

## Los pesticidas y los recursos costeros Evenor Martínez Gonzalez\*

*Resumen.*- Los recursos costeros son de gran importancia para los países ribereños. Tanto la pesca como la acuicultura son actividades que generan divisas y dan empleo a una gran cantidad de personas. En nuestro país, la agricultura siempre ha sido dependiente del uso de los agroquímicos. Esta práctica, sumada al mal manejo de los suelos agrícolas y al despale en pendiente, ha tenido efectos negativos importantes en nuestros recursos acuáticos, la sedimentación. Los plaguicidas han contaminado a moluscos (conchas negras), peces y crustáceos (jaibas y camarones). En estos organismos los pesticidas se han acumulado causando su muerte.

### Introducción

Desde hace varias décadas, los pesticidas se han utilizado profusamente para combatir las plagas en la producción agrícola. Su uso y abuso con motivo del auge del cultivo algodonero en la Nicaragua de los años 60-70, produjo un agudo impacto en los ambientes naturales del Pacífico, cuya secuela todavía se manifiesta en las enfermedades crónicas de ojos, piel, garganta y en los tejidos adiposos de los humanos.

“Pesticidas” es un término genérico con que se denomina a toda sustancia química usada para eliminar los organismos hostiles a los propósitos humanos. Los plaguicidas se clasifican según su acción en insecticidas, fungicidas, herbicidas, nematocidas, acaricidas y otros.

Por su composición química se clasifican en: organoclorados, que contienen invariablemente uno o varios átomos de halógenos; organofosforados, compuestos que tienen en su molécula áto-

mos de fósforo; y carbamatos, cuyo compuesto central es el fenil-metilcarbamato. También hay otros plaguicidas que no entran en estos tres grupos, como los dinitro fenoles, los tiocianatos orgánicos y otros. Se calcula que en 1985 se usaron unas 1500 sustancias con acción plaguicida. A partir de ellas, se preparan innumerables mezclas con otros ingredientes activos o con otros compuestos (Albert, 1986). El incremento en el uso de plaguicidas plantea un grave problema: el elevado número de compuestos derivados, con la consiguiente dificultad para entender los riesgos del uso no supervisado de estos productos.

Los dos grandes problemas derivados de la contaminación en los ecosistemas acuáticos son:

1) *Alteración del equilibrio ecológico y del medio ambiente, en muchos casos de manera irreversible.* Ello genera disminución en la abundancia de especies económicamente importantes como

\* Investigador del Centro del Camarón de la UCA

camarones, conchas negras o peces, a consecuencia de la disminución de la tasa de reproducción, la modificación en las relaciones presa-depredador, o la aparición de alteraciones fisiológicas y muerte, en casos extremos, de los organismos acuáticos.

2) *Problemas de salud pública generados por los efectos residuales de los contaminantes.* Estos problemas se expresan en intoxicaciones crónicas y agudas, tumores malignos, lesiones cerebrales, atrofia testicular, teratogénesis, muerte fetal, etc. Las personas más expuestas son los campesinos y sus familias, obreros de muelles y bodegas, pescadores, mujeres y niños que viven cerca de las zonas contaminadas así como el público consumidor de los mariscos capturados en la zona, por la persistencia característica de ciertos pesticidas y por su resistencia a la degradación del contaminante y de sus derivados. Este es el caso del DDD y el DDE, ambos derivados del DDT.

Cuando se contaminan estuarios y lagunas costeras, los problemas se complican, porque son cuerpos de agua semi-cerrados que reciben contaminantes de diferentes orígenes: campos agrícolas aledaños, drenajes municipales, actividades en los muelles y atracaderos, fumigación de bodegas y barcos, construcción de caminos, programas de prevención de enfermedades como dengue o malaria, residuos y desechos provenientes de zonas de desarrollo industrial y de recreación.

Muchas investigaciones sobre el impacto de contaminantes en ambientes acuáticos han sido cuestionadas en su diseño y en su interpretación. Para solventar esta situación, se están desarrollando investigaciones ecotoxicológicas en ambientes de mesocosmo. También se están utilizando organismos acuáticos que facilitan indicios sobre la calidad de las aguas cuando se evalúan sus poblaciones y la diversidad de especies en un lugar determinado (bioindicadores). Pero ya hay datos irrefutables: Butler y Springer (1963) reportan el 50% de mortalidad en camarones cuando se les somete a una concentración de 0.03 a 0.04 ppb (partes por billón) de heptacloro y de 1.6 ppb de DDT. Chin y Allen (1975) reportan una mortalidad de 83% en *Penaeus setiferus* (camarones) cuando se les somete a una concentración de 50 ppb de hexacloruro de benceno. En otras especies estuarinas, como *Mugil cephalus* (lisas), los primeros autores reportan una DL<sub>50</sub> (dosis letal 50%) de 0.4 a 7 ppb para hidrocarburos clorados.

Las trayectorias generales de los contaminantes en los ecosistemas costeros plantean un problema complejo. Hay tres factores importantes que determinan el proceso: a) el índice de emisión de la fuente del contaminante; b) el transporte del contaminante en el ecosistema y sus procesos físico-químicos durante el trayecto; y c) la degradación y/o acumulación del contaminante.

Cuando los plaguicidas entran al ambiente, pueden llevarse a cabo diferentes reacciones químicas: oxidación, reducción, hidrólisis, polimerización, etc.,

generadas por las condiciones ambientales o por procesos biológicos -biotransformaciones-, que pueden producir sustancias más tóxicas que el compuesto original. Este ha sido el caso del DDE, principal producto de transformación del DDT, que sin haber sido fabricado por el hombre, es el plaguicida más común en el medio ambiente. Este hecho se suma a las impurezas y a los isómeros de los plaguicidas comerciales para incrementar el problema de impacto ambiental y salud pública.

### Distribución y transporte de plaguicidas en los ecosistemas costeros

La distribución y transporte de los plaguicidas en los organismos acuáticos es un proceso complicado que depende de muchos factores: nivel trófico ocupado, hábitos migratorios o sedentarios, bioacumulación, por citar sólo algunos.

El primer punto a considerar es la entrada, eliminación y acumulación del plaguicida en el organismo. Se considera que los plaguicidas entran en los organismos inferiores (protozoarios, algas) mediante un mecanismo que implica primero la adsorción sobre la superficie, seguida por la absorción al interior de la célula. Kerr y Vass (1973) concluyen que los mecanismos que contribuyen a la acumulación de plaguicidas en invertebrados superiores y vertebrados son: ingestión de alimento, absorción a través de las branquias y adsorción a través del epitelio. En los peces, la ingestión de ali-

mentos es la vía de entrada más importante (De Freitas, *et al* 1975). En *Anadara tuberculosa*, colectada por el laboratorio nuclear de Mónaco en la Isla del Venado, León, Nicaragua, se reportaron concentraciones de pesticidas diez veces más altas que la permisible, después de 9 años de no sembrar algo. La eliminación de plaguicidas por los peces es un proceso más lento que la acumulación y los procesos son diferentes: el dieldrín acumulado por carpas y dorados durante un período prolongado fue eliminado más rápidamente que el DDT (Macek *et al.*, 1970). Diversos autores señalan que el metabolismo de los plaguicidas es el preludio de su eliminación. Grzenda (1970) reporta que cantidades considerables de DDT fueron metabolizadas a DDD y DDE en dorados y eliminados en las heces. También se reporta que microorganismos aislados de los sedimentos, columna de agua y película superficial de las zonas costeras son capaces de metabolizar DDT a DDD, aldrín a dieldrin, etc. (Patil *et al.*, 1972). Sin embargo, el copepodo *Calanus sp* expuesto durante ocho semanas a DDT, no fue capaz de degradarlo, lo cual pudo deberse a que el DDT se absorbió sobre la superficie externa del animal, donde no se localizan las enzimas necesarias (Darrow y Harding, 1975).

### Efectos tóxicos de plaguicidas sobre los organismos estuarinos-lagunares

Estudios recientes sobre el efecto de plaguicidas organoclorados en peces

teleósteos señalan que una manifestación de la toxicidad consiste en una alteración en la osmorregulación y transporte de sustancias en el intestino y branquias (Leadem *et al.*, 1974). Un estudio sobre el efecto del DDT en *Fundulus heteroclitus* demostró deficiencias en la osmorregulación y el transporte de aminoácidos en el intestino por inhibición de la enzima Na, K-ATPasa (Miller y Kinter, 1977). Otros investigadores han reportado modificaciones en la actividad refleja y motora en peces dorados a consecuencia de la exposición a dosis subletales de DDT (Weis y Wets, 1974). Estudios del efecto sobre la línea lateral de peces cuando son sometidos a 5-100 ppb de DDT, indican que hay una alteración en la respuesta a estímulos, tal como cambios en la temperatura (Peters y Weber, 1977).

Se ha reportado que los carbamatos y sus metabolitos inhiben la enzima acetilcolinesterasa, que modula la cantidad del neurotransmisor acetilcolina en las terminaciones nerviosas (Karezmar, 1970). Estudios sobre inhibición de la acetilcolinesterasa en peces estuarinos producida por carbamatos reportan que, cuando fueron sometidos a una concentración de 100 ug/L durante 2.5 meses, hubo un 17% de inhibición de acetilcolinesterasa en el cerebro; también se observaron otros signos de intoxicación como hiperactividad, parálisis corporal, parálisis opercular y pérdida del equilibrio entre otros, cuando las dosis fueron de 100-1000 ug/L (Coppage, 1977). Hay algunas contradicciones en cuanto al efecto del plaguicida

organofosforado malation en animales estuarinos. Por ejemplo Conte y Parker (1971) encontraron que las aplicaciones aéreas de malation en las marismas de Texas, dentro de los programas de salud pública para la eliminación de mosquitos, causaron la muerte del 14%-80% de los camarones *Penaeus aztecus* y *Penaeus setiferus*, mientras que Tagatz (1974) no encontró evidencia de estos efectos de pesticidas a esta concentración en cangrejos y camarones. Quizás estas diferencias se deban a la fácil descomposición del malation a altas temperaturas y a la alcalinidad del agua (Walker y Stojanovic, 1973). En otro estudio sobre el efecto del malation sobre el desarrollo de cangrejos azules *Callinectes sapidus*, se encontró una reducción en la sobrevivencia de 24% a 3.5% en las larvas de la jaiba, cuando la concentración se aumentó de 0.01 a 0.02 ppm. Las larvas murieron a 0.05 ppm. En 1996, en la zona de Las Peñitas, León, Nicaragua, personeros del Ministerio de Salud aplicaron pesticidas para controlar el mosquito vector del dengue cerca de dos laboratorios de producción de postlarvas de camarones *P. vannamei*; el resultado fue la mortalidad de 23 millones de postlarvas en menos de 24 horas.

## El efecto en los camarones

Los químicos orgánicos sintéticos usados con objetivos industriales o agrícolas son extremadamente tóxicos para los camarones y tienen gran potencial para reducir la reproducción y la viabilidad de la progenie. Fuentes potenciales son

el azolvamiento, el *spray* aéreo y el material alimenticio contaminado. Los camarones están estrechamente relacionados biológicamente con los insectos y su ciclo de vida es vulnerable a los pesticidas. La vitelogénesis, huevos y desarrollo larval pueden ser más sensibles que los estados de vida adultos. La toxicidad para camarones es mostrada

en el cuadro 1. Bifenil policlorinado, organoclorinados, organofosfatos y carbamatos son extremadamente tóxicos para los camarones, generalmente en concentración de partes por millón. Los efectos subletales sobre la reproducción pueden ser anticipados a niveles muy por debajo de los valores tóxicos actuales (cuadro 1).

Cuadro 1  
EJEMPLOS DE NIVELES TÓXICOS DE PESTICIDAS PARA CAMARONES  
PNEIDOS Y ESPECIES RELACIONADAS

Compuesto	Nivel	Período	Efecto	Especie	Referencia
Aroclor 1016	0.9 ppb	96 hr	8% mortalidad	P. aztecus	A
Aroclor 1016	10.0 ppb	96 hr	43 % mortalidad	P. aztecus	A
Aroclor 1254	0.9 ppb	14 días	Misma mortalidad	P. duorarum	B
Aroclor 1254	3.0 ppb	30 días	30 % mortalidad	P. duorarum	CDE
DDT	0.1 ppb	8 días	Mortalidad	P. setiferus	F
DDT	>0.1 ppb	25 días	Mortalidad	P. duorarum	F
Diazinon	4.8 ppb	96 hr	50 % mortalidad	M.bahia	G
Diazinon	3.2 ppb	96 hr	Bajo crecimiento	M.bahia	G
Diazinon	28.0 ppb	96 hr	50% mortalidad	P. aztecus	G
Dibrom	2.0 ppb	48 hr	50% mortalidad	P. azts PLs	H
Dibrom	5.5 ppb	48 hr	50% mortalidad	P. azts Adul	H
Dieldrin	0.9 ppb	96 hr	50% mortalidad	P. aztecuz	I
Heptachlor	0.11ppb	96 hr	50% mortalidad	P. duorarum	J
Malathion	14.0 ppb	48 hr	Mortalidad	Peneidos	K
Metamidophos	10.0 ng/l	24 hr	50% mortalidad	P. styl naupl	L
Mirex	1.0 ppb	7 días	25% mortalidad	P. duorarum	MNO
Parathion	0.2 ppb	48 hr	Mortalidad	P. duorarum	K
Parathion	1.0 ppb	96 hr	25 % mortalidad	Crangon Septimspinosa	-
Parathion	2.0 ppb	96 hr	25% mortalidad	Palaemonetes vulgaris	P

Referencias: A, Hansen *et al.* 1974; B, Couch y Nimmo 1974; C, Duke *et al.* 1970; D, Nimmo *et al.* 1971; E, Nimmo *et al.* 1975; F, Nimmo *et al.* 1970; G, Nimmo *et al.* 1981; H, Butler y Springer 1963; I, Parrish *et al.* 1973; J, Schimmel *et al.* 1976; K, Couch 1978; L, Juárez y Sánchez 1989; M, Lowe *et al.* 1971; N, Tagatz *et al.* 1974; Markin *et al.* 1974.

Estos valores fueron obtenidos en pruebas cortas de toxicidad. Puede esperarse que niveles bajos influyan en la sobrevivencia de los camarones.

**Bibliografía**

- ALBERT, L. A. (1986). "Repercusiones del uso de plaguicidas sobre ambiente y salud", en Albert, L.A.(eds.), *Plaguicidas salud y ambiente*. México, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud Inst. Nac. de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.
- BUTLER, P.A. y SPRINGER P.F. (1963). "Toxicidad de Heptacloro y DDT en quisquillas (*Penaeus duorarum*) y en lisas (*Mugil cephalus*)", en Irvensen, E.S. (ed.), *Cultivos Marinos*. Ed. Acribia (2 ed.).
- CHIN, E. y ALLEN, D. M.(1957). "Toxicidad de Hexacloruro de benceno en quisquillas (*Penaeus setiferus* y *P. Aztecus*)", en Irvensen, E. S. (ed.), *Cultivos Marinos*. Ed. Acribia (2 ed.).
- CONTE, F. S. y PARKER, J. C. (1971). "Ecological aspects of selected crustaceas of two marsh embayment of the Texas coast". *Sea Grant Publ.* No. Tamag-71-211.
- COPPAGE, D.L. (1977). "Anticholinesterase action of pesticidal carbamates in the central nervous system of poisoned fishes", en Vernberg, F. J.; Calabrese, A.; Thuberg, F. P y Vernberg, W. B. (eds.), *Physiological Responses of Marine Biota to Pollutants*. Academic Press.
- DARROW, D.C. y HARDING, G.C. (1975). "Accumulation and apparent absence of metabolism of DDT by marine copepods". *Calanus sp. Journal of the Fisheries Reserch Board of Canada*, 32: 1845-9.
- DE FREITAS, A. S. *et al.* (1975). "Pathway definition of pesticide and mercury uptake by fish". *Eviron. Qual And Safe*.
- GRZENDA, A.R. *et al.*(1970). "The uptake, metabolism and elimination of chlorinated residues by golffish(*Carassius auratus*) fed a DDT contaminated diet". *Transsactions of the American Fisheries Society*.
- KAREZMAR, A. G. Ed. (1970). *Anticholinesterase Agents*. New York, Pergamon Press.
- KERR, S. R. y VASS, W. P. (1973). "Pesticide residueus in aquatic invertebrates", en Edwards, C.A. (ed.), *Environmental Pollutions by Pesticides*. London, Plenum Press.
- LEADEM, T. P. *et al.* (1974). "Osmoregulatory responses to DDT and varning salinities in *Salmo gairderi* Na-K ATPasa". *Comparative Biochen. and Physiol*, 49 A. 197.
- MACEK, K. J. *et al.* (1970). "The uptake distribution and elimination of dietary DDT and dieldrin in rainbow trout". *Transdactions of the American Fisheries Siciety*, 99: 689-98.
- MILLER, D.S. y KINTER, W. B. (1977). "DDT inhibition nutrients absortion and osmoregulation function in fundalus heteroclitus", en Vernberg F. J. Calabrese, F. P. Thurberg y W. B. Verberg (eds.), *Physiological Responses of Marien Bioto to Pollutans*. London, Academic Press.
- PATIL, K.C. *et. al.*(1972). "Metabolic transformations of DDT, dieldri, aldrin, and endrin by marine microorganism". *Environment Scince and Tecnology*, 6:629-32.
- PETERS, F.C. y WEBER, D.D. (1977). "DDT Effect on the lateral line nerve of steelhead trout", en Vernberg, F. J. Calabrese, F. P: Thurberg y W. B. Vernberg(eds.), *Physiological Responses of Marine Biota to Pollutants*. London, Academic Press. Ltd.
- TAGATS, M. E., *et. al.* (1974). "Effects of aroun application of malathion on sahmarch environment in north western Florida". *Mosquito News*, 34:276-277.
- WALKER, W.W. y STOJANOVIC, B.J. (1973). "Microbial vs. Chemical degradation of malathion in seil". *J. Environ Quality*, 2:259-232.
- WEIS,P. y WETS, P. S. (1974). "DDT causes changes activity and Chemical Behawuar in goldfish". *Envnon. Res*; 7:68-74.