



DESARROLLOS DE NIVELES GUIA NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA AMBIENTE CORRESPONDIENTES A COBALTO

Diciembre 2004

INDICE

	<i>pág.</i>
III) Nivel guía de calidad de agua ambiente para protección de la biota acuática correspondiente a cobalto (aplicable a agua dulce)	III.1
III.1) <i>Introducción</i>	III.1
III.2) <i>Derivación del nivel guía de calidad para protección de la biota acuática</i>	III.1
III.2.a) <i>Selección de especies</i>	III.2
III.2.b) <i>Cálculo del Valor Agudo Final</i>	III.5
III.2.c) <i>Cálculo del Valor Crónico Final</i>	III.6
III.2.d) <i>Establecimiento del nivel guía de calidad para cobalto correspondiente a protección de la biota acuática</i>	III.6
IX) Técnicas analíticas asociadas a la determinación de cobalto	IX.1
X) Referencias	X.1



III) NIVEL GUIA DE CALIDAD DE AGUA AMBIENTE PARA PROTECCION DE LA BIOTA ACUATICA CORRESPONDIENTE A COBALTO (APLICABLE A AGUA DULCE)

III.1) Introducción

Existe una cantidad importante de trabajos que analizan los efectos tóxicos agudos del cobalto en los animales acuáticos, siendo menor la de los que versan sobre su toxicidad crónica.

Entre los invertebrados, la especie más sensible al cobalto en lo que respecta a la toxicidad aguda es *Daphnia magna*, para la que se ha registrado una concentración letal para el 50% de los individuos expuestos (CL₅₀) igual a 1 mg/l (Cabejszek and Stasiak, 1960), mientras que la más resistente es *Caenorhabditis elegans*, especie para la que se ha reportado una CL₅₀ igual 1,27 g/l (Tatara et al., 1998).

En cuanto a los vertebrados, la especie más sensible a la acción aguda del cobalto es *Gastrophryne carolinensis*, para la cual se ha informado una CL₅₀ igual a 50 µg/l (Birge et al., 1979), mientras que la más resistente es *Poecilia reticulata*, para la que se ha reportado una CL₅₀ igual a 1,88 g/l (Yarzhombek et al., 1991).

En lo que respecta a la toxicidad crónica del cobalto sobre los invertebrados, la especie más sensible es el crustáceo *Daphnia magna*, para la que se ha informado una concentración a la cual no se observa efecto (NOEC) igual a 2,8 µg/l luego de 28 días de exposición (Kimball, 1978); la más resistente es *Orconectes limosus*, para la cual se ha reportado una CL₅₀ (30 días) igual a 880 µg/l (Boutet and Chaisemartin, 1973). Entre los vertebrados, sólo se cuenta con información sobre toxicidad crónica para dos peces: *Oncorhynchus mykiss*, con una CL₅₀ (28 días) igual a 470 µg/l (Birge et al., 1978), y *Pimephales promelas*, con NOECs (28 días) comprendidos entre 210 y 810 µg/l (Kimball, 1978).

En lo que hace a algas y plantas acuáticas, la especie más sensible es *Chlorella vulgaris*, con un valor de NOEC reportado igual a 4,2 µg/l (Den Dooren de Jong, 1965), mientras que la más resistente es *Spirulina platensis*, para la que se informó una concentración a la cual se observan efectos adversos en el 50% de los organismos expuestos (CE₅₀) igual a 23,8 mg/l (Sharma, 1987).

Con respecto a la bioconcentración del cobalto, para el pez *Oncorhynchus mykiss* se han reportado factores de bioconcentración (BCF) que varían entre 0,5 y 4,6 luego de exposiciones entre 30 y 98 días (Litzke and Hubel, 1993; Baudin et al., 1997), mientras que el crustáceo *Austropotamobius pallipes* presenta un BCF igual a 16 (Lyon et al., 1984). Entre los vegetales, *Lemna minor* presenta BCFs comprendidos entre 785 y 3937 (Dirilgen and Inel, 1994).



III.2) Derivación del nivel guía para protección de la biota acuática

Dado que no se cuenta con suficientes datos de toxicidad crónica para calcular directamente el Valor Crónico Final para cobalto, se efectúa este cálculo a partir de datos de toxicidad aguda y aplicando un factor de extrapolación. Se apela a dicho factor en razón de que no se dispone tampoco de la información sobre toxicidad crónica requerida para determinar la Relación Final Toxicidad Aguda/Crónica (FACR).

III.2.a) Selección de especies

En la Tabla III.1 se exponen 84 datos asociados a manifestaciones de toxicidad aguda del cobalto sobre animales, que corresponden a CL₅₀ o a CE₅₀. En la Tabla III.2 se presentan 16 datos asociados a efectos tóxicos en algas y plantas acuáticas. El conjunto de datos seleccionados se considera apropiado en virtud de cubrir un número amplio de grupos taxonómicos, a saber: cinco familias de peces (*Cyprinidae*, *Cyprinodontidae*, *Percidae*, *Poeciliidae* y *Salmonidae*), cinco de crustáceos (*Astacidae*, *Diaptomidae*, *Gammaridae*, *Daphnidae* y *Cambaridae*), una de planarias (*Planariidae*), dos de insectos (*Chironomidae* y *Ephemerelellidae*), una de anélidos (*Tubificidae*), una de anfibios (*Microhylidae*), dos de protozoos (*Spirostomidae* y *Tetrahymeniidae*), una de nematodos (*Rhabditidae*), cuatro de algas (*Chlorellaceae*, *Cladophoraceae*, *Scenedesmaceae* y *Chlamydomonadaceae*) y dos de plantas vasculares (*Lemnaceae* y *Azollaceae*).

TABLA III.1 – CONCENTRACIONES DE COBALTO ASOCIADAS A EFECTOS TOXICOS AGUDOS SOBRE LAS ESPECIES DE ANIMALES ACUATICOS SELECCIONADAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL NIVEL GUIA CORRESPONDIENTE

Espece	Familia	Concentración asociada a toxicidad aguda [µg/l]	Valor Agudo Medio para cada especie (SMAV) [µg/l]	Referencia
<i>Austropotamobius pallipes</i>	<i>Astacidae</i>	8800	8800	Boutet and Chaisemartin, 1973
<i>Branchiura sowerbyi</i>	<i>Tubificidae</i>	132620	132620	Das and Kaviraj, 1994
<i>Caenorhabditis elegans</i>	<i>Rhabditidae</i>	1272957	1272957	Tatara et al., 1998
<i>Carassius auratus</i>	<i>Cyprinidae</i>	810		Birge et al., 1979
<i>Carassius auratus</i>	<i>Cyprinidae</i>	810		Birge, 1978
<i>Carassius auratus</i>	<i>Cyprinidae</i>	109500 (1)		Ding, 1980
<i>Carassius auratus</i>	<i>Cyprinidae</i>	66800 (1)	810	Ding, 1980
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	2347,2		Diamond et al., 1992
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	4595,7		Diamond et al., 1992
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	4196	3564	Diamond et al., 1992
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinidae</i>	105000		Ding, 1980
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinidae</i>	90200		Ding, 1980
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinidae</i>	332980		Das and Kaviraj, 1994
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinidae</i>	82700	146646	Ding, 1980
<i>Chironomus thummi</i>	<i>Chironomidae</i>	600000	600000	Schweiger, 1957
<i>Daphnia hyalina</i>	<i>Daphnidae</i>	1320	1320	Baudouin and Scoppa, 1974
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	2110		Khargarot et al., 1987



TABLA III.1 – CONCENTRACIONES DE COBALTO ASOCIADAS A EFECTOS TOXICOS AGUDOS SOBRE LAS ESPECIES DE ANIMALES ACUATICOS SELECCIONADAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL NIVEL GUIA CORRESPONDIENTE (Cont.)

Especie	Familia	Concentración asociada a toxicidad aguda [µg/l]	Valor Agudo Medio para cada especie (SMAV) [µg/l]	Referencia
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	5800		Ding, 1980
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	16800 (1)		Cabejszek and Stasiak, 1960
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	19600 (1)		Cabejszek and Stasiak, 1960
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	2300		Tomasik et al., 1995
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	1520		Khangarot et al., 1987
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	7370		Kimball, 1978
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	6830		Kimball, 1978
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	7370		Kimball, 1978
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	5150		Kimball, 1978
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	3400		Ding, 1980
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	5500		Cabejszek and Stasiak, 1960
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	6000		Cabejszek and Stasiak, 1960
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	3700		Cabejszek and Stasiak, 1960
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	4600		Cabejszek and Stasiak, 1960
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	1500		Ewell et al., 1986
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	1860		Kimball, 1978
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	1860		Kimball, 1978
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	1700		Cabejszek and Stasiak, 1960
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	3400		Cabejszek and Stasiak, 1960
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	1000		Cabejszek and Stasiak, 1960
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	2700	3200	Cabejszek and Stasiak, 1960
<i>Diaptomus forbesi</i>	<i>Diaptomidae</i>	3440	3440	Das and Kaviraj, 1994
<i>Dugesia tigrina</i>	<i>Planariidae</i>	12000	12000	Ewell et al., 1986
<i>Ephemerella subvaria</i>	<i>Ephemerellidae</i>	16000	16000	Warnick and Bell, 1969
<i>Fundulus heteroclitus</i>	<i>Cyprinodontidae</i>	7300	7300	Thomas, 1915
<i>Gammarus roeseli</i>	<i>Gammaridae</i>	8000	8000	Schweiger, 1957
<i>Gastrophryne carolinensis</i>	<i>Microhylidae</i>	50		Birge et al., 1979
<i>Gastrophryne carolinensis</i>	<i>Microhylidae</i>	50	50	Birge, 1978
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	35000 (1)		Schweiger, 1957
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	30000 (1)		Schweiger, 1957
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	55000 (1)		Schweiger, 1957
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	50000 (1)		Schweiger, 1957
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	50000 (1)		Schweiger, 1957
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	40000 (1)		Schweiger, 1957
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	1406		Marr et al., 1998
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	520	855	Marr et al., 1998
<i>Orconectes limosus</i>	<i>Cambaridae</i>	10200	10200	Boutet and Chaisemartin, 1973
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	1232		Diamond et al., 1992
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	1932		Diamond et al., 1992



TABLA III.1 – CONCENTRACIONES DE COBALTO ASOCIADAS A EFECTOS TOXICOS AGUDOS SOBRE LAS ESPECIES DE ANIMALES ACUATICOS SELECCIONADAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL NIVEL GUIA CORRESPONDIENTE (Cont.)

Especie	Familia	Concentración asociada a toxicidad aguda [µg/l]	Valor Agudo Medio para cada especie (SMAV) [µg/l]	Referencia
Pimephales promelas	Cyprinidae	3833		Diamond et al., 1992
Pimephales promelas	Cyprinidae	13733 (1)		Diamond et al., 1992
Pimephales promelas	Cyprinidae	6200		Diamond et al., 1992
Pimephales promelas	Cyprinidae	22000 (1)		Ewell et al., 1986
Pimephales promelas	Cyprinidae	3750		Kimball, 1978
Pimephales promelas	Cyprinidae	3460	3003	Kimball, 1978
Poecilia reticulata	Poeciliidae	1875000	1875000	Yarzhombek et al., 1991
Polycelis nigra	Planariidae	83000	83000	Jones, 1940
Salvelinus fontinalis	Salmonidae	45000		Schweiger, 1957
Salvelinus fontinalis	Salmonidae	40000		Schweiger, 1957
Salvelinus fontinalis	Salmonidae	100000		Schweiger, 1957
Salvelinus fontinalis	Salmonidae	55000		Schweiger, 1957
Salvelinus fontinalis	Salmonidae	50000		Schweiger, 1957
Salvelinus fontinalis	Salmonidae	50000	53984	Schweiger, 1957
Spirostomum ambiguum	Spirostomidae	8520		Nalecz-Jawecki and Sawicki, 1998
Spirostomum ambiguum	Spirostomidae	11800		Nalecz-Jawecki and Sawicki, 1998
Spirostomum ambiguum	Spirostomidae	7730		Nalecz-Jawecki and Sawicki, 1998
Spirostomum ambiguum	Spirostomidae	10600	9527	Nalecz-Jawecki and Sawicki, 1998
Stizostedion lucioperca	Percidae	11		Stangenberg, 1975
Tetrahymena pyriformis	Tetrahymeniidae	24000 (1)		Sauvant et al., 1995
Tetrahymena pyriformis	Tetrahymeniidae	1270	1270	Carter and Cameron, 1973
Tinca tinca	Cyprinidae	150000		Schweiger, 1957
Tinca tinca	Cyprinidae	125000		Schweiger, 1957
Tinca tinca	Cyprinidae	500000		Schweiger, 1957
Tinca tinca	Cyprinidae	300000		Schweiger, 1957
Tinca tinca	Cyprinidae	200000		Schweiger, 1957
Tinca tinca	Cyprinidae	300000	210858	Schweiger, 1957
Tubifex tubifex	Tubificidae	400000	400000	Schweiger, 1957

Nota:

(1): Dato no utilizado para el cálculo del Valor Agudo Medio para cada especie (SMAV) por diferir en el orden de magnitud con el menor de los datos seleccionados



TABLA III.2 - CONCENTRACIONES DE COBALTO ASOCIADAS A EFECTOS TOXICOS SOBRE LAS ESPECIES ACUATICAS SELECCIONADAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL VALOR FINAL PARA PLANTAS (FPV)

Especie	Familia	Concentración asociada a efectos tóxicos [µg/l]	Referencia
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	<i>Chlamydomonadaceae</i>	318	Macfie et al., 1994
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	<i>Chlamydomonadaceae</i>	3047	Macfie et al., 1994
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	<i>Chlamydomonadaceae</i>	1120	Macfie et al., 1994
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	<i>Chlamydomonadaceae</i>	1556	Macfie et al., 1994
<i>Azolla pinnata</i>	<i>Azollaceae</i>	242	Gaur et al., 1994
<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Chlorellaceae</i>	522	Rachlin and Grosso, 1993
<i>Spirodela polyrhiza</i>	<i>Lemnaceae</i>	136	Gaur et al., 1994
<i>Spirulina platensis</i>	<i>Lemnaceae</i>	8130	Sharma et al., 1987
<i>Spirulina platensis</i>	<i>Lemnaceae</i>	10900	Sharma et al., 1987
<i>Spirulina platensis</i>	<i>Lemnaceae</i>	14400	Sharma et al., 1987
<i>Spirulina platensis</i>	<i>Lemnaceae</i>	23800	Sharma et al., 1987
<i>Lemna minor</i>	<i>Lemnaceae</i>	16900	Dirilgen and Inel, 1994
<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Chlorellaceae</i>	8,2	Den Dooren de Jong, 1965
<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Chlorellaceae</i>	4,2	Den Dooren de Jong, 1965
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	<i>Scenedesmaceae</i>	1000	Bringmann and Kuhn, 1959
<i>Cladophora glomerata</i>	<i>Cladophoraceae</i>	200	Vymazal, 1995

III.2.b) Cálculo del Valor Agudo Final

El Valor Agudo Final se calcula de acuerdo al procedimiento descrito en la metodología cuando la toxicidad de una sustancia no está asociada con las características del agua, dado que no hay evidencia en sentido contrario para el cobalto. A partir de los datos que se exhiben en la Tabla III.1 se determinan los valores agudos medios para cada especie (SMAV), que se presentan en la tabla antedicha, y género (GMAV), que se exponen ordenados crecientemente en la Tabla III.3, junto a sus números de orden, R, y las probabilidades acumulativas correspondientes, P_R , siendo $P_R = R/(N+1)$.

TABLA III.3 – COBALTO: PROBABILIDAD ACUMULATIVA (P_R) y VALOR AGUDO MEDIO PARA CADA GENERO (GMAV)

Género	GMAV [µg/l]	P_R	R
<i>Stizostedion</i>	11	0,04	1
<i>Gastrophryne</i>	50	0,08	2
<i>Carassius</i>	810	0,12	3
<i>Oncorhynchus</i>	855	0,15	4
<i>Tetrahymena</i>	1270	0,19	5
<i>Daphnia</i>	2055	0,23	6
<i>Pimephales</i>	3003	0,27	7
<i>Diaptomus</i>	3440	0,31	8
<i>Ceriodaphnia</i>	3564	0,35	9



TABLA III.3 – COBALTO: PROBABILIDAD ACUMULATIVA (P_R) y VALOR AGUDO MEDIO PARA CADA GENERO (GMAV) (Cont.)

Género	GMAV [µg/l]	P _R	R
<i>Fundulus</i>	7300	0,38	10
<i>Gammarus</i>	8000	0,42	11
<i>Austropotamobius</i>	8800	0,46	12
<i>Spirostomum</i>	9527	0,50	13
<i>Orconectes</i>	10200	0,54	14
<i>Dugesia</i>	12000	0,58	15
<i>Ephemerella</i>	16000	0,62	16
<i>Salvelinus</i>	53984	0,65	17
<i>Polycelis</i>	83000	0,69	18
<i>Branchiura</i>	132620	0,73	19
<i>Cyprinus</i>	146646	0,77	20
<i>Tinca</i>	210858	0,81	21
<i>Tubifex</i>	400000	0,85	22
<i>Chironomus</i>	600000	0,88	23
<i>Caenorhabditis</i>	1272957	0,92	24
<i>Poecilia</i>	1875000	0,96	25

De acuerdo al esquema metodológico establecido, el análisis de regresión de los GMAV correspondientes a los números de orden 1, 2, 3 y 4 arroja los siguientes resultados para la pendiente (b), la ordenada al origen (a) y la constante (k):

$$b = 25,49$$

$$a = -2,74$$

$$k = 2,96$$

Calculando el Valor Agudo Final (FAV) según:

$$FAV = e^k$$

resulta:

$$FAV = 19,3 \mu\text{g/l}$$

III.2.c.) Cálculo del Valor Crónico Final

En función de la información toxicológica disponible correspondiente a animales acuáticos, se juzga apropiado utilizar un factor de extrapolación igual a 10 para calcular el Valor Crónico Final (FCV) a partir del FAV.

Dividiendo el FAV calculado (19,3 µg/l) por el factor de extrapolación elegido (10), resulta:

$$FCV = 1,9 \mu\text{g/l}$$



III.3) *Establecimiento del nivel guía de calidad para cobalto correspondiente a protección de la biota acuática*

En virtud de que el Valor Crónico Final no supera al Valor Final para Plantas (FPV) que resulta de la Tabla III.2 (4,2 µg/l), se especifica el siguiente nivel guía de calidad para cobalto a los efectos de la protección de la biota acuática (NGPBA), referido a la muestra de agua filtrada:

$$\text{NGPBA (Cobalto)} \leq 1,9 \mu\text{g/l}$$



IX) TECNICAS ANALITICAS ASOCIADAS A LA DETERMINACION DE COBALTO

En la Base de Datos “Técnicas Analíticas” pueden ser seleccionados métodos analíticos validados para evaluar la cumplimentación del nivel guía nacional de calidad de agua ambiente derivado para cobalto.



X) REFERENCIAS

- Baudouin, M.F. and P. Scoppa. 1974. Acute toxicity of various metals to freshwater zooplankton. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 12(6): 745-751. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Birge, W.J. 1978. Aquatic toxicology of trace elements of coal and fly ash. In: J.H. Thorp and J.W. Gibbons (Eds.), Dep. Energy Symp. Ser., Energy and Environmental Stress in Aquatic Systems, Augusta, GA 48: 219-240. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Birge, W.J., J.A. Black and A.G. Westerman. 1979. Evaluation of aquatic pollutants using fish and amphibian eggs as bioassay organisms. In: S.W. Nielsen, G. Migaki and D.G. Scarpelli (Eds.), Symp. Animals Monitors Environ. Pollut., 1977, Storrs, CT 12: 108-118. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Boutet, C. and C. Chaisemartin. 1973. Specific toxic properties of metallic salts in *Austropotamobius pallipes pallipes* and *Orconectes limosus*. C. R. Soc. Biol. (Paris) 167(12): 1933-1938. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Bringmann, G. and R. Kuhn. 1959. The toxic effects of waste water on aquatic bacteria, algae, and small crustaceans. Tr-Ts-0002; Gesund. Ing.80: 115-120 53:17390G. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Cabejszek, I. and M. Stasiak. 1960. Investigation on the influence of some metals on the biocoenosis of water with the use of *Daphnia magna* as an indicator (Part I). Roczn. Zabl. Hig. Warsaw 11: 303-312. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Carter, J.W. and I.L. Cameron. 1973. Toxicity bioassay of heavy metals in water using *Tetrahymena pyriformis*. Water Res. 7(7): 951-961. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Das, B.K. and A. Kaviraj. 1994. Individual and interactive lethal toxicity of cadmium, potassium permanganate and cobalt chloride to fish, worm and plankton. Geobios 21(4): 223-227. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Den Dooren de Jong, L.E. 1965. Tolerance of *Chlorella vulgaris* for metallic and non-metallic ions. Antonie Leeuwenhoek J. Microbiol. Serol. 31: 301-313. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Diamond, J.M., E.L. Winchester, D.G. Mackler, W.J. Rasnake, J.K. Fanelli and D. Gruber. 1992. Toxicity of cobalt to freshwater indicator species as a function of water hardness. Aquat. Toxicol. 22(3): 163-180. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Ding, S.R. 1980. Acute toxicities of vanadium, nickel and cobalt to several species of aquatic organisms. Environ. Qual. 1: 17-21. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Dirilgen, N. and Y. Inel. 1994. Cobalt-copper and cobalt-zinc effects on duckweed growth and metal accumulation. J. Environ. Sci. Health A29(1): 63-81. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.



- Ewell, W.S., J.W. Gorsuch, R.O. Kringle, K.A. Robillard and R.C. Spiegel. 1986. Simultaneous evaluation of the acute effects of chemicals on seven aquatic species. *Environ. Toxicol. Chem.* 5(9): 831-840. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Gaur, J.P., N. Noraho and Y.S. Chauhan. 1994. Relationship between heavy metal accumulation and toxicity in *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. and *Azolla pinnata* R. Br. *Aquat. Bot.* 49(2/3): 183-192. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Jones, J.R.E. 1940. A further study of the relation between toxicity and solution pressure, with *Polycelis nigra* as test animal. *J. Exp. Biol.* 17: 408-415. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Khangarot, B.S., P.K. Ray and H. Chandra. 1987. *Daphnia magna* as a model to assess heavy metal toxicity: comparative assessment with mouse system. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 15(4): 427-432. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Kimball, G. 1978. The effects of lesser known metals and one organic to fathead minnows (*Pimephales promelas*) and *Daphnia magna*. Manuscript, Dep. of Entomology, Fisheries and Wildlife, University of Minnesota, Minneapolis, M N: 88. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Macfie, S.M., Y. Tarmohamed and P.M. Welbourn. 1994. Effects of cadmium, cobalt, copper, and nickel on growth of the green alga *Chlamydomonas reinhardtii*: The influences of the cell wall and pH. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 27(4): 454-458. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Marr, J.C.A., J.A. Hansen, J.S. Meyer, D. Cacela, T. Podrabsky, J. Lipton and H.L. Bergman. 1998. Toxicity of cobalt and copper to rainbow trout: application of a mechanistic model for predicting survival. *Aquat. Toxicol.* 43(4): 225-238. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Nalecz-Jawecki, G. and J. Sawicki. 1998. Toxicity of inorganic compounds in the spirotox test: a miniaturized version of the *Spirostomum ambiguum* test. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 34(1): 1-5. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Rachlin, J.W. and A. Grosso. 1993. The growth response of the green alga *Chlorella vulgaris* to combined divalent cation exposure. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 24: 16-20. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Sauvant, M.P., D. Pepin, J. Bohatier and C.A. Groliere. 1995. Microplate technique for screening and assessing cytotoxicity of xenobiotics with *Tetrahymena pyriformis*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 32(2): 159-165. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Schweiger, G. 1957. The toxic action of heavy metals salts on fish and organisms on which fish feed. *Arch. Fischereiwiss.* 8: 54-78. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Sharma, R.M., S. Panigrahi and P.A. Azeez. 1987. Effect of cobalt on the primary productivity of *Spirulina platensis*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 39(4): 716-720. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Stangenberg, M. 1975. The influence of the chemical composition of water on the pike perch (*Lucioperca lucioperca* L.) fry from the lake Gopio. *Limnologica* 9(3): 421-426. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- Tatara, C.P., M.C. Newman, J.T. McCloskey and P.L. Williams. 1998. Use of ion characteristics to predict relative toxicity of mono-, di- and trivalent metal ions: *Caenorhabditis elegans*. *Aquat. Toxicol.* 42: 255-269. En: AQUIRE (Aquatic toxicity



Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.

Thomas, A. 1915. Effects of certain metallic salts upon fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.* 44: 120-124. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.

Tomasik, P., C.H.D. Magadza, S. Mhizha and A. Chirume. 1995. The metal-metal interactions in biological systems. Part III. *Daphnia magna*. *Water Air Soil Pollut.* 82: 695-711. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.

Vymazal, J. 1995. Influence of pH on heavy metals uptake by *Cladophora glomerata*. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 42(3): 231-237. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.

Warnick, S.L. and H.L. Bell. 1969. The acute toxicity of some heavy metals to different species of aquatic insects. *J. Water Pollut. Control Fed.* 41(2): 280-284. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.

Yarzhombek, A.A., A.E. Mikulin and A.N. Zhdanova. 1991. Toxicity of some substances to fish in relation to form of exposure. (Toksichnost Vestichestv diya ryb v Zavisimosti ot Sposoba Vozdejstviya). *J. Ichthyol* 31(7): 99-106; *Vopr.Ikhtiol.*31(3):496-502. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.