

MODIFICACIONES DE LAS RELACIONES TRÓFICAS EN MARISMAS TRAS LA APLICACIÓN DE INSECTICIDAS.

X. Quintana¹, F. A. Comín².

¹ Institut d'Ecologia Aquàtica, Universitat de Girona; Servei de Control de Mosquits de la Badia de Roses i del Baix Ter. C/ Hospital, 6. 17071 Girona.

² Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona. Av. Diagonal, 645. 08028 Barcelona.

Palabras clave: relaciones tróficas, culicidos, Temephos, *Bacillus thuringiensis*.

ABSTRACT

Changes in the biological community are described after treatment with pesticides applied against *Aedes* sp in the salt marsh "Aiguamolls de l'Empordà". Two insecticides are used, an organophosphorate (Temephos) and a bacterial endotoxin (*Bacillus thuringiensis* H14). Effects on phytoplankton and the most common invertebrates are compared. Non target organisms response differently to each insecticide. It has been observed that changes caused by the direct insecticides action are obvious only immediately after treatment, but the resultant specific composition depends specially on interspecific relations and biology of the involved species.

INTRODUCCIÓN

El uso de insecticidas para controlar las poblaciones de culicidos en las zonas húmedas se ha generalizado en los últimos años. La expansión turística que ha colonizado o se ha situado cerca de las zonas húmedas expone a poblaciones humanas muy densas a las picaduras de mosquitos. Para evitar esta molestias se utilizan diversos insecticidas que reducen las poblaciones de culicidos. Con el fin de obtener la máxima eficacia es importante utilizarlos en el espacio y tiempo precisos. El tratamiento ideal es el que está dirigido contra los culicidos durante su desarrollo larvario en sus puntos de cría, las aguas estancadas. Numerosos estudios han comprobado la relación entre las dosis de insecticidas aplicados en estas aguas y la disminución de las poblaciones de culicidos (WHO, 1979 y 1987; Purceli, 1981; Gharib & Hilsenhoff, 1988; Laird & Miles, 1983).

Por el hecho de realizar los tratamientos en ambientes naturales, toda la comunidad biológica se expone directa o indirectamente a sus efectos. Se han realizado numerosos estudios con el fin de averiguar el efecto de los diferentes insecticidas sobre las especies acompañantes de los culicidos (Mulla et al., 1979; Campbell & Denno, 1976; Forgash, 1976; Houston et al., 1989; Lebrun & Vlayen, 1981; Ali, 1981), pero son muy escasos los estudios sobre los efectos de estos productos sobre toda la comunidad biológica y las modificaciones que causan en las relaciones interespecíficas (Hurlbert, 1975).

La aplicación de estos insecticidas antilarvarios para el control de los culicidos en un parque natural, en este caso los "Aiguamolls de l'Empordà" (Girona), obliga a conocer cual es el efecto que producen sobre los demás organismos acuáticos, y que consecuencias ecológicas puede tener su utilización.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo consiste en trasladar sedimento rico en huevos de culicidos (*Aedes* sp) a un depósito artificial situado en el laboratorio al aire libre e inundarlo para provocar el desarrollo de las poblaciones biológicas. Posteriormente cada compartimento se puede tratar con diferentes dosis de insecticidas para poder comparar su efecto sobre la comunidad. El sedimento utilizado procedía de la marisma litoral del "Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà", de elevada salinidad edáfica por su proximidad al mar y con vegetación típicamente halófila, dominada por las salicornias especialmente *Arthrocnemum fruticosum* (Folch, 1981).

Para la realización de los ensayos se utilizó un depósito artificial construido de cemento y tabicado en compartimentos de igual área (95x85 cm), sin comunicación entre ellos. El fondo de cada compartimento se llenó con una capa de sedimento seco de 10 cm de profundidad extraído de las zonas habituales de cría de larvas del género *Aedes* y se colocó en el interior de los compartimentos utilizando cajas abiertas de madera de 49x28 cm para facilitar la manipulación sin dañar el sedimento y manteniendo su orientación vertical. El sedimento se extrajo siempre del mismo nivel de vegetación, para conseguir la máxima homogeneidad entre compartimentos.

El nivel de vegetación escogido es el ocupado casi exclusivamente por *Artrocnemum fruticosum* (recubrimiento del 80%), en el cual se encuentra la máxima densidad de huevos del género *Aedes* (Gabinaud, 1975).

Una vez colocado el sedimento se llenaron los compartimentos deslizando el agua suavemente sin provocar perturbaciones hasta conseguir el nivel deseado (unos 30 cm). El agua de inundación era una mezcla de agua dulce procedente de acequias de riego y agua de mar, cuya proporción se puede variar hasta conseguir la conductividad deseada.

A las pocas horas de la inundación (día 0; 09/07/90) aparecían las larvas de *Aedes* recién eclosionadas. El primer muestreo se tomó a los dos días de la inundación (con las larvas de *Aedes* en estadio 2) sin haber realizado ningún tipo de tratamiento. Los insecticidas se aplicaron a los tres días de la inundación (larvas de *Aedes* en estadio 3). Para cada producto y dosis de aplicación se escogieron dos compartimentos elegidos al azar. Los productos y dosis utilizados se resumen a continuación:

Compartimentos	Producto	Dosis
Testigo	-	-
B250	<i>B.thuringiensis</i> H14	250 g i.a./ha
B1250	<i>B.thuringiensis</i> H14	1250 g i.a./ha
A 75	Temephos	75 cc i.a./ha
A375	Temephos	375 cc i.a./ha

Los productos comerciales utilizados son Vectobac y Abate 500E (marcas registradas). *Bacillus thuringiensis* H14 (de Barjac, 1981) es una bacteria esporulada que durante la formación de la espora produce una endotoxina, cristal proteico tóxico para las larvas de culicidos. Temephos es un insecticida organofosforado, de fórmula empírica O,O,O',O' -tetrametil- O,O' -tiodi-p-fenileno bis (fosforotioato).

Se tomaron muestras antes del tratamiento (día 2 de la inundación), a las 24 horas del tratamiento (día 4) y posteriormente a las 48 horas (día 5) y a los 4,7 y 14 días del tratamiento (días 7, 10 y 17 respectivamente). Se recogieron muestras de agua libre del centro de cada depósito mediante una bomba aspirante, hundida unos 10 cm de la superficie. El volumen aspirado se filtró con red de 50 μ m para el recuento de pequeños invertebrados. También se recogió una muestra directa para el recuento del fitoplancton y de los ciliados al microscopio invertido. Finalmente, para el examen de los macroinvertebrados, especialmente de los culicidos, se tomaron muestras de la superficie del agua en dos esquinas del depósito con un recipiente de 22x14x5 cm, separadas diagonalmente para evitar el efecto de la deriva de las larvas debido al viento. La medición de la temperatura y de la conductividad se realizó in situ con un conductímetro INSTRAN 10.

Los valores de biomasa se estimaron a partir de la longitud media de los individuos de cada especie. Para los rotíferos se calcula primero el volumen medio y se convierte este biovolumen (V) en peso seco (W) según la fórmula siguiente (McCauley, 1984);

$$W=0.1xV$$

Para los crustaceos y los insectos la conversión se realiza utilizando la siguiente fórmula de regresión (McCauley, 1984; Smock, 1980):

$$\ln(W)=a+bx\ln(L)$$

Donde $\ln(W)$ es el logaritmo neperiano del peso seco y $\ln(L)$ es el logaritmo neperiano de la longitud media de cada especie. Los valores de a y b varían según las especies. Se han utilizado las fórmulas calculadas por los autores citados para las especies más afines, tanto en la forma como en el rango de medidas, a las que aparecen en esta prueba. En algunos casos la fórmula de regresión se ha obtenido experimentalmente (Quintana, datos inéditos).

RESULTADOS

Como era de esperar los culicidos son el grupo que presenta mayor biomasa de todos los que aparecen en esta prueba (fig. 1). Los primeros días aparece una generación de *Aedes caspius* que emerge a los 8 o 10 días de la inundación. Tiene un crecimiento exponencial y la concentración máxima se da a los 7 días (42.75 mg/muestra en el testigo). La sustituyen sucesivas generaciones de *Culex pipiens* y, menos abundantes de *Culiseta longioaerolata*.

Inmediatamente después del tratamiento se observa una disminución muy acusada de las poblaciones de culicidos en todos los depósitos tratados, independientemente del insecticida y de la dosis utilizada, reducciones siempre superiores al 94% de la biomasa anterior al tratamiento. Ningún *Aedes caspius* llegó a ninfa en ninguno de los depósitos tratados y la presencia de culicidos los primeros días después del tratamiento quedó limitada a algunas larvas de *Culex pipiens* acabadas de eclosionar. La recuperación de los culicidos en los depósitos tratados es más lenta en los depósitos Temephos que en los *Bacillus thuringiensis* y también es más lenta para los dos productos cuanto mayor es la dosis.

La especie predominante de los efíridos es *Ephidra macellaria*. La concentración de los efíridos (fig. 1) es muy inferior a la de los culicidos, prácticamente no aparecen en los depósitos Temephos y tampoco en los Testigo. Por el contrario, son más abundantes en los depósitos *Bacillus thuringiensis*, donde aumentan paulatinamente a lo largo de la prueba hasta llegar a los máximos los últimos días (1.46 mg/muestra a los 17 días en los depósitos de baja dosis).

La biomasa de quironómidos en los depósitos Temephos es más alta que en los otros depósitos (máximo de 1.80 mg/muestra a los 10 días, a dosis alta; a dosis baja, los máximos se dan el mismo día). Prácticamente no aparecen en los depósitos *Bacillus thuringiensis* y son muy escasos en los Testigo. En ambos casos los máximos se dan más tarde, a los 17 días. Los individuos capturados pertenecían al género *Chironomus*.

Ceratopogónidos (máximos de 1.19 mg/muestra a los 17 días en Testigo) y efemerópteros máximo de 0.27 mg/muestra a los 10 días en *Bacillus thuringiensis* de alta dosis), aunque escasos, son más abundantes en los depósitos Testigo y *Bacillus thuringiensis* y no aparecen en los depósitos Temephos. Ocasionalmente, aparecen ejemplares de dolicopódidos, coleópteros o heterópteros, pero en muy baja concentración como para observar diferencias entre tratamientos.

Los copépodos (fig. 1) están representados casi exclusivamente por el ciclopoide *Acanthocyclops robustus*. También aparecen en menor concentración dos especies de harpacticoides (*Nitocra spinipes* y *Mesochra lilljeborgi*). La densidad de ciclopoideos en los depósitos Testigo es muy baja (máximo de 1.1 µg/l a los 10 días de la inundación). En los depósitos Temephos, la densidad es todavía menor. Por el contrario, en los depósitos *Bacillus thuringiensis* aumentan considerablemente, especialmente en los de baja dosis (hasta 20.59 µg/l a los 17 días).

Los rotíferos (fig. 1) son los que presentan mayor número de especies en la prueba, la mayoría del género *Brachionus* (*B. plicatilis*, *B. calyciflorus*, *B. urceolaris*, *B. quadridentatus* y *B. angularis*, por orden de abundancia). También abunda *Synchaeta sp.* y son más escasos *Testudinella clypeata*, *T. patina*, *Colurella sp.* y *Trichocerca sp.* La biomasa de rotíferos es muy superior en los depósitos Temephos, especialmente en los de alta dosis (338 µg/l y 6.8 µg/l a los 17 días en los depósitos de alta y baja dosis respectivamente). En los depósitos *Bacillus thuringiensis* las medias son ligeramente inferiores a los Testigo, pero las diferencias no son significativas. Los máximos en estos dos casos se dan a los 10 días de la inundación.

Los ciliados (fig. 1) son muy escasos en los depósitos Testigo. Por el contrario en los depósitos tratados, aumentan después del tratamiento, para disminuir posteriormente hasta valores semejantes a los encontrados en los Testigo. El aumento es mucho más acusado en *Bacillus thuringiensis* y los máximos se dan prácticamente en todos los casos a los 7 días de la inundación (6.76×10^6 µm³/l a los 7 días en los depósitos *Bacillus thuringiensis* de baja dosis).

La concentración de fitoplancton (fig. 2) en los depósitos Testigo aumenta paulatinamente pero de forma muy lenta. En los depósitos tratados se observan aumentos más acusados inmediatamente después del tratamiento (máximos a los 7 días de la inundación, excepto en Temephos alta dosis, con máximo a los 10 días). Los aumentos son más evidentes en los depósitos Temephos (43.37×10^6 µm³/l a los 7 días en Temephos baja dosis). También se observan diferencias en la distribución de medidas: En los depósitos Temephos son especialmente abundantes las algas de tamaño comprendido entre 6 y 10 µm, en los depósitos *Bacillus thuringiensis* hay un mayor porcentaje de algas de tamaño superior a las 20 µm y en los Testigo son más numerosas las algas menores de 6 µm.

La conductividad osciló durante toda la prueba entre 6.15 y 10.32 mS/cm y la temperatura

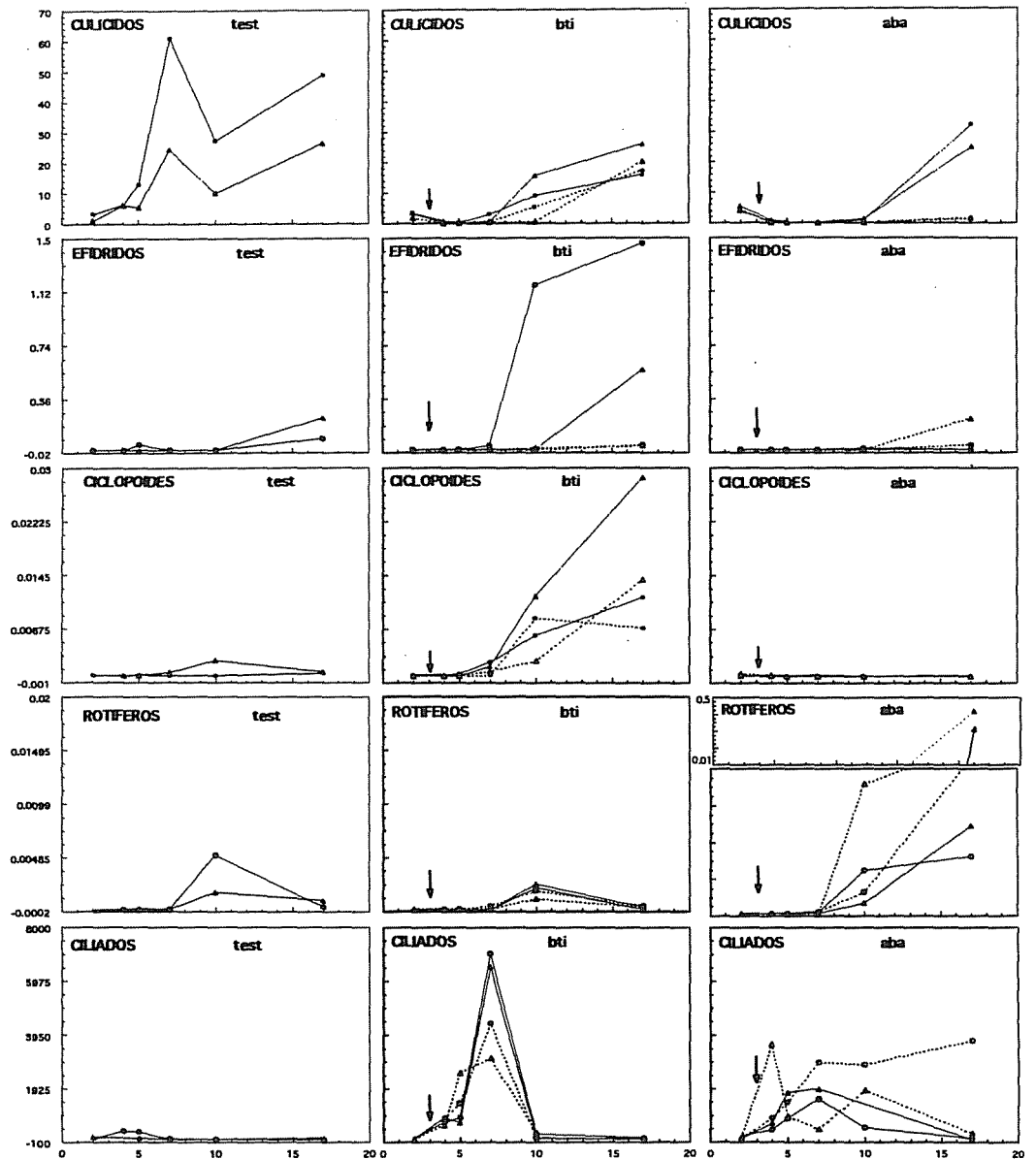


Figura 1: Variación a lo largo de la prueba de la biomasa de los grupos taxonómicos más representativos. Unidades en mg peso seco/muestra en culicidos y efíridos; mg peso seco /l en ciclopóidos y rotíferos; $\mu\text{m}^3 \times 10^3/\text{l}$ en ciliados. En abscisas, días después de la inundación. Test, bti y aba, depósitos Testigo, *Bacillus thuringiensis* y Temephos respectivamente. Línea continua, depósitos de baja dosis; línea discontinua, depósitos de alta dosis. La flecha indica el día del tratamiento.

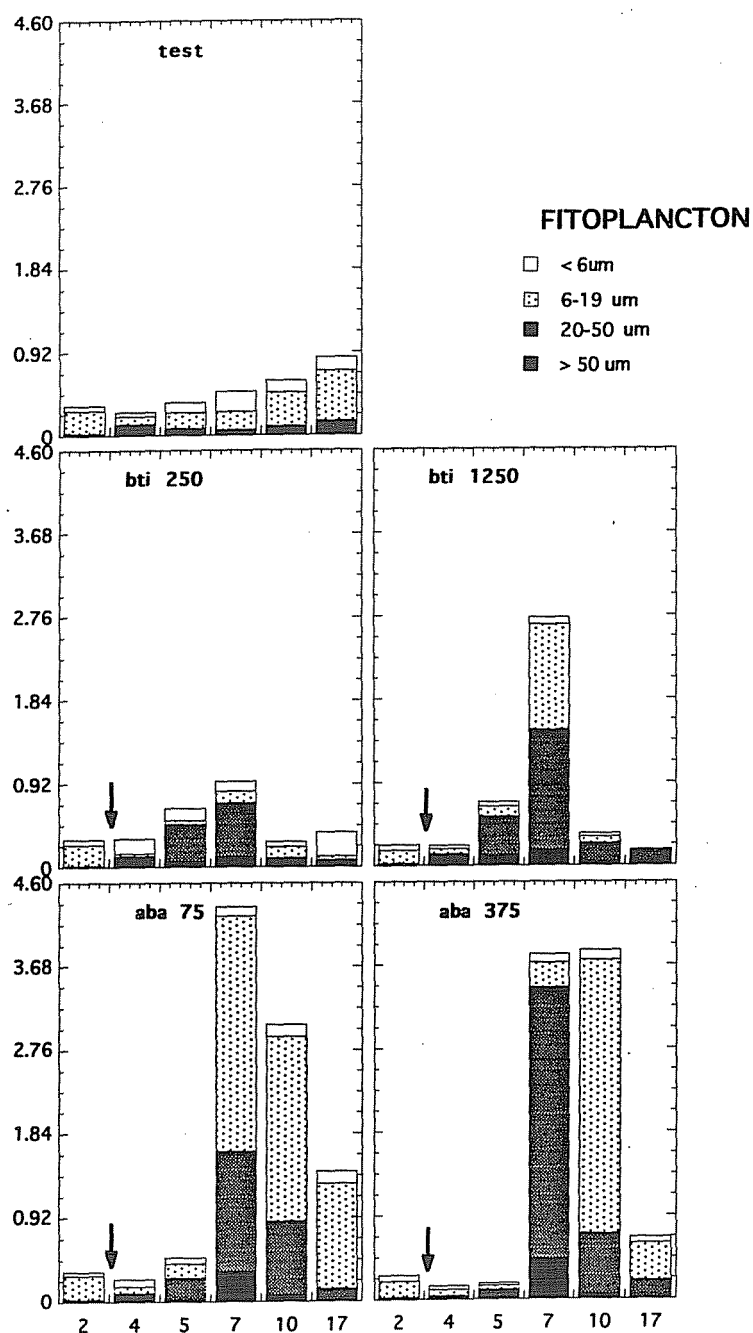


Figura 2: Variación a lo largo de la prueba de la concentración media de las diferentes clases de tamaño del fitoplancton en $\mu\text{m}^3 \times 10^7 / \text{l}$. Test, bti y aba, depósitos Testigo, *Bacillus thuringiensis* y Temephos respectivamente; el número indica la dosis de aplicación. La flecha indica el día del tratamiento. En abscisas, días después de la inundación.

entre 21.9 y 27.3 °C. sin diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

DISCUSIÓN

En las condiciones de la prueba, la densidad de la población de culicidos determina la de los otros organismos acuáticos, a los que pueden llegar a excluir, bien por competencia (otros insectos, crustáceos) bien por predación (ciliados, fitoplancton). Por el hecho de que el sedimento es especialmente rico en huevos de culicidos (Gabinaud, 1975) la exclusión de los otros organismos es prácticamente total. Los demás organismos no empiezan a aparecer hasta que la generación única de *Aedes sp* pasa de larva a ninfa o, en los depósitos tratados, tras la muerte de la población larvaria debida a la aplicación de los insecticidas.

En este tipo de aguas, el control de la comunidad viene dado por los organismos de niveles tróficos superiores y es en este nivel donde se encuentra la mayor significación de las diferencias entre tratamientos, donde se encuentran las especies a controlar (culicidos) y la mayoría de las especies sensibles (otros dípteros). Se trata de aguas muy ricas en nutrientes y en materia orgánica, en las que la limitación al crecimiento de una población viene dada por la presión ejercida por los organismos de los niveles tróficos superiores sobre los de niveles inferiores (top down) o por la intensidad de las interacciones con otros competidores, más que por la falta de alimento (McQueen et al., 1986).

Se produce una sola generación de larvas de *Aedes* que tiene un crecimiento exponencial. La población de *Aedes* disminuye drásticamente en los Testigo después de la emergencia de la primera generación. Los resultados confirman la eficacia de los dos insecticidas, a las dosis aplicadas, para el control de los culicidos, hecho constatado en numerosos trabajos, resumidos en WHO (1979, 1987).

La disminución de culicidos en los depósitos tratados se va compensando a lo largo de los días que dura la prueba, coincidiendo con la degradación de los insecticidas y la aparición de nuevas generaciones de *Culex pipiens*, favorecidos por la falta de *Aedes sp* y por el incremento de la población de fitoplancton. Este hecho es más lento en los depósitos Temephos que en los *Bacillus thuringiensis* y se retrasa más cuanto más alta es la dosis de aplicación. La aparición de generaciones sucesivas de *Culex pipiens* durante el experimento está favorecida por los valores bajos de conductividad y el haber realizado la prueba en una zona urbana (Cousserans et Salieres, 1976). Se observa también una clara competencia entre *Culex pipiens* y *Aedes caspius* de manera que la densidad de larvas de *Culex pipiens* es mayor en los depósitos tratados cuando ha desaparecido la actividad del insecticida, que en los Testigo si todavía hay larvas de *Aedes caspius*.

Los efíridos son los insectos más favorecidos por la utilización de *Bacillus thuringiensis*. Sus máximos de abundancia se encuentran en los depósitos *Bacillus thuringiensis*, en los que su concentración es muy superior a la de los depósitos Testigo. Se trata de organismos micrófagos, que con la desaparición de los culicidos pueden aprovechar el incremento de alimento. La falta de efíridos en los depósitos Temephos sugiere que este producto es tóxico para estos organismos.

La presencia de *Chironomus sp.* se debe, como en el caso de *Culex pipiens*, a la proximidad de zonas urbanas y a los niveles de conductividad del agua. Los quironómidos son sensibles a los dos insecticidas, pero a dosis superiores a las de los culicidos (Pont, 1989; Yasuno, 1982). Los quironómidos prácticamente desaparecen de los depósitos tratados con *Bacillus thuringiensis*, debido a que son sensibles a este producto. Una vez se ha degradado el *Bacillus thuringiensis*, se encuentran con poblaciones más establecidas de otras especies no sensibles, especialmente efíridos, o con poblaciones recuperadas de los propios culicidos. En los depósitos Temephos su concentración es superior. Este incremento puede ser debido a una falta de competencia de los culicidos u otros insectos micrófagos, también sensibles al Temephos, pero con menor capacidad de recuperación a las dosis ensayadas (Yasuno et al., 1985). La toxicidad del Temephos contra los quironómidos se hace evidente en el retardo del día de máxima concentración en los depósitos Temephos respecto de los Testigo y en la menor abundancia en los depósitos de alta concentración, contrariamente a lo que cabría esperar si su variación se debiera únicamente a la falta de competencia.

No se conocen efectos letales del *Bacillus thuringiensis* contra los ciclopódidos (Miura et al., 1981), pero el Temephos sí les afecta (Yap et al., 1982; Frank & Sjorgen, 1978) y no se encuentran ciclopódidos en los depósitos tratados con este producto. Con la presencia de los culicidos en los depósitos Testigo el crecimiento de *Acanthocyclops robustus* se encuentra muy limitado, especialmente el de las larvas nauplius. Por el contrario, reaccionan al tratamiento con *Bacillus thuringiensis* con un aumento considerable de su concentración y llegan a ser los organismos más abundantes en número de individuos. La aparición posterior de *Culex pipiens* en estos depósitos tiene menos influencia sobre *A. robustus* que ya presenta un porcentaje superior

de individuos más desarrollados.

La toxicidad del Temephos contra los rotíferos a las dosis aplicadas es prácticamente inexistente y esta resistencia les permite aprovechar el espacio que dejan vacío otras especies filtradoras después del tratamiento (Hurlbert et al., 1970). De esta manera, encontramos incrementos en ocasiones espectaculares del número de individuos. A pesar de ello, incluso después del tratamiento con Temephos sus poblaciones están condicionadas a la presencia de invertebrados de mayor talla. En los depósitos *Bacillus thuringiensis*, la abundancia de ciclopódidos, para los cuales los rotíferos son posibles presas (Hurlbert et al., 1972), no permite el desarrollo de los rotíferos.

A medida que vamos bajando en el nivel trófico se hace cada vez más difícil identificar los efectos debidos a la aplicación de los insecticidas, ya que los organismos están cada vez más influidos por los que ocupan niveles tróficos superiores (Hazanato & Yasuno, 1991). Se ha puesto de manifiesto la disminución de la actividad fotosintética de las algas después del tratamiento con Temephos (Mulla, 1979), pero la recuperación debida a la alta tasa de renovación del fitoplancton es muy superior a la posible reducción debida al efecto directo del insecticida.

Los resultados obtenidos en este ensayo para los dos insecticidas responden al siguiente patrón: un aumento de la concentración de fitoplancton inmediatamente después del tratamiento, gracias a su alta tasa de renovación, antes de que se recuperen los organismos filtradores sensibles o de que aparezcan otras especies no sensibles. La magnitud del aumento del fitoplancton dependerá de la susceptibilidad de los organismos filtradores frente al insecticida utilizado y de su capacidad de recuperación (Hurlbert, 1975). El incremento del fitoplancton suele ir seguido de un incremento del número de ciliados, que disminuyen paulatinamente a medida que aparecen invertebrados de más talla. El crecimiento diferencial observado de los diferentes grupos de tamaño del fitoplancton podría explicarse en función de su tasa de renovación y del tamaño de los filtradores más abundantes en cada compartimento (Yasuno, 1991): culicidos en los depósitos Testigo, ciliados y efíridos en los depósitos *Bacillus thuringiensis*, y quironómidos y rotíferos en los depósitos Temephos.

BIBLIOGRAFIA

- Ali, A., 1981. *Bacillus thuringiensis* serovar. *israeliensis* (ABG-6108) against Chironomids and some nontarget aquatic invertebrates. *J. Inver. Pat.* 38: 264-272.
- Barjac, H. de., 1981. Identification of H-serotypes of *Bacillus thuringiensis*. pp. 35-43. In: H. D. Burges (ed.) *Microbial control of pests and plant diseases* 1970-1980. Academic Press, London and New York, 948 pp.
- Cambel, B. C. and Denno, R. F., 1976. The effect of temephos and chlorpyrifos on the aquatic insect community in a New Jersey salt marsh. *Environ. Entomol.* 5: 477-483.
- Cousserans, J. and Salieres, A., 1976. *Le moustique indicateur de la pression anthropique*. Ent. Int. Dem. Lit. Med. Doc. n° 30. Montpellier.
- Folch, R., 1981. *La vegetació dels Països Catalans*. Institució Catalana d'Història Natural.
- Forgash, A. J., 1976. A summary of studies of the impact of temephos and chlorpyrifos on the salt marsh environment. *Proc. Sixty-Third Ann. Meet. N. J. Mosq. Exterm. Assoc.*, 63: 94-98.
- Frank, A. M. and Sjorgen, R.D., 1978. Effect of temephos and chlorpyrifos on crustacea. *Mosquito News*, 38: 138-139.
- Gabinaud, A., 1975. Ecologie de deux *Aedes* halophiles du littoral méditerranéen français *Aedes* (*Ochlerolatus*) *caspius* (Pallas, 1771) et *Aedes* (*Ochlerolatus*) *detritus* (Haliday 1833). Thèse doctorale.
- Gharib, A. H. and Hilsenhoff, W. L., 1988. Efficacy of two formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *israeliensis* (H-14) against *Aedes vexans* and safety to non-target macroinvertebrates. *J. Am. Mosq. Con. Ass.* 4: 252-255.
- Hazanato, T. and Yasuno, M., 1991. Insights into competition in zooplankton communities derived from studies using experimental ponds. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 24: 1572-1580.
- Houston, J., Dancer, B. N. and Learner, M. A., 1989. Control of sewage filter flies using *Bacillus thuringiensis* var. *israeliensis*. 1. Acute toxicity tests and pilot scale trial. *Wat. Res.* Vol. 23, No 3, pp. 369-378.
- Hurlbert, S. H., 1975. Secondary effects of pesticides on aquatic ecosystems. *Residue Reviews* 58: 81-148.
- Hurlbert, S. H., Mulla, M. S. and Wilson, H. R., 1972. Effects of an organophosphorus insecticide on the phytoplankton, zooplankton and insect populations of fresh-water ponds. *Ecological Monographs*, Vol. 42, No 3: 269-299.
- Hurlbert, S. H., Mulla, M. S., Keith, J. O., Westlake, W. E. and Dusch, M. E., 1970. Biological effects

- and persistence of Dursban in freshwater ponds. J. Econ. Entom. Vol. 63, No. 1. p 43-52.
- Laird, M. and Miles, J., 1983. Integrated mosquito control methodologies. Vol. 1, Experience and components from conventional chemical control. Academic Press.
- Lebrun, P. and Vlayen, P., 1981. Etude de la bioactivité comparée et des effets secondaires de *Bacillus thuringiensis* H14. Zeits. für angew. Entom. 91: 15-25.
- McCauley, E., 1984. The Estimation of Abundance and Biomass of Zooplankton Samples. En: A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters. 228-265. Blackwell Scientific Publications.
- McQueen, D. J., Post, J. R. and Mills, E. L., 1986. trophic relationships in freshwater pelagic ecosystems. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1571-1581.
- Miura, T., Takahashi, R. M. and Mulligan, F. S., 1981. Impact of the use of a candidate bacterial mosquito larvicides on some selected aquatic organisms. Pro. ann. Conf. Calif. Mosq. Cont. Ass. 49:45-48
- Mulla, M. S., Majori, G. and Arata, A. A., 1979. Impact of biological and chemical mosquito control agents on nontarget biota in aquatic ecosystems. Residue Reviews 71: 121-173.
- Pont, D., 1989. Impact prévisible d'une opération de démoustication au bti sur la faune des milieux aquatiques de Haute-Camargue. (P.N.R.C.) Univ. Claude Bernard Lyon.
- Purceli, B. H., 1981. Effects of *Bacillus thuringiensis* var *israeliensis* on *Aedes taeniorhynchus* and some non-target organisms in the salt marsh. Mosquito News 41: 476-484.
- Smock, L. A., 1980. Relationships between body size and biomass of aquatic insects. Freshwater Biology, 10: 375-383.
- WHO, 1979. Data sheet on the biological control agent *Bacillus thuringiensis* serotype H-14 (de Barjac 1978). WHO/VBC/79.750.
- WHO, 1987. Data sheet on the impact of pesticides on non-target organisms. No. 1 Temephos. WHO/VBC/88.955.
- Yap, H.H., Lau, B. L. and Leong, Y.P., 1982. Laboratory and field tests of temephos (Abate) on mosquito larvae and non-target organisms in rice fields in Malaysia. Southeast Asian J. trop. Med. pub. Hlth, 13: 646-653.
- Yasuno, M., 1991. Significance of interactions among organisms in aquatic ecosystems in response to pesticide contamination. In Pesticides in the Future: Toxicological Studies of Risks and Benefits. North Carolina State Univ. North Carolina.
- Yasuno, M., Hasegawa, J., Iwakuma, T., Imamura, N. and Sugaya, Y., 1982. Effects of temephos on chironomid and plankton populations in eel culture ponds. Jap. J. Sanit. Zool. No. 3: 207-212.
- Yasuno, M., Sugaya, Y. and Iwakuma, T., 1985. Effects of insecticides on the benthic community in a model stream. Environmental Pollution (Series A) 38: 31-43.