

## EFFECTO DE LOS METALES PESADOS EN LA VIDA SILVESTRE

Muchos venenos que contaminan la naturaleza son considerados como seguros o inofensivos en ciertas concentraciones que no causan efectos inmediatos (como una mortandad) en la vida silvestre, tal es el caso de los metales pesados: se sabe que el cobre (Cu) reduce la fertilidad del "fat head minnows" (*Pimephales promelas*) en concentraciones de 0.011 y 0.018 mg/l en aguas blandas (30 mg/l como  $\text{CaCO}_3$ ) y de 0.015 y 0.033 mg/l en aguas duras (200 mg/l como  $\text{CaCO}_3$ ), (Water Quality Criteria 1972), el efluente aclarado de la compañía minera sale con una concentración de carbonatos de 992 mg/l; el agua del lago tiene un promedio de carbonatos de 80 mg/l y varía de 60 a 130 .

### El Cobre es Particularmente Tóxico para las Algas y Moluscos

El informe de Minas e Hidrocarburos menosprecia el efecto de los metales al mencionar que "de los metales pesados solo merecen atención para fines de preservar la vida acuática el Cu en las muestras 8Q y 10Q, con niveles que puede resultar con alguna toxicidad para algunas formas de flora y del zooplancton. Es conveniente aclarar que las muestras fueron tomadas de la superficie y no son representativas de la calidad de las aguas más profundas".

El plomo puede ser absorbido por el tracto intestinal del hombre y el 90 por ciento se concentra especialmente en el esqueleto (Merlini, M. 1977), en los peces sunfish (*Lepomis gibbosus*) se ha demostrado que a un pH de 6 y 7.5 el plomo se encontraba en las siguientes relaciones (o/o).

Parte	pH 6	pH 7.5
Aletas	3.66	4.38
Agallas	4.14	3.29
Cabeza	1.19	1.34
Piel	1.47	1.10
Hígado	2.75	7.82
Orga.mter	0.49	1.18
Músculo	0.09	0.16
Hueso	1.50	1.63

Nótese que de todos los tejidos y órganos, el músculo (la parte comestible) es la de menor concentración, hay que aclarar y enfatizar que el peligro con el plomo es que además de ser un veneno, es acumulativo. (Tomado de Merlini, M. 1977).

La solubilidad del plomo en aguas blandas es de 0.5 mg/l y de 0.003 mg/l en aguas duras; la toxicidad del zinc es también afectada por la dureza del agua, se ha demostrado que reduce la fecundidad del "feathhead minnows" (*Pimephales promelas*) en concentraciones de 0.18 mg/l en aguas duras (200 mg/l como  $\text{CaCO}_3$ ). El sulfato de cobre que es utilizado en el proceso químico de la compañía y en otros países para control de algas y peces, es fatal para el "Black Bass" en concentración de 0.2 ppm. en aguas blandas, mientras que en aguas duras su concentración letal llega hasta 150 ppm. (Buikley, R.V. 1975).

Los metales pesados actúan sobre el sistema respiratorio de los peces; específicamente el metal se combina con el mucus de la superficie de las branquias y forma una capa insoluble o destruye las células de cualquier forma, el traspaso de oxígeno es bloqueado, (Bulkley, R.V. 1975), los peces afectados son vistos "tragando" aire en la superficie y con claros signos de dificultad para respirar; para que el bloqueo actúe, el pez necesita permanecer un tiempo límite en el área contaminada y es conocido que cualquier pez puede detectar el más mínimo cambio en el oxígeno disuelto o en su propia habilidad para adquirirlo, por lo que es de suponer que los peces huyen de esta región contaminada. Una descarga lo bastante concentrada que logre introducirse de forma repentina al lago y que su pluma envuelva una población local de peces, puede causar una mortandad repentina tal como ocurrió en 1972, de la que se sabe que hubo un rompimiento en la presa de sedimentación.

Más tarde el Dr. Quevedo en su informe de 1977 comenta: "Aquí reside el punto de mayor peligro en este momento ya que a grosso modo el acumulo de lodo en la actualidad puede estar cerca de los 6000 metros cúbicos, pues dado el caso de, por ejemplo, una temporada de aguaceros de larga duración, o un descuido, como ya ocurrió en el sistema de bombeo de lodos, puede determinar el deslizamiento de esta masa sobre la quebrada y el arrastre de éstos hasta el lago aumentando bruscamente la concentración de sustancias tóxicas, huelgan comentarios".

## CIANURO

“El Cianuro es otro tóxico que afecta el intercambio gaseoso de los peces. “El Black Bass” expuesto a altas concentraciones de cianuro es afectado en 15 minutos y rápidamente se le observa en la superficie con marcados problemas respiratorios, de balance y coordinación hasta que sobreviene la muerte (Bulkley, R.V. 1975); el pez se recobra si logra llegar a un área de agua no alcanzada por la contaminación”.

El Smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*) muere cuando está expuesto a 0.104 ppm de cianuro cuando el oxígeno disuelto es alto, y a concentraciones de 0.086 ppm de cianuro cuando el oxígeno disuelto baja a 4 ppm. (el oxígeno disuelto del agua superficial del lago varía de 7 a 8 ppm.) y el agua superficial de la quebrada Raíces tiene 6 ppm. debido a que además de los desechos de la mina, acarrea las aguas negras de la población del Mochito.

En conclusión: en la mortandad de 1972, se observó que los peces salían a la superficie “boqueando” y “atontados” como expresaron los pescadores entrevistados. En los análisis efectuados en esa ocasión, (Figuroa y Castellanos V., en 1973) no se incluyeron metales pesados ni cianuros, solo se menciona el hecho de que sus branquias estaban descoloridas, lo que puede indicar una deficiencia en el traspaso de oxígeno a la sangre (que es lo que le da el color rojo vivo a la sangre) o puede deberse a que tenían ya varias horas de muertos al hacer los análisis. Por los hechos circunstanciales que rodean la mortandad de “Black Bass” en 1972 (desperfectos de la presa de sedimentación, muerte súbita y masiva que se originó en el área del Rincón, síntomas de los peces), podemos inferir que la mortandad fue causada por derrame masivo y súbito de sedimentos cargados de metales pesados y cianuro que cayó al lago y formó una pluma lo suficiente amplia y concentrada para obstaculizar el sistema respiratorio de los peces; no siguió causando más muertes debido a los cambios físico-químicos que se experimentan con el pH, oxígeno, temperatura, asociaciones, complejos y a la ausencia de peces en el área afectada.

Las 2,300 toneladas métricas de desechos sólidos cargados con altas concentraciones de metales pesados se encuentran aún en el Rincón del Mico, (en la desembocadura de la quebrada Raíces) en estos sedimentos se encuentran los complejos metáli-

co-orgánicos ya mencionados con un potencial de toxicidad igual a la concentración total e individual multiplicada por el volumen total vertido, que constituyen una “bomba de tiempo” esperando por esos insignificantes cambios en el pH y la dureza del agua para explotar.

## B. PLAGUICIDAS

La mortandad ocurrida en 1976, se originó en la orilla norte del lago frente a los terrenos de “Viveros Industriales”, en esa ocasión se procedió a realizar los análisis de plaguicidas en el cuerpo del bass, los cuales dieron los siguientes resultados:

DDE—3.30 ppm	Laboratorio de Residuos
TDE—1.048 ppm	Biológicos, Tegucigalpa
DDT—1.789 ppm	Muestras recibidas el 10. de febrero de 1976.
TOTAL 6.137	

La Compañía Viveros Industriales por su parte envió sus muestras de bass a la Strasburger & Siegel, Inc. Baltimore, donde se obtuvieron los siguientes resultados: DDT—0.14, ppm 0.12 ppm, y 0.15 ppm. (muestras recibidas el 3 de febrero 1976). Dicha compañía considera que esta concentración no es suficiente para causar la mortandad, y sugiere que se estudie la variación estacional del oxígeno disuelto. Aquí al igual que en otros casos de contaminación por plaguicidas, sus defensores argumentan que la “rápida disolución de los plaguicidas en el agua disminuyen su concentración hasta niveles seguros para cualquier tipo de organismo”; y que, las bajas concentraciones de los mismos no son dañinas a los organismos vivos, ya que se ha comprobado que la mayoría de los seres animales y humanos en toda la tierra tenemos cierta cantidad de plaguicidas acumuladas en nuestro cuerpo, lo cual no nos ocasiona ninguna intoxicación. Los fenómenos químicos y físicos que rodean a los plaguicidas, al igual que en los metales pesados, pueden confundir en la obtención de los resultados en un análisis: la baja solubilidad de los plaguicidas en el agua favorece que sean absorbidos rápidamente por el material sedimentado y el suspendido, o por los lípidos animales y vegetales. En los lagos, específicamente, los sedimentos actúan como acumuladores, en donde los plaguicidas se concentran y son luego liberados poco a poco de acuerdo a la solubilidad del compuesto químico, estos fenómenos dan por resultado una distribución no uniforme del plaguici-

da en el ecosistema, por lo cual los métodos de muestreo y las áreas de colección deben ser seleccionados científicamente. Al igual que en los metales pesados, la toxicidad de algunos plaguicidas se ve afectada también por el pH del agua, el malatión por ejemplo reduce su vida media de 6 meses a un pH 6 a solamente 2 semanas a un pH 8, los órganos clorados son en cambio bastante estables y se degradan muy despacio.

Los peces pueden acumular los plaguicidas directamente por absorción del agua o por ingerir alimentos contaminados, también pueden sobrevivir a relativas altas concentraciones en su grasa; pero las supuestas inofensivas bajas concentraciones tienen un efecto negativo a largo plazo sobre los peces: las hembras adultas (y por lo general los bass más grandes son solo hembras) acumulan grasa que luego utilizan en la fabricación de la yema de los huevos; acumulan al mismo tiempo plaguicidas en dichas grasas los que luego son transportadas a los huevos junto con la grasa; cuando los huevos revientan y los alevines empiezan a utilizar la yema, los plaguicidas les ocasionan deformidades físicas o la muerte; los niveles de plaguicidas que producen estos efectos en el bass son aún desconocidos pero se sabe que los alevines de la trucha (*Salvelinus namaycush*) mueren cuando los huevos contienen 2.95 ppm de DDT (Burdick, G.E. et al. 1964; Bulkeley, R.V. 1975).

Los hidrocarburos clorinados son considerados más tóxicos al bass que los carbanatos y en general los herbicidas son menos tóxicos al bass que los insecticidas. Cuando el bass se contamina con hidrocarburos clorinados, su comportamiento cambia en minutos, se torna muy activo, "boquea" por aire y huye a altas velocidades, hay pérdida de balance, se torna quieto y luego muere (Bulkeley, R.V. 1975) no se informa de otras especies como Tilapia, Dormilón o Carpa que fueran afectadas en esta mortandad, pero esta actividad se puede atribuir a los mismos hidrocarburos (Inman, C.R. 1979). Los síntomas de intoxicación con órganos fosforados son: las aletas pectorales son giradas hacia delante a los lados de la cabeza y así permanecen después de muertos, con la boca abierta; una exposición crónica causa una curvatura permanente de la espina dorsal (Bulkeley, R.V. 1975; Inman, C.R. 1970).

Las bajas concentraciones alteran el crecimiento normal del bass, y su comportamiento, haciéndolo menos precavido y reduciendo su resistencia natural a enfermedades y parásitos.

Algunos organoclorados (DDT, DDD, DDE, Aldrín, Dieldrín, Endrín, Clordano, Heptacloro, Toxafeno, Lindane, Endosulfan, etc.) son considerados especialmente peligrosos debido a su persistencia y acumulación.

La dosis tóxica para el "Black Bass" en Lc50 Mg/1 durante 96 horas son:

DDT	2 Mg/1
Lindane	32 Mg/1
oxaphene	2 Mg/1
Azinphosmethyl guthion	5 Mg/1
Ciodrin	1100 Mg/1
Dioxathion Delnav	36 Mg/1
Ethion nialate	150 Mg/1
Fenthion Baytex	1540 Mg/1
Paration	190 Mg/1
Malation	285 Mg/1
Methyl Parathion Bayer EGO1	220 Mg/1

Las concentraciones permisibles en carne de pez para consumo humano son:

1 Mg/kg de DDT  
0.1 Mg/kg los demás pesticidas

Y las concentraciones permisibles en el agua varían de:

Dieldrín —	0.005
Clordano —	0.04
Endrón —	0.02
Lindane —	0.02
Toxafeno —	0.01

### C. EFECTO DEL TERREMOTO

Ciertamente el terremoto del 4 de febrero de 1975 sacudió los sedimentos del fondo del lago, (horas después del fenómeno sísmico, se observó que en el nacimiento subterráneo del Río Lindo, el agua se enturbió fuertemente, (Flores, R. comunicación personal), pero los sedimentos tóxicos han sido depositados solamente en el Rincón del Mico y la muerte ocurrió en la orilla norte. Existen varias especies de peces (*Parasilurus asotus*)

<sup>2</sup> Water Quality Criteria 1972.

que se les ha reconocido y estudiado la relación entre su comportamiento anormal y la actividad sísmica (Hatai, S. y Abe, N. 1932; Hati, S. et al., 1932; Anderson, C. 1973); algunas muestran una excesiva movilidad, incluso llegan a saltar fuera de su estanque o pecera y otros mueren sin causa aparente. No se tienen informes de que el Black Bass posea tales habilidades. Por último cabe mencionar el uso intencionado de veneno por mano criminal, ya que el bass salado y secado al sol tiene gran demanda durante la Semana Santa.

#### D. DISMINUCION DEL OXIGENO DISUELTO

La teoría de una disminución letal en la cantidad de oxígeno disuelto en las capas internas del lago como posible causa, tiene los siguientes argumentos favorables:

- a) Los peces grandes mueren primero.
- b) Los peces mueren generalmente en la noche o temprano en la mañana.

Tienen los siguientes argumentos desfavorables:

- a) El agua debe presentar una coloración café, negra o gris y un olor pútrido, lo cual no se ha observado en las aguas del lago.
- b) Estas son puestas en movimiento constantemente por acción eólica y por las corrientes submarinas (observ. personal con SCUBA), el Río Lindo tiene contacto subterráneo con el lago de Yojoa, lo mismo que los túneles de la compañía minera, tales efluentes subterráneos ayudan al cambio constante de las aguas en las capas inferiores.
- c) La mortandad reportada en 1976 sucedió cerca de la orilla en donde la profundidad es menor y la acción del viento es más efectiva, y los peces tienen la alternativa de llegar rápidamente a la superficie en busca de más oxígeno.

Se considera que la mortandad de febrero de 1976 se debió a una intoxicación súbica y en concentración significativa por plaguicidas (insecticidas en algún sector de la orilla norte del lago, (las evidencias empíricas indican que los plaguicidas orgánicos de las tierras agrícolas se incorporan a las aguas superficiales a través del percolado y drenaje, (Faust, S.D. 1964). El

hecho de que solamente ejemplares adultos y hembras fueran las afectadas en este caso, tiene su explicación: en todas las poblaciones naturales de bass, los machos tienen menor longevidad que las hembras, y después de cierta edad dejan de crecer al ritmo normal y alcanzan una asintota; las hembras, en cambio, continúan con su crecimiento en J; el mes de febrero es el tiempo de migración de los sexualmente maduros que se mueven a las orillas protegidas en busca de áreas óptimas para construcción de nidos, lo que puede ocasionar un escape de las otras especies que habitan en las mismas áreas.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) Debido a que es prácticamente imposible la remoción de los sedimentos tóxicos depositados en el Rincón del Mico; es imperativo, el monitoreo intensivo físico-químico de las aguas del Lago de Yojoa y de sus afluentes y que se vigile de cualquier cambio en las características del agua.
- 2) Se hace necesario además del monitoreo de las aguas, un programa de mantenimiento de las cuencas que interesan al lago, así como una política para el uso del terreno.
- 3) Los métodos empleados por la Empresa Minera no son suficientes ni eficientes para la retención de los sedimentos tóxicos; es más, representan un peligro latente que en cualquier momento se rompa y que una descarga masiva e imparable causa nuevamente una mortandad. La Empresa Minera no está dando ningún tratamiento a sus aguas altamente cianuradas. En el caso de la Empresa Minera el problema no se resolverá con un monitoreo de sus aguas residuales, ni con la construcción o reconstrucción de muros o tanques de sedimentación ni con la implementación de "bioensayos" en las aguas aledañas a la quebrada, ni con la aplicación de multas irrisorias (L.800.00 en 1970 por infracción al Código de Minería vigente) (Valladares A, 1970).

La medida que debe tomarse tiene que ser estricta para una solución definitiva, con participación multidisciplinaria de las agencias del gobierno que de una u otra manera se encuentran involucradas con el desarrollo del área.



- 4) Estrecha vigilancia y control en todas aquellas actividades que incluyen el uso de plaguicidas, esto comprende actividad agrícola, ganadería e incluye las actividades de la E.N.E.E. en querer controlar las “malezas” acuáticas.
- 5) De una u otra manera cualquier tipo de desarrollo inmediato del Lago de Yojoa, tendrá un impacto en el Eco-sistema, el cual podrá ser prevenido en la medida en que RENARE supervise y recomiende los desarrollos. Ninguno de los hoteles que actualmente existen en el lago le da un tratamiento efectivo a sus aguas negras. La población alrededor del lago (incluyendo el Mochito) no poseen sistema alguno de tratamiento a sus aguas para tomar, con lo que el peligro de epidemias es también latente. Se debe prohibir verter cualquier tipo de desperdicios al agua del lago incluyendo víscera de pescado, bolsas plásticas y otros materiales.

Ninguna de las anteriores medidas será efectiva si nó se cuenta con una ley del medio ambiente que disponga las acciones que se deben tomar en cada caso, y sin un capacitado cuerpo de vigilancia.

- 6) Es conveniente que la Dirección de Recursos Naturales Renovables cobre L.25.00 por pescador deportivo extranjero y L.5.00 por pescador deportivo hondureño, lo que de acuerdo a los datos del ingreso de dicho tipo turístico dejaría un beneficio mínimo de aproximadamente L.25,000 anuales al fisco, los que pueden ser utilizados en la implementación de la inspectoría de caza y pesca ubicada en el lago y de los programas de investigación aplicada sobre el mismo recurso.
- 7) El turismo extranjero y nacional puede ser mejor atendido y a la vez informado (educado) sobre la ecología del Lago de Yojoa por medio de una estación de educación ambiental ubicada en la misma inspectoría de caza y pesca y atendida por personal preparado con material audiovisual.
- 8) Se necesita un trabajo intensivo de promoción con los pescadores y vendedoras de pescado frito, alrededor del lago para organizarlos y mejorar sus recetas en la preparación del pescado en forma diversa y más atractiva.
- 9) Deben continuar las prohibiciones vigentes en cuanto a la cacería, y captura de cocodrilo, nutria, pesca con arpón, dinamita y veneno, y cacería de patos o cualquier otra ave.

## LITERATURA CITADA

1. ANDERSON, C. Animals, earthquakes and eruptions. *Mus. Nat. Hist.* 44 (5): 9-11. 1973.
2. BULKLEY, R.V. Chemical and physical effects on the contrarchid bass. S. n.t., *Black Bass Biology and Management*, Sport Fishing Institute, 195. p. 286-293.
3. BURDICK, G. **et al.** La acumulación de DDT en las truchas lacustres y su efecto sobre la reproducción. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 93: 127-136. 1964.
4. CASTELLANOS, V. Lago de Yojoa, informe de los resultados analíticos a muestra de agua y suelos, zona vecina a los viveros comerciales; informe de la Dirección General de Minas e Hidrocarburos, s.n.t. 1973. 15 p.
5. ELLISON, D. Yojoa world record lake. *Metroplex Sportsman* 1 (2): 1976.
6. FAUST, S.D. La contaminación del medio acuático con pesticidas orgánicos. *Clinical Pharmacoloty and Therapeutics* 5:677-686. 1964.
7. FIGUEROA, M. y CAMBAR, P. Investigaciones sobre las posibles causas de muerte de los peces en el Lago de Yojoa. Informe. Tegucigalpa, Ciudad Universitaria, UNAH, 1973. 3 p.
8. FIGUEROA, M. Por qué mueren los peces en el Lago de Yojoa? . Informe. Tegucigalpa Ciudad Universitaria, UNAH, 1976. (Mimeo).
9. HEIDINGER, R.C. Synopsis of biological data on the largemouth bass. *FAO Fisheries Synopsis* No.115. 1976. 85 p.
10. HATAI, S. y ABE, N. The responcees of the carfish (*Parasilutus asotus*) to earthquakes. *Proc. Imper. Acad. (Japón)* 8:375-398. 1932.

11. -----KOKUBOS, S. y ABE, N. The earth currents in relation to the responses of catfish. Proc. Imper. Acad. (Japón) 8:481-487. 1932.
12. HONDURÁS. DIRECCION GENERAL DE MINAS E HIDROCARBUROS. Impacto ecológico del Mineral El Mochito. Informe. Tegucigalpa, 1976. 50 p.
13. INMAN, C.R. y HAMBRIC, R.N. Diseases and parasites of warm water fishes. s.l., Texas Parks & Wildlife Dept., 1976. 2 p.
14. RESULTADOS DE residuos biológicos. Resultado del análisis de pesticidas en muestra de peces (Black Bass) del Lago de Yojoa en 1973 y 1976. Informe. s.n.t., 1976. 2 p.
15. LIN, S. A report on the survey of inland fisheries resources of Honduras with recomendation of the development. Informe FAO para el Gobierno de Honduras, s.n.t., 1954. (Manuscrito).
16. ----- The introduction of largemouth black bass and bluegill in Central América. Informe FAO. s.n.t., 1958. 18 p. (Manuscrito).
17. MALZ, C. Found a lake that may hold the next world record bass. Fishing Facts 10 (2): ? 1976.
18. MERLINI, M. y POZZI, G. Lead and Freshwater: Part. 1: lead accumulation and water pH. Environ. Pollut. No.12: 167-171. 1977.
19. ----- . Lead and fresh water fishes: Part. 2: ionic lead accumulation. Environ. Pollut. No.13:119-125. 1977.
20. OSTMARK, H.E. The largemouth black bass, new comer to the tropics. Informe s.n.t., 1964. 8 p. (Mimeo).
21. QUEVEDO, M.M. Recomendaciones para la estructuración y funcionamiento del Departamento de Ecología y Asuntos Ambientales. Informe. s.n.t. 1977. (Mimeo).

22. STOVER, R.H. Carta personal a S.Y. Lin. 1958.
23. VALLADARES, A. Carta oficial a R. Elvir Aceituno. 1970.
24. ----- . Water quality criteria. A report of the Committee on Water Quality Criteria. Washington, D.C., 1972. 594. p.
25. WALKER, L. Carta personal a Jorge Betancourt. 1977.