

esos compuestos se acumulan en cadenas alimentarias, es decir son absorbidos y concentrados por las algas, las que a su vez son ingeridas por animales microscópicos y larvas, en los cuales producen aún mayores acumulaciones; las larvas al servir de alimento a los peces van a llevarles concentraciones elevadísimas de la sustancia tóxica provocándoles la muerte a ellos mismos o a las aves que se alimentan con ellos, y así mismo causar enfermedades a los seres humanos.

Rachel Carson (67) menciona un caso ocurrido en un lago de California, al que se le aplicó TDE, anteriormente denominado DDD (technical 1,1 dichloro 2,2 d-4 chlorophenyl-ethane) de composición semejante al DDT, pero menos tóxico a los peces. La proporción utilizada para el control de las larvas de los mosquitos (Chaoborinae) fué de 1 parte de insecticida para 50 millones de partes iguales de agua. Meses después se observó casos frecuentes de muertes de aves somorgujos en esa área y se procedió a investigar la sustancia tóxica del agua, comprobándose que aunque ya no existían siquiera trazas de la sustancia en solución, las algas microscópicas del lago contenían en sus células concentraciones de 5 mg/l; los peces herbívoros de 40 a 300 mg/l; y los somorgujos muertos contenían una concentración de TDE de 1,600 mg/l, en sus tejidos adiposos. Además, se observó en un ejemplar de pez procedente del lago la concentración extraordinaria de 2,500 mg/l! Dos años después se hicieron nuevas investigaciones que revelaron que a pesar de que no se había efectuado ninguna otra aplicación con ese insecticida, las algas, los peces y los anfibios del lago, todavía tenían reservas de esa sustancia en concentraciones que variaban de 5.3 a 2,000 mg/l. En ese mismo período se redujo la población de somorgujos en esa área, de más de 1,000 parejas a cerca de 30. Por otro lado, se sabe que el TDE tiene acción destructiva sobre la corteza suprarrenal y al respecto, R. Carson se pregunta: ¿Qué sucederá con los seres humanos, adultos y niños que comen peces de ese lago?

Experimentos realizados en Inglaterra con el TDE y el DDT por Edwards y cols. (64) les ha permitido deducir que aunque la aplicación de hidrocarburos clorados pueda ser efectuada de tal manera que reduzca mucho los efectos inmediatos sobre determinados grupos de animales, hay un efecto crónico debido a su estabilidad que permite su acumulación y concentración en cadenas alimentarias y poco se podrá hacer para solucionar este problema. Como se puede comprender no se trata sólo del problema inespecífico de la destrucción de los organismos acuáticos, sino también, de otro aspecto mucho más grave que es la de su acumulación en el interior de esos organismos, sobre todo en los tejidos adiposos de los peces, donde el insecticida llega a alcanzar concentraciones de millares de veces superiores a las aplicadas y que de esa forma puede convertirse en sumamente nocivo. A propósito, Warnick y cols. (66) mencionan que, actualmente, hasta las focas y los pingüinos de la Antártida tienen DDT en sus tejidos adiposos debido al empleo intensivo e incontrolado que se hace de ese insecticida en todo el mundo y Carson afirma que en

ciertas áreas, no hay prácticamente ningún alimento, inclusive los huevos, que no tengan un cierto porcentaje de ese insecticida.

En vista de esos hechos, Lewis (1964) afirma que el insecticida será aquel que habiendo ejercido su acción específica, sea rápidamente degenerado en sustancias químicas totalmente inocuas.

Siguiendo esta línea de raciocinio, se han hecho últimamente investigaciones sobre la posibilidad de la utilización de compuestos organofosforados porque son rápidamente hidrolizados en el agua (Hazeltine, 1962; Warnick y cols., 1966) (66). Y en Inglaterra se ha experimentado con las piretrinas cuya descomposición en el agua es también mucho más rápida que la de los organo-clorados. Tanto en el primer caso como en el segundo, el empleo de sustancias poco estables convierte el tratamiento en oneroso, ya que en virtud de su rápida destrucción, es necesario hacer aplicaciones mucho más frecuentes para mantener el residuo necesario para el control de las larvas. Los experimentos realizados por Warnick y cols. (66) confirman que las concentraciones de TDE y DDT aplicadas al agua se concentran como 1000 veces en las células de los organismos vegetales y como 2000 veces en los animales acuáticos. Cuando se aplican los fosfatos orgánicos, también ellos son acumulados por los organismos acuáticos, pudiendo alcanzar concentraciones de 2 mg/l en la flora y de 18 mg/l en la fauna (la concentración máxima aplicada al agua fué de 0.07 mg/l!) pero desaparecen completamente en 10 a 14 días, mientras que los hidrocarburos clorados permanecieron presentes, en concentraciones constantes, durante todo el año que duró el experimento. En conclusión, los autores han determinado que aunque los compuestos fosforados afecten de manera indeseable la vida de otros insectos, tales como los de los órdenes Odonata, Coleoptera, Efimeroptera, y algunos Corixidae (los Corixidae en general y los crustáceos son los más resistentes) se ha comprobado que los efectos directos de esos insecticidas sobre la fauna acuática se pueden reducir mediante el control cuidadoso de las concentraciones empleadas. La concentración mínima necesaria para el control de las larvas es de 0.003 mg/l. Sin embargo, se debe tener en mente el hecho de que tales compuestos son sumamente tóxicos para el hombre, siendo indispensable además de un control perfecto de su dosificación, cuidados especiales en su manipulación y aplicación. No se podrá utilizar para abastecimiento el agua tratada, sin tener antes la seguridad de la desaparición completa del compuesto en el agua o en los organismos acuáticos, es decir, antes de un plazo de 15 días aproximadamente.

Las piretrinas tienden a estimular a las formas adultas o larvales (aún a los huevos) a una mayor actividad, lo que produce la muerte en pocos minutos. Su toxicidad y persistencia pueden aumentar por la asociación sinérgica de sustancias como el butóxido de piperonil. Se pueden aplicar bajo la forma de "humo" o de aerosoles para el control eficiente de las formas adultas en las proximidades de los reservorios, y su

eficiencia dependerá de la dirección y velocidad de los vientos.

Las Piretrinas se pueden emplear en aguas de reservorios en concentraciones de 0.002 a 0.2 mg/l. Sin embargo, antes de realizar la aplicación se deben hacer experimentos en acuarios que contengan ejemplares jóvenes (menos de 6 meses de edad) de los peces que contiene el agua a ser tratada, así como moluscos y animales que sirven normalmente de alimento a esos peces.

Se han hecho varias tentativas en el sentido de utilizar, para el control de las larvas, a sus enemigos naturales, animales voraces, tales como peces larvófagos, larvas de anfibios y aún de invertebrados como larvas de escarabajos ditiscídeos, las larvas de mosquitos Chaoborinae y algunos gusanos como los planarios. La introducción de peces larvófagos puede, en ciertas circunstancias dar algún resultado positivo (68). Los principales animales voraces de ese tipo son los pequeños Ciprionodontidae, entre los cuales se encuentran los géneros Gombusia, en el hemisferio norte, Australia, y Africa y el Lebistes y otros en América Central y del Sur. Este tipo de control tendrá éxito (mereciendo en este caso toda la preferencia) en reservorios pequeños y bien delimitados donde no existan plantas acuáticas o escondrijos para refugio de las larvas.

4.4.5. Vegetación Acuática Superior.

La vegetación acuática superior se puede controlar por procedimientos físicos o químicos. En general los procedimientos físicos consisten en sacar de raíz las plantas, ya sea manualmente o por medio de tractor. Actualmente existen máquinas destinadas a cortar y remover plantas acuáticas, tales como totoras y otras, y que presentan la ventaja de no dejar que las plantas muertas entren en descomposición en el agua donde reducirían la cantidad de oxígeno (y en consecuencia la muerte de los peces, etc.) y provocarían gusto y olor. Entre los procedimientos físicos no mecánicos para la destrucción de esa vegetación están: la quema (cuando se trata de vegetación emergente) que no es muy recomendable porque fertiliza el agua con sales minerales que resultan de la oxidación rápida de la materia orgánica y porque da origen a la formación de gusto y olor provenientes de la quema incompleta de los tallos próximos al agua; o la aplicación de sustancias pigmentadas que impiden la penetración de la luz, como por ejemplo de la nigrosina, y aún en algunos casos (cuando no se va a emplear el agua para abastecimiento) la aplicación de fertilizantes, que dan origen a la floración de algas que en igual forma impiden la penetración de la luz. Naturalmente estos métodos se emplean en el control de la vegetación subacuática.

El control químico de la vegetación acuática superior se puede realizar en algunos casos, particularmente si se trata del género Potamogeton, mediante la aplicación de sulfato de

cobre. El uso de la creosota o de un aceite combustible no es aconsejable porque da origen a la formación de compuestos de olores fuertes después de la cloración del agua (33). Se han empleado varios compuestos orgánicos sin haberse obtenido resultados prácticos; entre ellos hidrocarburos, hormonas vegetales (como los usados como herbicidas terrestres), compuestos de amoníaco, etc. Actualmente el más usado, a pesar de que tiene varios inconvenientes derivados de su alta toxicidad, es el arsenito de sodio. La cantidad empleada generalmente es de 4 a 5 mg/l en equivalentes de As_2O_3 , pero cantidades tan pequeñas como 1 mg/l ya son suficientes en algunos casos, si se cuenta con un tiempo bastante largo de contacto y no se cuenta con pérdidas por difusión, acción de ondas y absorción por el lodo. La aplicación se puede hacer simplemente sobre el agua, en los lagos pequeños, o por asperción y otros métodos usados en el control de algas. En general, un tiempo de contacto de 5 a 10 días es suficiente para provocar la muerte de las plantas, debiendo limpiarse el agua de todas aquellas que flotan. Después que se ha terminado con el tratamiento, no se debe emplear esa agua para bebida del ganado, fines recreacionales, irrigación de plantas, etc.; por un espacio mínimo de tiempo de tres días. Los peces soportan concentraciones de hasta 10 mg/l de arsenico por cerca de 10 días. Algunos gusanos y larvas de quironómidos mueren con concentraciones de 2.5 a 4.0 mg/l, mientras que las larvas de libélulas y varios otros soportan hasta 10 a 20 mg/l (36) (69).

Hace algunos años que va siendo cada vez más empleado, el compuesto químico denominado 2, 4 D (Acido 2, 4-diclorofenoxiacético) con gran éxito, en el control de las plantas superiores. Es particularmente eficaz en la destrucción de plantas cuyas raíces se hallan enterradas y que por lo tanto escapan a la acción del arsenito (69). Este compuesto está siendo utilizado, con resultados muy satisfactorios, en Sao Paulo, Brasil, por la Compañía Light para el control del aguape (género Eichornia) que tiende a cubrir la superficie de sus embalses con el peligro de ser absorbidas o de obstruir las rejillas de protección de los sistemas de turbinas generadoras de energía eléctrica. Con respecto a las plantas acuáticas, también se ha comprobado la eficiencia de los nuevos herbicidas a base de bupiridilo, mencionados en páginas anteriores como probables algicidas.

Un problema que con frecuencia surge del desarrollo de plantas ornamentales terrestres en las proximidades de las residencias es el de la penetración de las raíces en los tubos de conducción de los desagües. Se puede solucionar esta dificultad, mediante la aplicación periódica de sulfato de cobre en los inodoros o en los buzones de inspección teniendo siempre el cuidado de no aplicar en dosis superiores a 2 Kg. por metro cúbico de agua servida, en los casos de residencias cuyos desechos son tratados en tanques sépticos, (70).

La vegetación acuática superior todavía se puede combatir por medio de los peces, especialmente los del género Tilapia. En el Brasil, existe la especie Tilapia melanopleura, importada hace algunos años del Congo Belga, que ha dado excelentes resul