

Degradación del diflubenzurón y triflumurón en dos tipos de suelos forestales representativos del área Mediterránea

F. ROBREDO, J. M. LLORÉNS, J. M. VIVES, C. GONZÁLEZ,
J. M. GRASES, E. MONTEAGUDO, M. GAMÓN, P. BUISMAN
y C. BACHLECHNER

Se estudia el comportamiento de diflubenzurón y triflumurón en dos suelos forestales mediterráneos ubicados en los términos de Benidorm (Alicante) y Sabadell (Barcelona) tratados por avión mediante la técnica de atomización U.L.V.

La aplicación de los productos se efectuó en octubre y noviembre.

Se tomaron muestras de suelo y subsuelo y se analizaron en cuatro laboratorios distintos, utilizando el método de HPLC, obteniendo resultados similares.

A las dos horas de tratar, los depósitos en el suelo de ambos productos son normales y concuerdan con lo previsto en este tipo de aplicación.

Los tipos de suelo elegidos y las condiciones climáticas posteriores a la aplicación, durante el período de muestreo, no han influido mayormente en la degradación de ambos productos.

Las curvas de degradación presentan un acusado descenso en los primeros días, siendo las vidas medias de ambos productos inferiores a los 30 días.

No se detectaron residuos en ningún caso a profundidades mayores de los 5 cm., lo cual demuestra que no hay lixiviación aparente de estos productos por agua de lluvia.

F. ROBREDO. Subdirección General de Sanidad Vegetal. M.A.P.A.

J. M. LLORÉNS. Servicio de Protección de los Vegetales, D.G.P.A. Generalitat Valenciana.

J. M. VIVES. Servei de Proteccio dels Vegetals. DARP. Generalitat de Catalunya.

C. GONZÁLEZ Y J. M. GRASES. Laboratori Agrari DARP, Generalitat Valenciana.

E. MONTEAGUDO y M. GAMÓN. Laboratorio Agrario. C.A.P. Generalitat Valenciana.

P. BUISMAN. Analytical Development Dept. DUPHAR B. V. (Holland).

C. BACHLECHNER. Geschäftsbercich Pflanzenschutz Bayer. AG. (Alemania).

Palabras clave: Diflubenzurón, triflumurón, suelos forestales, degradación, Mediterráneo.

Indudablemente, cuando se aplica un producto para el control de plagas o enfermedades, la intención es colocar la mayor parte en el follaje o en la zona de la planta en que se encuentra el agente nocivo, pero es inevitable que una pequeña parte caiga al suelo. Cuando la aplicación se hace desde el aire, con la técnica ULV de volúmenes ultrabajos, la cantidad que alcanza el suelo, en una aplicación bien hecha, es mínima. Sin embargo, algo llega.

En España, los tratamientos con inhibidores del desarrollo de los insectos contra

diversas plagas forestales, especialmente la procesionaria del pino, cubren superficies importantes de bosque.

El comportamiento de los productos diflubenzurón y triflumurón en el suelo es conocido por los datos aportados para su homologación y registro y por diversas publicaciones especializadas.

La degradación en suelos es de naturaleza microbiana, tanto por microorganismos aerobios como anaerobios, y es evidente que la temperatura puede hacer variar la tasa de

degradación, ya que influye sobre la actividad de los microorganismos del suelo. Por ello, una aplicación realizada en invierno alarga el período de degradación respecto a la efectuada en verano.

NIMMO y sus colaboradores (1984) han estudiado la degradación del diflubenzurón y de sus principales metabolitos en el suelo. Asimismo SCHAEFER y otros (1977) han evaluado los residuos del diflubenzurón en suelos de pastizales con posterioridad a una aplicación aérea.

Según ellos el transporte del diflubenzurón por escorrentía de las aguas de lluvia (run off) es prácticamente inexistente debido a que se adsorbe fuertemente a la fracción orgánica del suelo. Este escaso transporte del diflubenzurón se demostró mediante experiencias de lixiviación en columna.

Por otra parte, según los citados autores, la tasa de degradación del diflubenzurón en suelos es muy rápida, lo mismo en condiciones aerobias que anaerobias. La mayor parte del diflubenzurón había desaparecido 1 ó 2 semanas después de la aplicación. Estas pequeñas diferencias en la tasa de degradación del diflubenzurón en suelos eran función de su composición y textura, según fueran arcillosos o arenosos, tanto en suelos agrícolas como en hidrosuelos.

Además, el tamaño de las partículas está íntimamente relacionado con la actividad de estos productos y, por tanto, con su velocidad de degradación.

Con un tamaño de partículas de 10 micras, el DT_{50} (tiempo de degradación de la mitad de la cantidad aplicada) del diflubenzurón varía de 8 a 16 semanas; con un tamaño de 2 micras oscila entre media y una semana. Cuando se eleva a 20 micras el producto deja prácticamente de actuar como insecticida sobre la especie sensibles, por lo que no se usa este tamaño en las formulaciones comerciales. El tamaño normal de las partículas de estas formulaciones comerciales es de cinco micras; la vida media o persistencia en el suelo, en estos casos, no puede clasificarse como de «relativamente larga duración». Según estudios realizados por los autores antes citados, NIMMO *et al.*, SCHAEFER, no más del 2% del diflubenzurón aplicado estaba presente a las cuatro semanas.

Análogamente WHITFIELD y CLAY (1983) estudiaron los residuos de triflumuron en un suelo limo-arcilloso de aluvión, así como su degradación y la de sus metabolitos en condiciones aerobias y anaerobias. Las vidas medias del triflumurón en este suelo y en estas condiciones fueron 64 y 17 días, respectivamente. La mayor parte del producto se adsorbe también fuertemente a la fracción orgánica del suelo, como los ácidos húmico y fúlvico.

OBRIST y THORNTON (1982) estudiaron en seis suelos distintos, desde arena no adsorbente hasta arcilla fina, el transporte del triflumurón por escorrentía. El método utilizado era análogo a una cromatografía en capa delgada, con placas de cristal recubiertas con una lámina fina de cada tipo de suelos en las cuales se ponían gotas de triflumurón que se lavaban con agua destilada. El transporte se medía comparando las manchas frontales producidas por el producto al escurrir. El triflumurón a estos efectos se clasificó como inmóvil.

Sin embargo, los suelos de la región costera mediterránea española poseen unas características muy diferentes a las de los suelos forestales de las zonas templadas europeas y norteamericanas, donde se han realizado la mayor parte de los estudios de degradación. Se consideró, por tanto, necesario acometer los estudios pertinentes sobre suelos forestales mediterráneos.

Con este objeto se convocó una reunión en Alicante a la que asistieron las autoridades fitosanitarias de las Comunidades Autónomas de Valencia y Cataluña y de los Servicios Centrales de la Subdirección General de Sanidad Vegetal, profesores de la Universidad de Alicante, del INRA francés y representantes y técnicos de las casas distribuidoras y fabricantes de los inhibidores de crecimiento que actualmente se comercializan en España: diflubenzurón (DIMILIN) y triflumurón (ALSYSTIN).

En esta reunión se acordó crear una Comisión para redactar un protocolo de estudio con objeto de conocer si el comportamiento de dichos inhibidores de crecimiento de los insectos, en estos tipos de suelo, diferían o no de los datos que se disponían de otros suelos.

Reunida posteriormente la Comisión en Barcelona, se aprobó el protocolo de estudios y se acordó realizar dos aplicaciones, con ambos productos, en dos zonas, una en la provincia de Alicante y otra en los alrededores de Barcelona.

Asimismo, se decidió realizar los correspondientes análisis de residuos en suelo en los Laboratorios Agrarios de las Comunidades de Valencia y Cataluña y en los de origen de las empresas fabricantes de ambos productos.

A continuación se describen los materiales y métodos utilizados, según el protocolo previo, así como los resultados obtenidos en la experiencia.

MATERIAL Y METODOS

Descripción de la parcela

Para la realización de la experiencia se eligieron 6 parcelas de 150 ha. de superficie cada una, ubicadas en dos zonas distintas, 3 de ellas en el Término de Benidorm (Alicante) y las otras 3 en el Término de Sabadell (Barcelona). En cada zona fue tratada una parcela con diflubenzuron 45-OCD, otra con triblumurón 25-OF y otra testigo.

En ambos casos se seleccionó un bosque natural de *P. halepensis* Mill. de relieve suavemente alomado y llano.

	Benidorm	Sabadell
A.I.S.N.M.	50 m.	100 m.
Alt. media arbolado	5-6 m.	6-8 m.
Especie sotobosque (++)..	—	—
Suelo	Poco profundo	Profundo

FLORA SILVESTRE BENIDORM (Alicante)

Pinar natural de *Pinus halepensis*.

Recolonización de terrenos cultivados con: almendros, algarrobos, olivo, higuera.

Estrato arbóreo

Pinus halepensis, 50-80%.

Altura, 5-6 m. (máximo, 8-10 m.).

Estrato arbustivo

Perennifolias xerófilas

- *Oxyris quatripartita*
- *Juniperus oxycedrus*
- *Pistacia lentiscus*
- *Passerina thymelaea*

Cobertura: 10%

Altura media: 2-2,5 m.

Altura máxima: 3,5-4 m.

Estrato arbustivo medio

Dominancia leguminosas

- *Coronilla juncea*
- *Anthilis carniflora*
- *Torycneum pentaphyllum* (Sub-gracillae)
- *Rhamnus lycioides*
- *Ephedra fragilis*
- *Helianthemum racemosum*
- *Helianthemum lavandulaefolium*

Cobertura: 40-50%.

Altura media: 0,75-1,25 m.

Altura máxima: 1,50 m.

estrato herbáceo

Gramíneas xerófilas

Dominante: *Brachypodium retusum*

Codominante: *Stypa tenacissima*

Stypa juncea

Helictotrychum phyllopholium

Hyparrhemia hicta

Cobertura: 90%

Altura media: 20-30 cm.

Altura máxima: 50 cm.

SABADELL (Barcelona)

Estrato arbóreo

Especie dominante: *Pinus halepensis* (pino carrasco).

Altura: 10-15 m. (cubre la mayor parte del terreno, excepto en algunos claros, en los que se han tomado los puntos de muestreo).

Otras especies: *Quercus ilex* (encina), *Q. pubescens* (roble) y *Ulmus minor* (olmo) (en torrenteras).

Estrato arbustivo

Especies más abundantes:

Ulex europeus (tojo)

Erica arborea (brezo)
Rubus ulmifolius (zarza), en algunas zonas.

Otras especies:

Quercus coccifera (coscoja)
Coriaria myrtifolia (emborrachacabras)
Calycotome spinosa (retama espinosa)
Juniperus oxycedrus (enebro)

Estrato herbáceo

No se considera debido a que en los puntos de muestreo se arrancó el estrato herbáceo dejando al descubierto el terreno.

Aplicación

	Benidorm	Sabadell
Fecha de tratamiento	22-10-86	24-11-86
— Tipo de aeronave	Piper Brave 300 HP	Cessna Ag Wagon 300 HP
— Número atomiz./aeronave	4 AU 3000	4 AU 3000
— Anchura de la pasada	20 m.	20 m.
— Altura media vuelo s/copas	3-5 m.	3-5 m.
— Velocidad de trabajo	85 millas/h.	100 millas/h.
— Presión de trabajo	35 psi.	25 psi.
— Hora comienzo aplicación	12 h.	9,16 h.
— Hora término aplicación	14 h.	12,39 h.
Productos, dosis y condiciones del tratamiento:		
— Formulaciones	Dimilin 45 ODC Alsyntin 250 F	Dimilin 45 ODC Alsyntin 250 F
— Dosificación	45 g.m.a./ha.	45 g.m.a./ha.
— Disolventes	Gasóleo	Gasóleo
— Dosis de aplicación	4 l./ha.	5 l./ha.

Suelo

Se tomaron dos muestras compuestas de cada parcela tratada para determinar la posible variabilidad dentro de la misma (cuadro 1).

Toma de muestras

Se tomaron muestras antes del tratamiento (1 día en Sabadell y 7 días en Benidorm) a las 2 horas del tratamiento, a los 3 días, 7 días, 14 días, 30 días, 60 días, 90 días, 180 días y 360 días en niveles de 0 a 5 cm. y de 5 a 20 cm. de profundidad.

En cada variante se tomó una parcela de 10 ha. con 5 subparcelas de 2 ha.

De cada subparcela se tomaron muestras de suelo en 10 puntos diferentes al azar consiguiéndose, una vez tamizado con una malla de 2 mm., una muestra homogénea de 2 kg. para cada uno de los niveles de suelo de 0-5 cm. y de 5-20 cm.

Cada punto de muestreo o cata tenía unas dimensiones 1×1 m. iniciándose la toma de suelo del nivel 0-5 cm. y luego, de la parte central de dicha cata, se tomó el suelo del nivel 5 a 20 cm., utilizándose paletas y azadones diferentes para cada nivel de suelo, así como cubos distintos para evitar la contaminación.

Cada muestra de 2 kg. de suelo se dividió en 2 submuestras de 1 kg. (una para el laboratorio agrario correspondiente y otra para el laboratorio de la firma comercial).

Cuadro 1.—Análisis de suelos. Benidorm y Sabadell.

	Benidorm				Sabadell			
	Dimilin B ₁	Alsyntin B ₂	Dimilin B ₃	Alsyntin B ₄	Dimilin S ₁	Alsyntin S ₂	Dimilin S ₃	Alsyntin S ₄
<i>Determinaciones analíticas</i>								
pH al agua en suspensión 1:2,5.	7,80	8,00	8,00	8,30	7,21	6,98	7,80	7,81
Conductividad eléctrica a 25°C en extracto seco 1:5 (mS/cm)	0,25	0,27	0,20	0,19	0,04	0,04	0,06	0,10
Materia orgánica oxidable (%)	2,63	2,75	2,75	1,86	3,13	1,84	1,81	4,08
CIC (meg/100 g)	14,75	13,10	12,32	17,34	13,45	8,80	14,40	17,10
Carbonatos totales (CaCO ₃) (%)	48,36	35,95	53,20	54,16	Inap.	Inap.	14,33	7,85
Clasificación según textura	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arcilloso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso

Así pues, en el ensayo de Benidorm las muestras de triflumurón se analizaron paralelamente en el Laboratorio Agrario de Burjasot y en el Laboratorio de Bayer A.G., Alemania.

Asimismo, las muestras de diflubenzurón se analizaron en el Laboratorio Agrario Regional citado y en el Laboratorio de Química Agrícola de Duphar.

Idéntico procedimiento se utilizó en el ensayo de Sabadell, analizando las muestras en el Laboratorio Agrario de la Generalitat de Catalunya y en los de las casas comerciales citadas, respectivamente.

Las muestras se enviaron a los laboratorios respectivos, inmediatamente después de tomadas, manteniéndose a una temperatura de -20°C hasta el momento del análisis.

Método de análisis

Para analizar el triflumurón se utilizó el método de análisis por HPLC propuesto por BAYER AG 28-5-84 (E. Moellhoff) «Determination of the insecticide Alsystem in plants, soils and water», modificando ligeramente el proceso de purificación de extractos.

Las condiciones cromatográficas se describen en el apartado 6.3. de dicho método y son las siguientes:

Columnas: *Dimensiones:* 300 mm. \times 4 mm. de diámetro.

Relleno: M. Bondapak C-18 (fase reversa).

Fase móvil: metanol/agua 7:3.

Flujo: 1 ml./min.

Presión: aprox. 100 bar.

Detector: UV-254 nm.: Sens: 0,01 AUFS.

Temperatura de trabajo: $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

En los ensayos de recuperación se obtuvieron resultados del orden del 85-95%. No se observaron diferencias significativas en los porcentajes de recuperación en los distintos tipos de suelo.

El límite de sensibilidad del método de análisis utilizado es de 0,01 ppm (mg./kg.).

Se hace constar, además, que la firma BAYER utilizó en el ensayo un método de análisis alternativo GC/ED, con resultados similares.



Fig. 1.—Aplicación aérea en la parcela de Sabadell. Avioneta Cessna 300 Ag Wagon equipada con 4 atomizadores Micronair AU 3000.



Fig. 2.—Toma de muestras de suelo en la parcela de Sabadell. Obsérvese que la toma se hace en zonas no cubiertas por la copa de los pinos.

Para el análisis del diflubenzurón se utilizó el método propuesto por DUPHAR 29-3-85 «determinación de residuos de diflubenzurón en suelos y sedimentos mediante cromatografía líquida».

El diflubenzurón se extrae del sedimento y del suelo mediante reflujo con acetonitrilo/agua. Después de filtrar el extracto se extrae una parte alícuota con hexano. El diflubenzurón se determina mediante cromatografía líquida con detector UV a 254 nm.

Los reactivos y equipos se describen en



Fig. 3.—Aspecto general de las parcelas de Benidorm (Alicante).

el apartado 2 de dicho documento. El equipo consiste en:

- Cromatógrafo de líquidos con detector UV a 254 nm y registro.
- Columna de acero inoxidable V4A de 25 cm. y diámetro interior de 4,6 mm., relleno de Zorbax C8 (7-8 nm.).
- Baño ultrasónico.

El procedimiento de análisis y calibración se describen en el apartado 3 del citado documento.

El límite de sensibilidad del método de análisis utilizado es de 0,01 ppm (mg./kg.).

Datos climatológicos

Se resumen en el cuadro 2 a partir del tercer día después del tratamiento.

Resultados y discusión

Los resultados analíticos obtenidos por los cuatro laboratorios participantes se expresan en el cuadro 3, siendo todos ellos similares, sin diferencias apreciables.

Las cantidades de productos encontrados por análisis en el suelo, a las dos horas de su aplicación, son normales y concuerdan con lo previsto teóricamente para este tipo de aplicaciones.

A medida que transcurre el tiempo, los residuos disminuyen rápidamente en ambos productos, las curvas de degradación trazadas representando la cantidad de residuos en ppm frente al tiempo transcurrido desde la aplicación presentan un acusado descenso (Figs. 1 y 2). En ambos casos la vida

Cuadro 2.—Datos climatológicos.

	Benidorm		Sabadell	
	Temperatura media en °C	Precipitación en mm.	Temperatura media en °C	Precipitación en mm.
<i>Tiempo</i>				
T+3 d	18,6	3	7,5	0
T+7 d	16,5	0	8	0
T+14 d	15,6	0	5	39
T+30 d	14,6	154	5,5	3
T+60 d	12,9	2	6,3	33
T+90 d	10,2	7	8,3	106
T+180 d	13,5	110	13,6	100
\bar{X}	14,6	39,4	7,7	40

Cuadro 3.—Residuos de principio activo en ppm.

Producto: Laboratorio:	Benidorm						Sabadell					
	Dimilin			Alsystin			Dimilin			Alsystin		
	A	B	Media	C	B	Media	A	D	Media	C	D	Media
<i>Tiempo</i>												
0	0,010	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,010	n.d.	n-d.	n.d.	n.d.	n.d.
T + 2 h.	0,100	0,077	0,089	0,113	0,150	0,132	0,060	0,093	0,077	0,044	0,099	0,072
T + 3 d.	0,050	0,070	0,060	0,094	0,110	0,102	0,060	0,079	0,070	0,058	0,167	0,113
T + 7 d.	0,060	0,059	0,060	0,089	0,090	0,090	0,100	0,026	0,063	0,048	0,014	0,031
T + 14 d.	0,120	0,055	0,088	0,066	0,060	0,063	0,060	n.d.	0,033	0,035	n.d.	0,020
T + 30 d.	0,030	0,044	0,037	0,050	n.d.	0,027	0,070	n.d.	0,038	0,044	n.d.	0,025
T + 60 d.	0,030	0,026	0,028	0,054	n.d.	0,029	0,040	n.d.	0,023	0,035	n.d.	0,020
T + 90 d.	0,030	0,013	0,022	0,061	n.d.	0,033	0,010	n.d.	0,008	0,020	n.d.	0,013
T + 180 d.	0,010	n.d.	0,008	0,010	n.d.	0,008	n.d.	n.d.	0,005	n.d.	n.d.	0,005

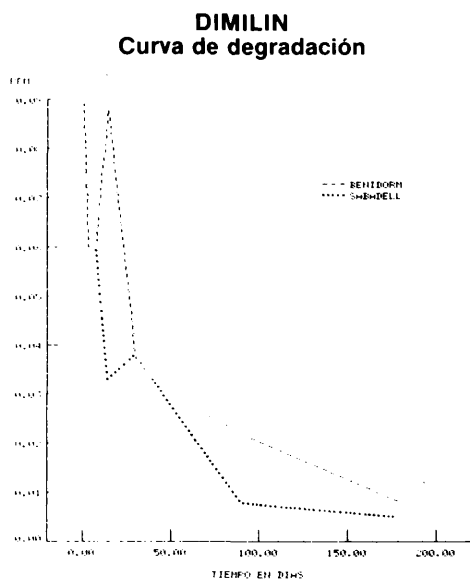


Fig. 4.—Curvas de degradación de diflufenfurón.

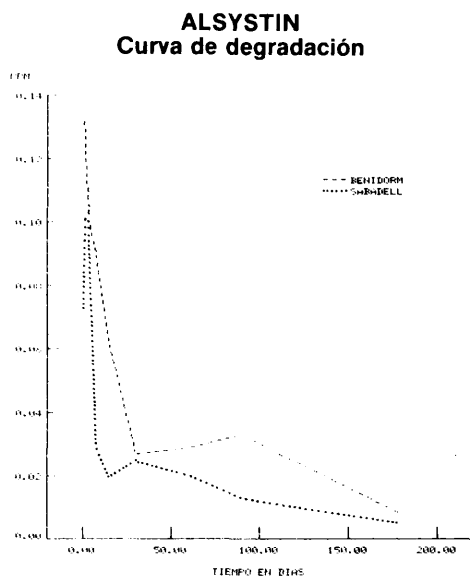


Fig. 5.—Curvas de degradación del triflururón.

media en el suelo se sitúa por debajo de los 30 días.

Los resultados, en general, siempre han sido ligeramente inferiores para los dos pro-

ductos en los ensayos realizados en la zona de Sabadell, aunque la diferencia en el peor de los casos es del orden de 0,021 ppm próxima al límite de detección del método.

En las capas de suelo inferiores a los 5 cm. no se han detectado prácticamente residuos, por lo que podemos afirmar que ninguno de los dos productos se lixivian por el agua de lluvia y que, por tanto, la movilidad es mínima.

Los suelos utilizados para el ensayo, a la luz de los análisis realizados, son diferentes. En el caso del producto Dimilin, la parcela de Benidorm es un suelo calcáreo, con alta saturación de bases, mientras que en la parcela de Sabadell se trata de un suelo neutro, probablemente insaturado.

El ensayo de Alsystin en Benidorm se realizó sobre un suelo con una arcilla de alta capacidad de intercambio, mientras que el de Sabadell se realizó en un suelo carbonatado aunque en menor proporción que el de la parcela de Benidorm para el Dimilin.

Por otra parte, en ningún caso se trata de suelos afectados por salinidad según se deduce de su conductividad.

En principio, el contenido en materia orgánica, que oscila entre 1,81 y 4,08%, la capacidad de intercambio alta en algunos casos, o la insaturación en otros, podrían afectar a la retención del producto, cosa que no se ha constatado en la práctica.;

En cuanto a los datos climatológicos, se ha de señalar que la pluviometría media, mientras ha durado el ensayo, ha sido similar en ambas zonas, no así las temperaturas medias que en la zona de Benidorm han sido de 14,6°C mientras que en la zona de Sabadell fueron de 7,7°C. Se deduce de ello que las condiciones climatológicas, en el intervalo estudiado, no parecen influir tampoco de manera notable en la persistencia de los productos.

Conclusiones

1. Los resultados analíticos obtenidos por los cuatro laboratorios son concordantes.
2. Los depósitos en el suelo de ambos productos son normales y concuerdan con lo previsto en este tipo de aplicación a las dos horas.

3. Las curvas de degradación presentan un acusado descenso en los primeros días, siendo las vidas medias en el suelo inferiores a los 30 días para ambos productos.

4. Los tipos de suelo elegidos, así como las condiciones climáticas existentes durante los ensayos, no han influido notablemente en la degradación de ambos productos.

5. La persistencia en los depósitos de Alsystin y Dimilin en los suelos analizados es baja, llegando después de 90 días de su

aplicación a contenidos prácticamente no detectables.

6. No se han encontrado residuos detectables de ninguno de los compuestos en las capas de suelo inferiores a los 5 cm. de profundidad, por lo que para este tipo de suelos no hay lixiviación aparente de estos productos por agua de lluvia.

7. Para completar y evaluar exhaustivamente el posible impacto ecológico de estos productos, habría de completarse este trabajo con estudios sobre sus metabolitos y sobre la fauna del suelo.

ABSTRACT

ROBredo, F.; J. M. LLORENS, J. M. VIVES, C. GONZÁLEZ, J. M. GRASES, E. MONTEAGUDO, M. GAMÓN, P. BUISMAN y C. BACHLECHNER (1989): Degradación del diflubenzurón y triflumurón en dos tipos de suelos forestales representativos del área Mediterránea. *Bol. San. Veg. Plagas*, 15 (4): 323-331.

The residues and behaviour of diflubenzuron and triflumuron in two different mediterranean soils are studied in this paper. These soils belong to two Aleppo pine forests treated against the pine processionary caterpillar by the ULV technique in Benidorm (Alicante) and Sabadell (Barcelona). Aerial applications were performed in October and November.

Samples of the soils were taken from the layers 0-5 cm. and 5-20 cm. These samples were analyzed at four different laboratories by the HPLC method with similar results.

Two hours after the treatments the amounts of active ingredients found in the soils were those expected to be according to the dosages applied.

Neither the soil type and characteristics, nor the climatic conditions after the application and during the sampling have had much influence on the rate of degradation of both insecticides.

The degradation curves show a steep negative gradient at the beginning of the trials and the active ingredients are degraded on the average to their half lives during the first 30 days.

No residues were detected in any case from the 5-20 cm. layer. These results indicate that no leaching occurred by rain water.

Key words: Diflubenzuron, triflumuron, forest soils, degradation, mediterranean.

REFERENCIAS

- NIMMO, W. B.; P. C. de WILDE and A. VERLOOP (1984 a): The degradation of diflubenzuron and its chief metabolites in soil. Hydrolytic cleavage of diflubenzuron. *Pesticide Science*, 15.
- NIMMO, W. B.; M. J. GUISWIJT and A. G. M. WILLEMS (1984 b): Environmental aspects of DIMILIN application in forestry. Proceedings of the Dimilin Forestry Seminar, Amsterdam, 51-66.
- OBRIST, J. J. and J. S. THORNTON (1982): Soil thin layer mobility of BAY FCR 1272, BAY SIR 8514 and BAY SSH 0860. Report of the Agricultural Chemicals Division. Mobay Chemical Corporation.
- SCHAEFER, C. H. and E. F. DUPRAS (1977): Residues of diflubenzuron in pasture soil, vegetation and water following aerial applications. *J. Agric. Food Chem.* 25: 1026-1030.
- WHITFIELD, S. L. and V. E. CLAY (1983): Degradation of ¹⁴C-ALSYSTIN™ on soil. Report of the Agricultural Chemicals Division. Mobay Chemical Corporation.