



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

DESARROLLOS DE NIVELES GUIAS NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA AMBIENTE CORRESPONDIENTES A BERILIO

Julio 2004

INDICE

	<i>pág.</i>
III) Nivel guía de calidad de agua ambiente para protección de la biota acuática correspondiente a berilio (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.4
III.2.c) <i>Cálculo del Valor Crónico Final</i>	III.5
III.3) <i>Establecimiento del nivel guía de calidad para berilio correspondiente a protección de la biota acuática</i>	III.5
X) Referencias	X.1



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

III.1) Introducción

Existe una cantidad importante de trabajos que analizan los efectos tóxicos agudos del berilio en los animales acuáticos, mientras que los trabajos sobre su toxicidad crónica son escasos.

Entre los invertebrados, la especie más sensible al berilio 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 50 µg/l (Ewell et al., 1986), mientras que las más resistentes son *Asellus intermedius*, *Dugesia tigrina*, *Helisoma trivolvis* y *Lumbriculus variegatus*, para las cuales se han reportado CL₅₀ mayores que 10 mg/l (Ewell et al., 1986).

En cuanto a los vertebrados, la especie más sensible a la acción aguda del berilio es *Cyprinus carpio*, para la cual se ha informado una CL₅₀ igual a 80 µg/l (Hildebrand and Cushman, 1978), mientras que las más resistentes son *Salvelinus fontinalis* e *Ictalurus punctatus*, para las que se ha observado una CL₅₀ igual a 59,3 mg/l (Cardwell et al., 1976).

Con respecto a la toxicidad crónica del berilio sobre los invertebrados, sólo se cuenta con información para el crustáceo *Daphnia magna*, para el que se ha reportado una concentración a la cual no se observan efectos (NOEC) igual a 3,8 µg/l (Kimball, 1978). Para los vertebrados, se cuenta con datos de toxicidad crónica solamente para el pez *Oncorhynchus mykiss*, para el que se ha informado una CL₅₀ (28 días) igual a 380 µg/l (Birge et al., 1980).

En lo que hace a algas y plantas acuáticas, la especie más sensible es *Scenedesmus quadricauda*, que manifestó efectos adversos en el crecimiento poblacional a una concentración igual a 30 µg/l (Bringmann and Kuhn, 1979), mientras que la más resistente es *Lemna minor*, para que se han verificado efectos letales recién a una concentración igual a 8 mg/l (Lebedeva, 1960).

Sobre bioconcentración del berilio sólo se cuenta con información para *Lepomis macrochirus*, especie para la que se ha reportado un factor de bioconcentración (BCF) igual a 19 (Barrows et al., 1978).

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 berilio, 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 53 datos asociados a manifestaciones de toxicidad aguda del berilio sobre animales, que corresponden a CL₅₀ o a concentraciones a las cuales se observan efectos adversos en el 50% de los individuos expuestos (CE₅₀). En la Tabla III.2 se presentan 6 datos asociados a efectos tóxicos en algas. El conjunto de datos seleccionados se considera apropiado en virtud de cubrir un número amplio de grupos taxonómicos, a saber: seis familias de peces (*Cyprinidae*, *Cyprinodontidae*, *Ictaluridae*, *Centrarchidae*, *Poeciliidae* y *Salmonidae*), tres de crustáceos (*Gammaridae*, *Daphnidae* y *Asellidae*), una de planarias (*Planariidae*), una de moluscos (*Planorbidae*), una de anélidos (*Lumbriculidae*), una de nematodos (*Rhabditidae*), tres de algas (*Chlorellaceae*, *Scenedesmaceae* y *Chroococcaceae*) y una de plantas acuáticas (*Lemnaceae*).

TABLA III.1 – CONCENTRACIONES DE BERILIO 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>Asellus intermedius</i>	<i>Asellidae</i>	>10000	10000 (2)	Ewell et al, 1986
<i>Caenorhabditis elegans</i>	<i>Rhabditidae</i>	140	140	Williams and Dusenbery, 1990
<i>Carassius auratus</i>	<i>Cyprinidae</i>	46500	46500	Cardwell et al., 1976
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinidae</i>	80		Hildebrand and Cushman, 1978
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinidae</i>	200	126	Hildebrand and Cushman, 1978
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	790 (1)		Bringmann and Kuhn, 1977
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	1000 (1)		LeBlanc, 1980
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	250		LeBlanc, 1980
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	3070 (1)		Kimball, 1978
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	2410 (1)		Kimball, 1978
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	3460 (1)		Kimball, 1978
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	2450 (1)		Kimball, 1978
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	50		Ewell et al, 1986
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	820 (1)		Kimball, 1978
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	1250 (1)	112	Kimball, 1978
<i>Dugesia tigrina</i>	<i>Planariidae</i>	>10000	10000 (2)	Ewell et al., 1986
<i>Gammarus fasciatus</i>	<i>Gammaridae</i>	700	700	Ewell et al., 1986
<i>Helisoma trivolvis</i>	<i>Planorbidae</i>	>10000	10000 (2)	Ewell et al., 1986
<i>Ictalurus punctatus</i>	<i>Ictaluridae</i>	59300	59300	Cardwell et al., 1976
<i>Jordanella floridae</i>	<i>Cyprinodontidae</i>	46300		Cardwell et al., 1976
<i>Jordanella floridae</i>	<i>Cyprinodontidae</i>	41100		Cardwell et al., 1976
<i>Jordanella floridae</i>	<i>Cyprinodontidae</i>	41100	42765	Cardwell et al., 1976
<i>Lepomis macrochirus</i>	<i>Centrarchidae</i>	1300		Tarzwel and Henderson, 1960
<i>Lepomis macrochirus</i>	<i>Centrarchidae</i>	12000	3950	Tarzwel and Henderson, 1960



TABLA III.1 – CONCENTRACIONES DE BERILIO 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>Lumbriculus variegatus</i>	<i>Lumbriculidae</i>	>10000	10000 (2)	Ewell et al., 1986
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	150		Tarzwel and Henderson, 1960
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	15000 (1)		Tarzwel and Henderson, 1960
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	37900 (1)		Cardwell et al., 1976
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	17900 (1)		Kimball, 1978
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	17500 (1)		Kimball, 1978
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	200		Tarzwel and Henderson, 1960
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	11000 (1)		Tarzwel and Henderson, 1960
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	150		Tarzwel and Henderson, 1960
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	20000 (1)		Tarzwel and Henderson, 1960
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	27400 (1)	165	Cardwell et al., 1976
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	32000 (1)		Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	28000 (1)		Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	32000 (1)		Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	24000 (1)		Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	19000 (1)		Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	450		Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	130		Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	200		Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	160		Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	20000 (1)		Slonim and Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	137000 (1)		Slonim and Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	6100 (1)		Slonim and Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	160		Slonim and Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	2500 (1)		Slonim and Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	1330 (1)		Slonim and Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	6300 (1)		Slonim and Slonim, 1973
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	7100 (1)	197	Slonim and Slonim, 1973
<i>Salvelinus fontinalis</i>	<i>Salmonidae</i>	59300	59300	Cardwell et al., 1976

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.

(2): Valor adoptado con criterio conservador para expresar el SMAV.



TABLA III.2 - CONCENTRACIONES DE BERILIO 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>Chlorella vulgaris</i>	<i>Chlorellaceae</i>	3000	Den Dooren de Jong, 1965
<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Chlorellaceae</i>	2000	Den Dooren de Jong, 1965
<i>Lemna minor</i>	<i>Lemnaceae</i>	8000	Lebedeva, 1960
<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Chroococcaceae</i>	430	Bringmann and Kuhn, 1978
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	<i>Scenedesmaceae</i>	30	Bringmann and Kuhn, 1978
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	<i>Scenedesmaceae</i>	30	Bringmann and Kuhn, 1979

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 berilio. 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 – BERILIO: PROBABILIDAD ACUMULATIVA (P_R) y VALOR AGUDO MEDIO PARA CADA GENERO (GMAV)

Género	GMAV [µg/l]	P_R	R
<i>Daphnia</i>	112	0.06	1
<i>Cyprinus</i>	126	0.13	2
<i>Caenorhabditis</i>	140	0.19	3
<i>Pimephales</i>	165	0.25	4
<i>Poecilia</i>	197	0.31	5
<i>Gammarus</i>	700	0.38	6
<i>Lepomis</i>	3950	0.44	7
<i>Asellus</i>	10000	0.50	8
<i>Dugesia</i>	10000	0.56	9
<i>Helisoma</i>	10000	0.63	10
<i>Lumbriculus</i>	10000	0.69	11
<i>Jordanella</i>	42765	0.75	12
<i>Carassius</i>	46500	0.81	13
<i>Ictalurus</i>	59300	0.88	14
<i>Salvelinus</i>	59300	0.94	15



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):

$$b = 1,53$$

$$a = 4,31$$

$$k = 4,66$$

Calculando el Valor Agudo Final (FAV) según:

$$\text{FAV} = e^k$$

resulta:

$$\text{FAV} = 105 \mu\text{g/l}$$

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

En función de la información toxicológica disponible correspondiente a animales, 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 (105 $\mu\text{g/l}$) por el factor de extrapolación elegido (10), resulta:

$$\text{FCV} = 10,5 \mu\text{g/l}$$

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

El Valor Crónico Final no supera al Valor Final para Plantas (FPV) que resulta de la Tabla III.2 (30 $\mu\text{g/l}$), pero sí supera al valor de toxicidad crónica informado para *Daphnia magna* (3,8 $\mu\text{g/l}$). De tal modo, se toma este último valor como base para especificar el siguiente nivel guía de calidad para berilio a los efectos de protección de la biota acuática (NGPBA), referido a la muestra de agua filtrada:

$$\text{NGPBA (Berilio)} \leq 3,8 \mu\text{g/l}$$



X) REFERENCIAS

- Barrows, M.E., S.R. Petrocelli, K.J. Macek and J.J. Carroll. 1978. Bioconcentration and elimination of selected water pollutants by the bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). In: R. Haque (Ed.), Dyn. Exposure Hazard Assess. Toxic Chem., (Pap. Symp.1978), Ann Arbor Sci., Ann Arbor, MI: 379-392 (1980), Am. Chem. Soc., Div. Environ. Chem. 18(2): 345-346 (1978); Abstr. Pap. Am. Chem. Soc. 176:125 (Mar.10, 1980 Memo to D.W.Kuehl, EPA, MN). 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, A.G. Westerman and J.E. Hudson. 1980. Aquatic toxicity tests on inorganic elements occurring in oil shale. In: C.Gale (Ed.), EPA-600/9-80-022, Oil Shale Symposium: Sampling, Analysis and Quality Assurance, March 1979, U.S.EPA, Cincinnati, OH :519-534 (U.S.NTIS PB80-221435). 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. 1977. The effects of water pollutants on *Daphnia magna*. Wasser-Abwasser-Forsch. 10(5): 161-166. 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. 1978. Limiting values for the noxious effects of water pollutant material to blue algae (*Microcystis aeruginosa*) and green algae (*Scenedesmus quadricauda*) in cell propagation inhibition test. Vom Wasser 50: 45-60. 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. 1979. Comparison of toxic limiting concentrations of water contaminants toward bacteria, algae and protozoa in the cell-growth inhibition test. Gi Haustechnik Bauphysik Umwelttech 100(8): 249-252 (GER) (OECDG Data File). 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.
- Cardwell, R.D., D.G. Foreman, T.R. Payne and D.J. Wilbur. 1976. Acute toxicity of selected toxicants to six species of fish. EPA-600/3-76-008, U.S.EPA, Duluth, MN: 125 p. 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. (ESPACIO DESPUÉS DE :)
- 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.
- 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.
- Hildebrand, S.G. and R.M. Cushman. 1978. Toxicity of gallium and beryllium to developing carp eggs (*Cyprinus carpio*) utilizing copper as a reference. Toxicol. Lett. 2(2): 91-95. 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.
- Lebedeva, G.D. 1960. The effect of beryllium on aquatic organisms. Zool. Zh. 39: 1779-1782. 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.
- LeBlanc, G.A. 1980. Acute toxicity of priority pollutants to water flea (*Daphnia magna*). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 24(5): 684-691 (OECDG Data File). 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.



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

Slonim, A.R. 1973. Acute toxicity of beryllium sulfate to the common guppy. *J. Water Pollut. Control Fed.* 45(10): 2110-2122. 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.

Slonim, C.B. and A.R. Slonim. 1973. Effect of water hardness on the tolerance of the guppy to beryllium sulfate. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 10(5): 295-301. 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.

Tarzwell, C.M. and C. Henderson. 1960. Toxicity of less common metals to fishes. *Ind. Wastes* 5: 12. 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.

Williams, P.L. and D.B. Dusenbery. 1990. Aquatic toxicity testing using the nematode, *Caenorhabditis elegans*. *Environ. Toxicol. Chem.* 9(10): 1285-1290. 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.