediaron después los valores correspondientes a los de ambos tubos del mismo muestreo. Cada experimento se repitió dos veces para promediarse finalmente los resultados. Con estos valores se calculó el porcentaje de cada plaguicida en cada perfil, para cada muestreo o momento a partir del inicio del ascenso capilar.

Estos valores dan una medida del poder ascendente de cada plaguicida y de la velocidad a la cual ocurre el fenómeno. Estos experimentos se complementaron con la determinación del ascenso capilar de la atrazina bajo condiciones de campo. Para ello, los tubos preparados de la forma descrita contaminados con atrazina, se introdujeron verticalmente en una abertura practicada

en el suelo, en un área desprovista de malezas. Los tubos se cubrieron con el suelo del lugar dejando sobresalir 2-3 cm de cada tubo. Posteriormente se humedeció el área a saturación, incluido el contenido de los tubos. A los siete días se tomaron dos para el análisis y se llenó el espacio ocupado por ellos con suelo. Después se humedeció de nuevo toda el área a saturación. Los muestreos y el procedimiento posterior ya descrito se repitieron a los 14 y 21 días. La evaluación del ascenso capilar se realizó de la forma ya indicada.

Los experimentos de arrastre se realizaron bajo condiciones ambientales. Con tal finalidad se cavó una zanja de 6 m de longitud, 0,5 m de ancho y 0,4 m de profundidad, en un área con una pendiente de 12,8 %, expuesta a las condiciones ambientales. Esta zanja se cubrió con una lámina plástica y se llenó con suelo ferralítico rojo (1,8 % de materia orgánica y pH 6,8 de su suspensión acuosa 1/10).

En el extremo más bajo de la canal se excavó el suelo hasta poder colocar un recipiente colector de 30 L de capacidad. El suelo de la canal fue sometido a un proceso gradual, espontáneo, de compactación durante dos meses. En ese tiempo la suma de las precipitaciones superó los 200 mm. Con posterioridad se aplicaron los herbicidas objeto de investigación. Estos fueron ametrina, atrazina y diuron, a dosis equivalente a 4 kg i.a./ha de cada uno, dispersos en agua. La aplicación se realizó con un aspersador manual. La concentración del caldo de cada herbicida fue de 0,6 g (producto comercial) por litro, y de este se aplicó 3 L. Después de la aplicación se esperó 24 horas antes de comenzar a regar el área mediante aspersores microjet. Para ello fueron colocados seis aspersores separados 1 m entre dos consecutivos, a

0,5 m de uno de los costados de la canal. Para medir la lluvia y/o el regadío que cae sobre el suelo de la canal se situaron encima de esta seis vasos de precipitado de 250 mL, esparcidos convenientemente.

En total se realizaron seis simulaciones de lluvia y durante el ensayo llovió ligeramente (3 mm).

El agua no retenida por la masa de suelo y que se colectó separadamente para cada simulación de lluvia se analizó para determinar la cantidad de herbicidas arrastrados. Los análisis de las triazinas se realizaron por el método indicado, mientras que el diuron se determinó por HPLC con detector UV, previa extracción del herbicida con diclorometano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las *Tablas 1 y 2* se presentan los resultados de la lixiviación de la ametrina y la atrazina, respectivamente. Es evidente que la atrazina lixivía mucho más fuertemente que la ametrina, no solamente debido a la concentración detectada por debajo de 25 cm sino también por la reducción sustancial en el perfil 0-5 cm para todos los niveles de precipitación investigados. Estos resultados están acorde con la interacción de estos herbicidas con el suelo ferralítico rojo, que a su vez depende de las propiedades físico-químicas de ambos. En la *Tabla 3* se resumen los resultados de los experimentos de la lixiviación del bromacil. Este herbicida se movió muy fuertemente, aún para un nivel de precipitación moderado, no se detectó en el perfil de 0-5 cm mientras que más del 82 % de la dosis aplicada sobrepasó el perfil de 20 cm. Este comportamiento conlleva un riesgo de contaminación de las aguas subterráneas.

Tabla 1. Lixiviación de ametrina

Perfil (cm)	Porcentaje de ametrina en cada perfil para los niveles de precipitación indicados (mm)			
	50	100	150	200
0-5	64,46	50,43	39,82	29,68
5-10	15,70	40,34	36,23	38,18
10-15	8,26	7,47	20,61	22,19
15-20	8,26	-	2,43	7,63
20-25	2,95	-	0,5	1,72
>25	0,35	1,73	0,3	0,5

Tabla 2. Lixiviación de la atrazina

Perfil (cm)	Porcentaje de atrazina en cada perfil para los niveles de precipitación indicados (mm)			
	50	100	150	200
0-5	50,8	36,43	13,54	7,56
5-10	23,06	31,93	29,45	23,91
10-15	9,98	23,80	40,79	29,16
15-20	10,80	6,96	12,66	27,62
20-25	4,08	0,87	2,06	10,64
>25	1,31	-	1,47	1,08

Tabla 3. Lixiviación de bromacil en suelo ferralítico rojo

Perfil (cm)	Porcentaje de bromacil en cada perfil para los niveles de precipitación indicados (mm)			
	25	50	75	100
0-5	38	4,6	3,9	ND
5-10	37	15,1	6,2	3,6
10-15	22	19,7	13,7	5,4
15-20	3	18,6	15,6	8,4
>20	ND	42	60,6	82,6

Por el contrario, el propiconazol apenas se movió del perfil 0-10 cm, aun bajo condiciones muy drásticas (400 mm de lluvia en sólo ocho días, algo que solamente ocurre bajo condiciones climáticas extremas), *Tabla 4*.

La lixiviación del metalaxil fue fuerte y muy similar en los suelos ferralítico rojo y ferralítico cuarácico (*Tablas 5 y 6*, respectivamente), a pesar del contenido menor de materia orgánica de este último suelo que es un factor que influye mucho sobre el fenómeno investigado.

La magnitud de la lixiviación es tal que la aplicación de este fungicida lleva asociado un riesgo elevado de contaminación del manto freático.

La investigación de la lixiviación se completó con el movimiento del disulfoton en el suelo ferralítico cuarácico (*Tabla 7*). En este y a pesar de las condiciones drásticas impuestas, el insecticida no fue detectado por debajo de los 20 cm, resultando además que en el lapso que duró el experimento, ese organofosforado sufrió una degradación muy fuerte, y se redujo su concentración a la mitad en solo ocho días. Por ambas razones la aplicación del disulfoton no crea un riesgo para el manto freático.

En la *Tabla 8* se resumen los resultados del ascenso capilar para la ametrina, atrazina y bromacil, a escala de laboratorio. Como era de esperar, estos dos últimos herbicidas ascendieron fuertemente, con valores muy similares del porcentaje de desplazamiento hacia la superficie. Este fenómeno tiende a compensar el de la lixiviación, y ha sido investigado también con otros compuestos, incluso inorgánicos.

La *Tabla 9* muestra, al menos para la atrazina, que bajo condiciones naturales el ascenso capilar no es tan fuerte. En efecto, aunque el experimento duró tres veces más que el realizado en el laboratorio, el porcentaje de atrazina al finalizar el ensayo fue del orden de sólo 1% respecto a la dosis inicial. En parte esto pudo deberse a que la atrazina durante el ensayo se degrada especialmente en los perfiles próximos a la superficie del suelo, donde la actividad microbiana es más intensa, y que bajo nuestras condiciones ocurre con un tiempo de vida media de 40 días. Además, dada la forma de realizar el experimento, con el fin de mantener húmedo el suelo, se introduce un componente lixiviativo impor-

tante, que contrarresta el fenómeno investigado, aspecto este que se presenta en la naturaleza cuando llueve.

Los resultados de los experimentos de arrastre se han resumido en la *Tabla 10*. Aunque la suma total de las precipitaciones más el regadío fue solamente de 64 mm en un lapso de 12 días, se puso de manifiesto el arrastre

mayor de la atrazina respecto a la ametrina, mientras que el diuron tuvo un comportamiento intermedio.

Los valores de arrastre respecto a la cantidad aplicada (900 mg) fueron: 1, 24 %; 0,14% y 0,09% para la atrazina, diuron y ametrina respectivamente, que aunque pequeños contribuyen a la contaminación del medio.

Tabla 4. Lixiviación del propiconazol

Perfil (cm)	Porcentaje del fungicida en cada perfil para los niveles de lluvia indicados (mm)			
	50	100	200	400
0-5	84,0	85,9	80,0	53,1
5-10	16,0	14,1	18,5	44,0
10-15	ND	ND	1,1	1,7
15-20	ND	ND	0,8	0,6
20-25	ND	ND	ND	0,6

Tabla 5. Lixiviación del metalaxyl en el suelo ferralítico rojo

Perfil (cm)	Porcentaje del fungicida en cada perfil para los niveles indicados de lluvia (mm)			
	25	50	75	100
0-2,5	76,6	19,3	19,6	7,5
2,5-5	4,9	30,0	33,1	13,8
5-7,5	4,5	30,4	18,4	11,3
7,5-10	2,6	11,0	4,6	9,8
10-15	4,5	5,2	6,1	22,7

Tabla 6. Lixiviación del melalaxyl en el suelo ferralítico rojo

Perfil (cm)	Porcentaje de metalaxyl en cada perfil para los niveles de lluvia indicados (mm)			
	25	50	75	100
0-2,5	74,7	43,7	8,2	2,3
2,5-5	11,5	35,4	11,9	4,4
5-7,5	2,4	8,2	27,5	8,2
7,5-10	2,8	2,7	22,0	17,4
10-15	2,9	4,8	24,1	35,0
15-20	3,3	2,4	6,3	18,8
20-25	2,3	2,9	-	11,3

Tabla 7. Lixiviación del disulfoton en suelo ferralítico rojo

Perfil (cm)	Porcentaje del insecticida en cada perfil para los niveles de lluvia indicados y cantidad total (μg) al finalizar cada experimento		
	100 (mm)	200 (mm)	400 (mm)
0-5	57,3 (16,149 μg)	74,6 (10,074 μg)	70,97 (8,241 μg)
5-10	42,3	13,10	18,97
10-15	0,22	4,70	5,03
15-20	0,21	7,80	5,02
>25	ND	ND	ND

Tabla 8. Ascenso capilar de la ametrina, prometrina, simazina, atrazina y bromacil en el suelo ferralítico rojo

Herbicidas	Días transcurridos desde el inicio del experimento	Porcentaje de herbicida en las profundidades indicadas (cm)		
		0-6	6-12	12-18
Ametrina	2	0,8	22	77,1
	4	3,04	17	79,8
	7	4,83	22,4	72,6
Atrazina	2	17,7	40,5	41,8
	4	25,7	33,5	40,8
	7	48,3	22,2	31,8
Bromacil	2	9,8	42,1	48,0
	4	56,0	23,8	20,0
	7	48,1	42,5	9,29

Tabla 9. Ascenso capilar de la atrazina en el suelo ferralítico rojo bajo condiciones de campo

Días transcurridos desde el inicio del experimento	Porcentaje de herbicida en las profundidades indicadas (cm)		
	0-6	6-12	12-18
7	1,69	5,20	93,11
14	1,26	2,47	96,27
21	0,87	1,18	97,94

Tabla 10. Arrastre de los herbicidas aplicados al suelo ferralítico rojo (mg)

Herbicidas	Tiempo (d)	1	2	5	6	7	9	12
	Lluvia (mm)	20	10	10	5	3*	10	6
Ametrina		0,594	0,164	0,068	0,058	—	—	—
Atrazina		5,076	3,80	3,00	0,024	—	—	—
Diuron		1,44	0,03	—	—	—	—	—

* Lluvia

CONCLUSIONES

- La ametrina lixivió moderadamente en el suelo ferralítico rojo para un nivel de precipitación de 200 mm, mientras que la atrazina, bajo las mismas condiciones se movió fuertemente, aunque sólo el 2 % de la dosis superficial aplicada sobrepasó el perfil de 25 cm, por lo que en este tipo de suelo el riesgo de contaminación es moderado.

- El bromacil y el metalaxil lixiviaron muy fuertemente aun bajo condiciones moderadas de precipitación, por lo que ambos plaguicidas pueden considerarse contaminantes potenciales del manto freático.

- El propiconazol y el disulfoton lixivian poco, además de que este último se degrada rápidamente en el suelo, por lo que el riesgo de contaminación del agua subterránea es pequeño por ambos plaguicidas.

- El ascenso capilar de la ametrina a escala de laboratorio fue moderado, mientras que la atrazina y el bromacil se movieron fuertemente hacia la superficie del suelo, alcanzando allí concentraciones del orden de 48% de la dosis aplicada en sólo siete días desde el inicio del movimiento. Sin embargo el mismo fenómeno bajo condiciones ambientales fue moderado para la atrazina, aunque de significación como tendencia opuesta a la lixiviación.

- El arrastre en el suelo ferralítico rojo mostró la misma tendencia de movimiento observada para la atrazina y la ametrina en los fenómenos de lixiviación y ascenso capilar, mientras que el diuron ocupó una posición intermedia entre ambas triazinas.

REFERENCIAS

B.B.A.: «Prüfung der Versickerungsverhalten von Pflanzenschutzmitte», *Merkblatt*. 37 (1), Auflage, RFA, 1973.

Comisión del Codex Alimentarius: *Residuos de plaguicidas en los alimentos*, vol. 2, 2a. ed., 1994.

Dierksmeier, G.: *Plaguicidas, residuos, efectos y presencia en el medio*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2001.

—: «Desorción de plaguicidas en el suelo», *Fitosanidad* 3 (4): 49-52, La Habana, 1999.

Dierksmeier G.; A. Sisinno; Pura Moreno: «Ascenso capilar de la atrazina en suelo ferralítico rojo», *Resúmenes, Jornada Científico-Técnica de Sanidad Vegetal, Sancti Spiritus*, 1986.

FAO: *Anuario Estadístico*, Roma, 1998.

Führ F.; W. Mittelstaedt; T. Pütz; A. Stork; M. Dust: «Use of lysimeters for determining Pesticide Fate in Agroecosystems», *Proc. Int. Symposium on the Use of Nuclear and Related Techniques for Studying Environmental Behaviour of Crop Protection Chemicals*, Vienna, 1996.

Jarczyk, H. J.: «Migration of Herbicides in Different Soil Types», *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 25 (1) Bayer A.G. Leverkusen, RFA, 1972.

—: «Method for Gas Chromatographic Determination of Bromacil Residues in Plant Materials, Soil and Water Using a Nitrogen Specific Detector», *Pflanzenschutz Nachrichten Bayer* 28 (3) 319, 1975.

Jury W. A.; A. M. Winer; W. F. Spencer; D. D. Focht: «Transport and Transformation of Organic Chemicals in the Soil-Air-Water System», *Reviews of Environ. Contam. Toxicol.* 99: 119-164, 1987.

MINAGRI. NRAG 275: «Triazinas. Método de análisis para determinar residuos en suelo por cromatografía gaseosa», 1979.

—: «Metalaxil. Determinación de residuos por cromatografía gaseosa», 1988.

Mynistry of Public Health The Netherlands: *Analytical Methods for Pesticide Residues in Foodstuffs*, 6th edition, Ministry of Public Health Welfare and Sport, The Netherlands, 1996.

Moreno, Pura; G. Dierksmeier; A. Bécquer; Caridad Ricardo; Lidia Ferrer; Dania Álvarez; Rafaela Batista; A. Lazo: «Degradación acelerada de Carbofuran en suelo por aplicaciones repetidas», *Fitosanidad*. 2 (1/2): 19-21, 1998.

Norma Cubana 29-03: «Diuron. Métodos de Análisis», 1983.

Pequeño J.; A. López: *Agroquímica* t. 2, La Habana, 1965.

Peter, C. J.; J. P. Weber: «Adsorption, Mobility and Efficiency of Alachlor and Metolachlor Influenced by Soil Properties», *Weed Sci.* 33, 874-881, 1985.

Ricardo, Caridad: *Método de análisis de residuos de plaguicidas*, INISAV, MINAGRI, La Habana, 2001.

Wauchope, R. D.: «Pesticide Report No. 34. Pesticide Run-off: Methods and Interpretation of Field Studies», *Pure Appl. Chem.* 67: 2089-2108, 1995.

Williams R. J.; D. Brooke; P. Mathiesen; M. Mills; A. Turnbull; R. Harrison: «Pesticide Transport to Surface Waters Within an Agricultural Catchments», *J. Inst. Water Environ. Man*, 9, 72-81, 1995.