

Cuadernos I. Geográfica	14	1-2	17-22	Logroño	1988
-------------------------	----	-----	-------	---------	------

# RELACION ENTRE LAS CARACTERISTICAS PLUVIOMETRICAS Y LOS NIVELES DE RESIDUOS DE INSECTICIDAS ORGANOCOLORADOS EN UN CURSO FLUVIAL

Angel Puerto Martín\*  
José A. García Rodríguez\*  
Alberto Saldaña Moral\*

## RESUMEN

*En cuatro períodos bien definidos se han investigado las concentraciones de residuos de insecticidas organoclorados en las aguas del río Almar (Salamanca). Dichos períodos coinciden con una época de sequía, lluvias débiles después de la sequía, lluvias fuertes después de la sequía y lluvias prolongadas. Se aprecia que la solubilización y arrastre a partir de la cuenca son muy pequeños durante la sequía, aumentan en la fase de lluvias prolongadas, siguen elevándose durante las lluvias débiles después de una época seca y alcanzan el máximo con lluvias fuertes en las mismas condiciones. Entre los insecticidas organoclorados sobresale siempre el lindano, que en realidad es el único permitido actualmente por la legislación española.*

## SUMMARY

*The concentrations of organochlorine insecticide residues was investigated during four well defined periods in samples of water from the River Almar (province of Salamanca, Spain). These periods coincides with a phase of drought, gentle rain after the drought, strong rains after the drought and heavy rains. It is seen that solubilization and drag from de basin are very small during the dry phase, increase during the phase of heavy rains, continue to rise during the gentle post-drought phase and reach a maximum during the strong rains post-drought. Among the organochlorine pesticides, lindane was always outstanding in its behaviour; this is noteworthy in that it is the only pesticide whose use is permitted by Spanish legislation.*

\* Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Salamanca. 37008 Salamanca.

Aunque la contaminación ambiental es uno de los temas actuales más preocupantes, se ha estudiado con relativa poca frecuencia el papel que los distintos factores climáticos desempeñan sobre productos de empleo común como son los pesticidas. En esta línea se sitúa nuestro trabajo, que pretende esclarecer cómo influyen las precipitaciones sobre la cantidad de insecticidas organoclorados (I.O) que transporta el agua de un río.

Los I.O. pueden llegar a las corrientes fluviales mediante dos vías principales: arrastrados de la atmósfera por el agua de lluvia o lavados de la superficie del terreno. La llegada a la atmósfera de los insecticidas se produce durante su aplicación, y depende del tamaño de las partículas del pesticida y de las condiciones meteorológicas reinantes (GLOTFELTY and CARO, 1975). Las pérdidas pueden alcanzar un 50% (WESTLAKE and GUNTHER, 1966) e incluso ser mayores (GROVER *et al.*, 1973). El tiempo de permanencia en la atmósfera de estos residuos y las transformaciones que pueden sufrir (por ejemplo, las fotoquímicas) han sido referidas por numerosos autores (WEST, 1964; GALLEY, 1971; WOODWELL *et al.*, 1971; POOLER, 1972; ONUSKA and COMBA, 1975a y 1975b, GOTHE, 1977; GUARDINO *et al.*, 1979; etc.).

Los pesticidas abandonan la atmósfera bien por deposición seca o deplección de las partículas, siguiendo la ley de Stokes, o bien mediante la lluvia o la nieve. En particular, los insecticidas que están en la atmósfera bajo la forma de nebulizado o de polvo pueden servir como núcleos de condensación de gotas de agua; la lluvia puede actuar también solubilizando los residuos que se hallan en forma de vapor molecular (GLOTFELTY and CARO, 1975).

En cuanto al arrastre o solubilización de los insecticidas a partir del suelo, puede realizarse como tal (CANONNE and MAMARBACHI, 1975) o simultáneo al transporte de las partículas del suelo a las que aquellos pudieran encontrarse adheridos (NICHOLSON and HILL, 1970).

Dado que las aguas de este doble origen llegan a formar parte del caudal de los ríos, actúan transportando residuos de insecticidas, que en el caso de los organoclorados tienen la gravedad de su acumulación progresiva en las cadenas tróficas. Conviene recordar que la peligrosidad de los I.O. ha sido repetidamente probada, y la Orden Ministerial de 4 de Diciembre de 1975 los regulaba, prohibiendo la comercialización, venta y utilización de todos aquellos en pulverización o espolvoreo (es decir, no quedan incluidos los granulados ni los cebos esparcibles); queda libre de empleo el lindano (isómero  $\gamma$  del HCH) y bajo autorización y control del Servicio de Defensa contra Plagas el HCH (otros isómeros distintos del  $\gamma$ ) y el DDT. No obstante, la persistencia en el medio u omisión de la Orden motivan a veces la presencia en las aguas de otros compuestos, por lo que examinaremos algunos más de los permitidos.

## 1. MATERIAL Y METODOS

El río objeto de estudio ha sido el Almar, afluente del Tormes por su margen derecha, en el que desemboca entre Alba de Tormes y Salamanca capital. Dicho río, situado al noreste de la provincia de Salamanca, fue elegido en base a la diversidad de suelos que recorre (cambisoles dístico, eútrico, crómico y cálcico; luvisoles órtico y crómico; arenosol cámbico) y, en consecuencia, a los usos muy distintos de su cuenca (cultivos de regadío y secano; pastos, pastos adehesados y monte bajo).

El muestreo se ha realizado en la desembocadura, en cuatro fechas alejadas de la aplicación de insecticidas, pero que coincidieran con los siguientes caracteres:

- Sequía continuada.
- Inicio de un período de lluvias débiles después de una larga sequía.
- Inicio de un período de lluvias fuertes después de una larga sequía.
- Período continuado de lluvias, fuertes o débiles, en fase avanzada.

Estas características pudieron comprobarse visualmente, pero han sido corroboradas más tarde mediante los datos recogidos en la cercana estación meteorológica del aeropuerto de Matacán.

En cada fecha de muestreo se tomaron 50 muestras de agua (200 en total) del curso medio y a 0,5 m. de profundidad. Fueron preparadas siguiendo la metodología descrita por SNEGAROFF et JAMET (1976). El análisis ha sido efectuado en un cromatógrafo de gases equipado con detector de captura electrónica  $Ni^{63}$  e integrador. La columna utilizada corresponde al tipo OV17-QF1 al 1,5 y 1,95% respectivamente sobre Chromosorb WAW DMCS 100-120 mallas.

La identificación y cuantificación de los picos obtenidos se efectúa con la técnica de standart externo mediante un patrón integrado por lo siguientes insecticidas: del grupo de los Hexaclorociclohexanos los isómeros  $\alpha$  y  $\beta$  del HCH, que se consideran conjuntamente, y el lindano (isómero  $\gamma$  del HCH); de los Ciclodienos, el heptano, aldrín y dieldrín y de los Diclorodifeniletanos el pp'DDE, pp'TDE y pp'DDT.

## 2. RESULTADOS Y DISCUSION

En la figura 1, expresados en  $pp10^9$ , se recogen la mayoría de los datos y resultados definitivos obtenidos. En la gráfica central se representan los valores medios para las cuatro épocas, pudiéndose apreciar la no existencia en el agua de heptano, aldrín y pp'DDE, cuya frecuencia de aparición, respecto al total de las muestras, es de cero. El mayor valor se relaciona con el lindano, que alcanza cotas medias de 0,261 y una frecuencia de aparición del 100%. A distancia mayor le siguen  $\alpha + \beta$  HCH (frecuencia 28%), pp'TDE (frecuencia 20%), dieldrín (frecuencia 15%) y pp'DDT (frecuencia 8%). Por grupos, los Hexaclorociclohexanos tienen una frecuencia del 100%, los Diclorodifeniletanos del 23% y los Ciclodienos del 15%.

Estos resultados eran de esperar si pensamos en la prohibición de estos dos últimos grupos en nuestro país, y están, por otra parte, de acuerdo con estimaciones obtenidas en otros casos, en particular con los trabajos de GONZALEZ *et al.*, 1977, 1979, LOPEZ FERNANDEZ *et al.*, 1979, 1980 y LOPEZ FERNANDEZ, 1980a, 1980b, 1981. Los bajos niveles encontrados de estos insecticidas representan, posiblemente, cantidades residuales que no proceden de tratamientos recientes en la zona, aunque lleguen a tener una relación apreciable con la pluviometría, a pesar incluso de los muchos factores que pueden interactuar. Aunque el lindano sea prioritario, seguido del  $\alpha - \beta$  HCH, es decir, aunque domine el grupo de los Hexaclorociclohexanos, no pueden olvidarse estos compuestos minoritarios, de larga permanencia en el medio a juzgar por los hechos.

La barra negra situada a la derecha de la gráfica indica el valor total de contaminación del agua del río Almar por I.O., teniendo en cuenta las cuatro circunstancias que se consideran en el muestreo.

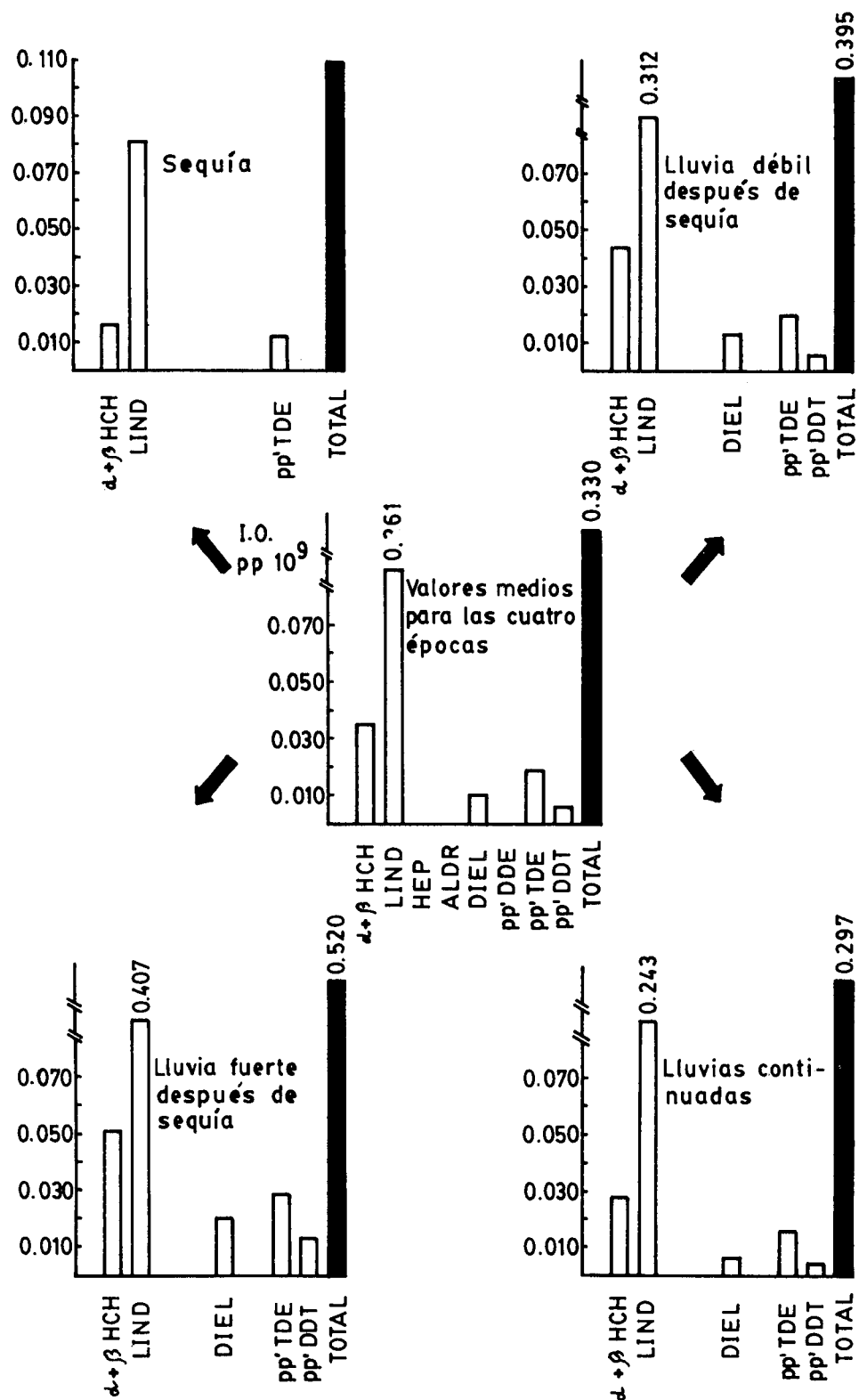


Fig. 1. Insecticidas organoclorados. En la gráfica central se recogen los valores medios para las cuatro circunstancias mencionadas en el texto. Dichas circunstancias o aspectos característicos entre precipitación e I.O. ocupan las esquinas de la gráfica, estando sus peculiaridades lo suficientemente bien indicadas.

Pasando a las mismas, comenzaremos con las concentraciones medidas en una prolongada sequía. Llama la atención, en primer lugar, la presencia de tan sólo tres I.O. en el agua, ya que el dieldrín y el pp'DDT no están presentes. En segundo lugar, las cifras de concentración que se obtienen son considerablemente bajas, sobresaliendo aquí, como en los tres casos restantes, el lindano, pero tan sólo con 0,081 pp10<sup>9</sup>. Si se producen lluvias débiles después de la sequía, ya son arrastrados dieldrín y pp'DDT, aunque en cantidades mínimas. Los niveles son considerablemente más elevados que en el caso anterior, con 0,312 pp10<sup>9</sup> de lindano y un total de 0,395 de I.O. Cuando lluvias fuertes suceden a una época seca se alcanzan los valores máximos encontrados para todos los I.O. y, por supuesto, en el total. Sigue destacando el lindano con 0,740 pp10<sup>9</sup>. Sin embargo, después de un período de lluvias continuadas, las cotas de concentración permanecen relativamente bajas, aunque siempre superiores a las de la sequía prolongada; posiblemente se trata de un efecto de dilución ante el aumento de caudal, también dependiente del arrastre anterior continuado.

En definitiva, la cantidad de I.O. en las aguas del río Almar son crecientes en el orden: sequía, lluvias continuadas, lluvia débil después de un período de sequía y lluvia fuerte después de un período de sequía. Relaciones directas con la pluviometría han sido encontradas también por otros autores. Resulta curioso comprobar como al contrario de lo que podría esperarse la mayor contaminación no se produce en los meses estivales, sino con las primeras precipitaciones del otoño, manteniéndose en las épocas lluviosas valores de tipo medio.

El lindano, en realidad el único I.O. permitido, se deja notar en todos los casos como el más destacado, contribuyendo de forma tangible a los máximos obtenidos. Campañas autorizadas pueden haber colocado en un plano de cierto relieve a otros insecticidas, mientras que el resto es de esperar que acabe por desaparecer, como ya ha ocurrido con heptacloro, aldrín y pp'DDE. Con todo, los niveles de concentración pueden calificarse de bajos o de muy bajos, excepto para el lindano, por lo que en realidad poca influencia pueden tener en el medio y en los acúmulos consiguientes a lo largo de los distintos eslabones tróficos, a pesar de que se esté analizando un medio básico y originario en las cadenas alimentarias como es el agua.

## BIBLIOGRAFIA

- CANONNE, P. and MAMARBACHI, G., 1975. Résidus des insecticides organochlorés dans les sédiments du haut estuaire du fleuve St. Laurent. *Bull Environ. Contam. Toxicol.* 14 (1): 83-87.
- GALLEY, R.A.E., 1971. The contribution of pesticides used in public health programmes to the pollution of the environment. I. General and DDT. *Documento WHO/UBC/21.32.6*. Ginebra. O.M.S.
- GLOTFELTY, D.E. and CARO, J.H., 1975. Introduction, transport and fate of persistent pesticides in the atmosphere. Removal of trace contaminants from the air. *A.C.S. Symposium Series* 17: 42-62.
- GONZÁLEZ RODRÍGUEZ-CÓRDOBA, J.M., MERINO, E., LÓPEZ FERNÁNDEZ, A. e INFANTE, F., 1977. Aportación al conocimiento de los niveles de contaminación por plaguici-

- das organoclorados en pastizales de la provincia de Córdoba. *Rev. Pastos* 2 (7): 247-254.
- GONZÁLEZ RODRÍGUEZ-CÓRDOBA, J.M., LÓPEZ FERNÁNDEZ, A., FERNÁNDEZ HAEGER, J. e INFANTE, F., 1979. Influencia del calor sobre los residuos accidentales de insecticidas organoclorados en el níscolo (*Lactarius deliciosus* L.). *Revista de Sanidad e Higiene Pública*. Julio-Agosto; 1-16.
- GOTHE, R., 1977. Studies on vinyl chloride and DDT two chlorinated hydrocarbons of industrial and environmental significance. *Chem. Commun.* n.º 9. University of Stockholm. Sweden.
- GROVER, R., MAYBANK, J., YOSHIDA, K. and PLIMMER, J.R., 1973. 66th. Ann. Mtg. Air Pollution Contr. Assoc. Chicago I (11).
- GUARDINO, X., BARTUAL, J. y BERENGUER, M.J., 1979. Determinación de pesticidas en aire. Captación en un absorbente sólido y análisis por cromatografía de gases utilizando detectores específicos. *Afinidad* XXXVI (359): 9-14.
- LÓPEZ FERNÁNDEZ, A., 1980a. Impacto de los insecticidas organoclorados sobre el cangrejo rojo, *Procambarus clarkii*, de las marismas del Guadalquivir. *Jornadas sobre el cangrejo rojo de las marismas*. Sevilla.
- LÓPEZ FERNÁNDEZ, A., 1980b. Contaminación por residuos de insecticidas organoclorados en el cangrejo de río, *Austropotamobius pallipes* Lereboullet, del sureste de la provincia de Córdoba. *Trabajos científicos de la Universidad de Córdoba*.
- LÓPEZ FERNÁNDEZ, A., 1981. Relación entre la pluviometría y los niveles mensuales de residuos de insecticidas organoclorados del agua en un curso fluvial. *Avances sobre la Investigación en Bioclimatología*: 431-439.
- LÓPEZ FERNÁNDEZ, A., GONZÁLEZ RODRÍGUEZ-CÓRDOBA, J.M., FERNÁNDEZ HAEGER, J. e INFANTE, F., 1979. Contaminación por insecticidas organoclorados en el cangrejo rojo americano de río, *Procambarus clarkii* Girard, de las marismas del Guadalquivir. *Higya Pecoris*.
- LÓPEZ FERNÁNDEZ, A., GONZÁLEZ RODRÍGUEZ-CÓRDOBA, J.M., GONZÁLEZ ESTÉVEZ, M. A. e INFANTE, F., 1980. Residuos de insecticidas organoclorados en los sedimentos de la cuenca hidrográfica del Guadalquivir en la provincia de Córdoba. *Boletín de la Estación Central de Ecología*.
- NICHOLSON, H. P. and HILL, D. W., 1970. *Proc. Cornell University Conf. on Waste Management*. Rochester, N.Y.
- ONUSKA, F.I. and COMBA, M. E., 1975a. Isolation and characterization of some metho-naphthalene photoproducts. *Biomed. Mass. Spectrometry* 2: 169-175.
- ONUSKA, F.I. and COMBA, M. E., 1975b. Isolation and characterization of some metha-noindene photoproducts. *Biomed. Mass. Spectrometry* 2: 176-182.
- POOLER, F., 1972. Atmospheric transport and dispersion of pesticides. *COM-72-10454, Nat. Tech. Inform. Serv. U.S. Dept. Commerce*.
- SNEGAROFF, J. et JAMET, P., 1976. Résidus de pesticides dans les eaux de drainage de cases lysimétriques. *Phytat. Phytopharm.* 25: 223-244.
- WEST, I., 1964. Pesticides as contaminants. *Arch. Environ. Health* 9: 626.
- WESTLAKE, W. E. and GUNTHER, F. A., 1966. Citado por GLOTFELTY and CARO, 1975.
- WOODWELL, G. M., CRAIG, P.P. and JOHNSON, H. A., 1971. Citado por GLOTFELTY and CARO, 1975.