



## DESARROLLOS DE NIVELES GUÍA NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA AMBIENTE CORRESPONDIENTES A BARIO

Julio 2004

### INDICE

	<i>pág.</i>
<b>I) Aspectos generales</b> .....	I.1
<b>II) Niveles guía de calidad para fuentes de provisión de agua para consumo humano correspondientes a barrio</b> .....	II.1
II.1) <i>Introducción</i> .....	II.1
II.2) <i>Cálculo del nivel guía de calidad de agua para consumo humano</i> .....	II.1
II.3) <i>Remoción esperable de las tecnologías de tratamiento</i> .....	II.2
II.4) <i>Especificación de niveles guía de calidad de agua para la fuente de provisión</i> .....	II.2
II.4.1) <i>Fuente superficial con tratamiento convencional</i> .....	II.2
II.4.2) <i>Fuente superficial con tratamientos especiales</i> .....	II.2
II.4.3) <i>Fuente subterránea sin tratamiento o cuando éste consiste en una cloración (tratamiento convencional) u otra técnica de desinfección</i> .....	II.2
II.4.4) <i>Fuente subterránea con tratamientos especiales</i> .....	II.3
II.5) <i>Categorización de las aguas superficiales y subterráneas en cuanto a uso como fuente de provisión para consumo humano</i> .....	II.3
<b>III) Nivel guía de calidad de agua ambiente para protección de la biota acuática correspondiente a barrio (aplicable a agua dulce)</b> .....	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.1
III.2.b) <i>Cálculo del Valor Agudo Final</i> .....	III.3
III.2.c) <i>Cálculo del Valor Crónico Final</i> .....	III.3
III.3) <i>Establecimiento del nivel guía de calidad para barrio correspondiente a protección de la biota acuática</i> .....	III.4
<b>IX) Técnicas analíticas asociadas a la determinación de bario</b> .....	IX.1
<b>X) Referencias</b> .....	X.1
<b>XI) Historial del documento</b> .....	XI.1



## **I) ASPECTOS GENERALES**

El bario se encuentra en la corteza terrestre en varias formas minerales, siendo las principales la baritina (sulfato de bario) y la witherita (carbonato de bario). Está presente en rocas ígneas, feldespatos y micas, siendo también componente de los combustibles fósiles.

El bario tiene ocurrencia natural en el agua ambiente, comprendiendo esto a las aguas subterráneas y a las superficiales. A esta ocurrencia basal, definida por las condiciones geoquímicas locales, se le adiciona la resultante de aportes antropogénicos. Estos comprenden la deposición de material particulado emitido a la atmósfera, proveniente de fuentes tales como la extracción y procesamiento de minerales de bario y la combustión de combustibles fósiles, y el vertido de líquidos residuales de actividades industriales que involucran la producción o la utilización de compuestos de bario.

La presencia de bario en forma disuelta en las aguas naturales está limitada grandemente por las de los iones sulfato y carbonato en razón de los bajos productos de solubilidad ( $K_s$ ) del sulfato de bario ( $K_s = 1,5 * 10^{-6}$ ) y del carbonato de bario ( $K_s = 1,6 * 10^{-6}$ ). Esta limitación es de mayor significación en los océanos, donde, debido a las elevadas concentraciones de sulfatos, solo el 0,006 % proveniente de las aguas dulces superficiales permanece en solución (Chow et al., 1978). El bario disuelto removido de la columna de agua es incorporado al material biológico que se deposita en el suelo oceánico (Goldberg and Arrhenius, 1958).

En aguas superficiales dulces de los E.E.U.U. se han registrado grandes dispersiones de las concentraciones de bario; así, Schroeder (1970) ha reportado una concentración media igual a 50  $\mu\text{g/l}$ , correspondiente a un rango 7  $\mu\text{g/l}$  - 15  $\text{mg/l}$ . Bradford (1971), por su parte, ha reportado la misma concentración media para el rango 10  $\mu\text{g/l}$  - 12  $\text{mg/l}$ . Para aguas oceánicas, Anderson y Hume (1968) han reportado una concentración media de bario igual a 6,5  $\mu\text{g/l}$ , correspondiente a un rango 0,8 - 37  $\mu\text{g/l}$ , en la zona ecuatorial, y una concentración media de bario igual a 7,6  $\mu\text{g/l}$ , correspondiente a un rango 0,04 - 22,8  $\mu\text{g/l}$ , para la región norte.



## **II) NIVELES GUIA DE CALIDAD PARA FUENTES DE PROVISION DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CORRESPONDIENTES A BARIO**

### **II.1) Introducción**

Diversas investigaciones sobre animales de ensayo han vinculado la exposición oral al bario con efectos renales manifestados como incremento de la masa del riñón (NTP, 1994) y alteraciones glomerulares (McCauley et al., 1985; Schroeder and Mitchener, 1975a,b). Por otra parte, el estudio epidemiológico de Brenniman y Levy (1984) y el estudio experimental en seres humanos de Wones et al. (1990), ambos asociados a exposición al bario a través del agua de bebida y teniendo como objetivo evaluar la incidencia de aquél sobre la hipertensión arterial, eventos electrocardiográficos y parámetros séricos y urinarios indicadores de toxicidad, si bien no reportaron efectos significativos, permitieron identificar una dosis de bario a la cual no se observaron efectos adversos.

Los estudios en animales no han indicado acción carcinogénica, por lo que la Agencia de Protección Ambiental de los E.E.U.U. (U.S. EPA) ha clasificado al bario en la Categoría D, que corresponde a las sustancias no consideradas carcinógenos humanos (U.S. EPA, IRIS, 1999).

Acorde a lo expuesto precedentemente, el bario ha sido caracterizado como un tóxico con umbral, derivándose el nivel guía de calidad de agua para consumo humano según la metodología establecida para tal tipo de parámetro.

### **II.2) Cálculo del nivel guía de calidad de agua para consumo humano**

Tomando en cuenta las conclusiones del estudio epidemiológico de Brenniman y Levy (1984), las observaciones del estudio experimental en humanos de Wones et al. (1990) y evidencias surgidas de estudios de toxicidad crónica y subcrónica en ratas (NTP, 1994), la U.S. EPA estableció una ingesta diaria tolerable (IDT) de bario igual a 0,07 mg Ba/(kg masa corporal \* d). Dicho valor surge de considerar un nivel de exposición al bario sin efecto adverso observado (NOAEL) igual a 0,21 mg Ba/(kg masa corporal \* d) y un factor de incertidumbre (FI) igual a 3 (U.S. EPA, IRIS, 1999).

Asumiendo una masa corporal (MC) igual a 60 kg, un consumo diario de agua por persona (C) igual a 2 l/d y una asignación de la ingesta diaria tolerable al agua de bebida (F) igual a 0,2 (OMS, 1995), se establece el nivel guía de calidad para agua de bebida (NGAB) según la siguiente expresión:

$$NGAB \leq IDT * MC * F/C$$

resultando:

$$NGAB \text{ (Bario)} \leq 0,42 \text{ mg/l}$$



### **II.3) Remoción esperable de las tecnologías de tratamiento**

En el Cuadro II.1 se indican eficiencias esperables en la remoción de bario asociadas a diversas tecnologías de tratamiento.

**CUADRO II.1 – REMOCION DE BARIO. EFICIENCIAS DE TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>REMOCION ESPERABLE</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>REFERENCIAS</b>
Convencional para agua superficial	20 %		U.S. EPA, 1990
Ablandamiento con cal	> 80 %	pH = 9,5 - 10,8	U.S. EPA, 1990
Osmosis inversa	> 90 %		U.S. EPA, 1990, 1979
Intercambio iónico	> 90 %	Con resinas de intercambio catiónico	U.S. EPA, 1990
Alúmina activada	20 %		U.S. EPA, 1990

### **II.4) Especificación de niveles guía de calidad de agua para la fuente de provisión**

Se especifican a continuación niveles guía de calidad para bario en la fuente de provisión (NGFP) correspondientes a diversos escenarios.

#### **II.4.1) Fuente superficial con tratamiento convencional:**

Sobre la base de la remoción de bario esperable para el tratamiento de potabilización convencional, se especifica el siguiente nivel guía de calidad para bario en la fuente de provisión, referido a la muestra de agua filtrada:

$$\text{NGFP (Bario)} \leq 0,53 \text{ mg/l}$$

#### **II.4.2) Fuente superficial con tratamientos especiales:**

Para casos en que se apliquen tratamientos que puedan verificar remociones de bario no inferiores a 80 %, se especifica el siguiente nivel de calidad para bario en la fuente de provisión, referido a la muestra de agua filtrada:

$$\text{NGFP (Bario)} \leq 2,1 \text{ mg/l}$$

#### **II.4.3) Fuente subterránea sin tratamiento o cuando éste consiste en una cloración (tratamiento convencional) u otra técnica de desinfección:**

Para el caso de aguas subterráneas con condiciones de aptitud microbiológica para consumo directo o que requieran un tratamiento de desinfección, se especifica el siguiente nivel guía de calidad para bario en la fuente de provisión, referido a la muestra de agua sin filtrar:



NGFP (Bario)  $\leq 0,42$  mg/l

#### II.4.4) Fuente subterránea con tratamientos especiales:

Para casos en que se apliquen tratamientos que puedan verificar remociones de bario no inferiores a 80 %, se especifica el siguiente nivel de calidad para bario en la fuente de provisión, referido a la muestra de agua filtrada:

NGFP (Bario)  $\leq 2,1$  mg/l

#### II.5) Categorización de las aguas superficiales y subterráneas en cuanto a uso como fuente de provisión para consumo humano

En el Cuadro II.2 se establece una categorización de las fuentes de provisión de agua para consumo humano en función de las concentraciones de bario.

**CUADRO II.2 – CATEGORIZACION DE LAS FUENTES DE PROVISION DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN FUNCION DE LAS CONCENTRACIONES DE BARIO ( $C_{Ba}$ )**

FUENTE	CATEGORIA	CONDICIONES DE CALIDAD
SUPERFICIAL	Calidad apropiada con tratamiento convencional	$C_{Ba} \leq 0,53$ mg/l (1)
SUPERFICIAL	Calidad condicionada a la aplicación de tratamientos especiales que verifiquen remociones de bario no menores que 80 %	$0,53$ mg/l $< C_{Ba} \leq 2,1$ mg/l (1)
SUPERFICIAL	Calidad inapropiada. Requerimiento de acciones de restauración de calidad de la fuente	$C_{Ba} > 2,1$ mg/l (1)
SUBTERRANEA	Calidad apropiada para consumo directo o para cuando el uso esté condicionado a la aplicación de cloración u otra técnica de desinfección	$C_{Ba} \leq 0,42$ mg/l (2)
SUBTERRANEA	Calidad condicionada a la aplicación de tratamientos especiales que verifiquen remociones de bario no menores que 80 %	$0,42$ mg/l $< C_{Ba} \leq 2,1$ mg/l (1)
SUBTERRANEA	Calidad inapropiada. Requerimiento de acciones de restauración de calidad de la fuente	$C_{Ba} > 2,1$ mg/l (1)

Notas:

(1): Referida a la muestra de agua filtrada

(2): Referida a la muestra de agua sin filtrar



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

#### **III.1) Introducción**

Existe una cantidad aceptable de trabajos que evalúan los efectos tóxicos agudos del bario en los animales acuáticos, contándose con escasa información acerca de su toxicidad crónica, tanto para biota acuática animal como vegetal.

Dentro de los invertebrados, la especie más sensible al bario es el crustáceo *Daphnia magna*, para el que se ha reportado una concentración a la cual se observan efectos adversos en el 50 % de los individuos expuestos (CE<sub>50</sub>) igual a 14,5 mg/l (Biesinger and Christensen, 1972). La especie más resistente es otro crustáceo, *Gammarus pulex*, para el que se ha registrado una concentración letal para el 50 % de los individuos expuestos (CL<sub>50</sub>) igual a 395 mg/l (Vincent and Penicaut, 1986). En cuanto a los efectos tóxicos agudos del bario en vertebrados, la especie más sensible es el pez *Oncorhynchus mykiss*, para el que se ha registrado una CL<sub>50</sub> igual a 62 mg/l (Office of Pesticide Programs, 2000), siendo la especie más resistente otro pez, *Gambusia affinis*, con una CL<sub>50</sub> igual a 6,95 g/l (Wallen et al., 1957).

Con respecto a los efectos tóxicos crónicos del bario en la biota acuática animal, los escasos estudios indican que las especies más sensibles son *Daphnia magna*, para la que se ha registrado una CE<sub>50</sub> (21 días) igual a 8,9 mg/l (Biesinger and Christensen, 1972) y *Oncorhynchus mykiss*, con una CL<sub>50</sub> (28 días) igual a 42,7 mg/l (Birge et al., 1980).

En lo referente a plantas acuáticas, se tienen datos para dos especies, *Lemna minor* y *Myriophyllum spicatum*, para las cuales se han reportado valores de toxicidad que van desde 25 a 113 mg/l (Wang, 1988; Stanley, 1974).

No se cuenta con registros de bioconcentración para bario en biota acuática.

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

En razón de que no hay suficientes datos de toxicidad crónica para calcular directamente el Valor Crónico Final para bario, éste se calcula a partir de datos de toxicidad aguda y utilizando un factor de extrapolación. Se apela a dicho factor debido a 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 21 datos asociados a manifestaciones de toxicidad aguda del bario sobre animales, consistentes en CL<sub>50</sub> o CE<sub>50</sub>. En la Tabla III.2 se presentan 6 datos asociados a efectos tóxicos inherentes a plantas acuáticas. El conjunto de datos seleccionados se considera apropiado en virtud de cubrir un rango amplio de grupos taxonómicos, a saber:



tres familias de peces (*Centrarchidae*, *Poeciliidae* y *Salmonidae*), cuatro de crustáceos (*Astacidae*, *Cambaridae*, *Daphnidae* y *Gammaridae*), una de anélidos (*Tubificidae*) y dos de plantas (*Lemnaceae* y *Haloragaceae*).

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

Especie	Familia	Concentración asociada a toxicidad aguda [mg/l]	Valor Agudo Medio para cada especie (SMCV) [mg/l]	Referencia
<i>Austropotamobius pallipes pall</i>	<i>Astacidae</i>	46	46	Boutet and Chaisemartin, 1973
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	14,5		Biesinger and Christensen, 1972
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	19		Anderson, 1948
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	32		Khangarot and Ray, 1989
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	52,82	26	Khangarot and Ray, 1989
<i>Echinogammarus berilloni</i>	<i>Gammaridae</i>	122		Vincent and Penicaut, 1986
<i>Echinogammarus berilloni</i>	<i>Gammaridae</i>	162		Vincent and Penicaut, 1986
<i>Echinogammarus berilloni</i>	<i>Gammaridae</i>	258		Vincent and Penicaut, 1986
<i>Echinogammarus berilloni</i>	<i>Gammaridae</i>	336	203	Vincent and Penicaut, 1986
<i>Gambusia affinis</i>	<i>Poeciliidae</i>	1080		Wallen et al., 1957
<i>Gambusia affinis</i>	<i>Poeciliidae</i>	2120		Wallen et al., 1957
<i>Gambusia affinis</i>	<i>Poeciliidae</i>	2910		Wallen et al., 1957
<i>Gambusia affinis</i>	<i>Poeciliidae</i>	6950	2609	Wallen et al., 1957
<i>Gammarus pulex</i>	<i>Gammaridae</i>	238		Vincent and Penicaut, 1986
<i>Gammarus pulex</i>	<i>Gammaridae</i>	255		Vincent and Penicaut, 1986
<i>Gammarus pulex</i>	<i>Gammaridae</i>	395	288	Vincent and Penicaut, 1986
<i>Lepomis macrochirus</i>	<i>Centrarchidae</i>	151	151	Office of Pesticide Programs, 2000
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	62	62	Office of Pesticide Programs, 2000
<i>Orconectes limosus</i>	<i>Cambaridae</i>	78	78	Boutet and Chaisemartin, 1973
<i>Tubifex tubifex</i>	<i>Tubificidae</i>	33,65		Khangarot, 1991
<i>Tubifex tubifex</i>	<i>Tubificidae</i>	44,98	39	Khangarot, 1991

**TABLA III.2 - CONCENTRACIONES DE BARIO 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 [mg/l]	Referencia
<i>Lemna minor</i>	<i>Lemnaceae</i>	25	Wang, 1988
<i>Lemna minor</i>	<i>Lemnaceae</i>	26	Wang, 1986
<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Haloragaceae</i>	41,2	Stanley, 1974
<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Haloragaceae</i>	83,8	Stanley, 1974
<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Haloragaceae</i>	103	Stanley, 1974
<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Haloragaceae</i>	113	Stanley, 1974



### III.2.b) Cálculo del Valor Agudo Final

El Valor Agudo Final (FAV) 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 bario. 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 a las probabilidades acumulativas correspondientes,  $P_R$ , siendo  $P_R = R/(N+1)$ .

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

Género	GMAV [mg/l]	$P_R$	R
<i>Daphnia</i>	26	0,1	1
<i>Austropotamobius</i>	46	0,2	2
<i>Echinogammarus</i>	203	0,3	3
<i>Gambusia</i>	2609	0,4	4
<i>Gammarus</i>	288	0,5	5
<i>Lepomis</i>	151	0,6	6
<i>Oncorhynchus</i>	62	0,7	7
<i>Orconectes</i>	78	0,8	8
<i>Tubifex</i>	39	0,9	9

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):

$$\begin{aligned}b &= 15,11 \\a &= -2,27 \\k &= 1,11\end{aligned}$$

Calculando el Valor Agudo Final (FAV) según:

$$FAV = e^k$$

resulta:

$$FAV = 3 \text{ mg/l}$$

### 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 (3 mg/l) por el factor de extrapolación elegido (10), resulta:



República Argentina  
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

$$FCV = 0,3 \text{ mg/l}$$

### ***III.3) Establecimiento del nivel guía de calidad para bario 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 (25  $\mu\text{g/l}$ ), se especifica el siguiente nivel guía de calidad para bario a los efectos de protección de la biota acuática (NGPBA), referido a la muestra de agua filtrada:

$$\text{NGPBA (Bario)} \leq 0,3 \text{ mg/l}$$



## **IX) TECNICAS ANALITICAS ASOCIADAS A LA DETERMINACION DE BARIO**

En la Base de Datos “Técnicas Analíticas” pueden ser seleccionados métodos analíticos validados para evaluar la cumplimentación de los niveles guía nacionales de calidad de agua ambiente derivados para bario.



## X) REFERENCIAS

- Anderson, B.G. 1948. The Apparent Thresholds of Toxicity to *Daphnia magna* for Chlorides of Various Metals When Added to Lake Erie Water. *Trans.Am.Fish.Soc.* 78:96-113. 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.
- Anderson, N.R. and D.N. Hume 1968. The strontium and barium content of sea water. In: Trace organics in water. Washington, DC, American Chemical Society, pp. 296-307 (Advances in Chemistry Series N° 73). En: IPCS (International Programme on Chemical Safety). 1990. Environmental Health Criteria 107. Barium. World Health Organization. Geneva.
- Biesinger, K.E. and G.M. Christensen. 1972. Effects of Various Metals on Survival, Growth, Reproduction and Metabolism of *Daphnia magna*. *J. Fish Res. Board Can.* 29: 1691-1700.
- 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.
- 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.
- Bradford, G.R. 1971. Trace elements in the water resources of California. *Hilgardia*. 41 (3): 45-53. En: IPCS (International Programme on Chemical Safety). 1990. Environmental Health Criteria 107. Barium. World Health Organization. Geneva.
- Brenniman, G.R. and P.S. Levy 1984. Epidemiological study of barium in Illinois drinking water supplies. In: Advances in modern technology, Calabrese, EJ, ed. Princeton, NJ: Princeton Scientific Publications, pp. 231-249. En: U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). January 1999. 0010. Barium and Compounds.
- Chow, T.J., J.L. Earl, J.H. Reed, N. Hansen and V. Orphan. 1978. Barium content of marine sediments near drilling sites: A potential pollutant indicator. *Mar. Pollut. Bull.*, 9: 97-99. En: IPCS (International Programme on Chemical Safety). 1990. Environmental Health Criteria 107. Barium. World Health Organization. Geneva.
- Goldberg, E.D.D. and G. Arrhenius 1958. Chemistry of Pacific pelagic sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 13: 153-212. En: IPCS (International Programme on Chemical Safety). 1990. Environmental Health Criteria 107. Barium. World Health Organization. Geneva.
- Khargarot, B.S. 1991. Toxicity of Metals to a Freshwater Tubificid Worm, *Tubifex tubifex* (Muller). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 46: 906-912. 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.
- Khargarot, B.S. and P.K. Ray. 1989. Investigation of Correlation Between Physicochemical Properties of Metals and Their Toxicity to the Water Flea *Daphnia magna* Straus. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 18(2): 109-120. 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.
- McCauley, P.T., B.H. Douglas, R.D. Laurie et al. 1985. Investigations into the effect of drinking water barium on rats. In: Inorganics in drinking water and cardiovascular disease. Calabrese, EJ, ed. Princeton, NJ: Princeton Scientific Publications, pp. 197-210. En: U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). January 1999. 0010. Barium and Compounds.
- NTP (National Toxicology Program). 1994. Technical report on the toxicology and carcinogenesis studies of barium chloride dihydrate (CAS N° 10326-27-9) in F344/N rats and B6C3F1 mice (drinking water studies). NTP TR Park, NC. NIH Pub. N° 94-3163. NTIS Pub PB 94-214178. En: U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). January 1999. 0010. Barium and Compounds.
- Office of Pesticide Programs. 2000. Pesticide Ecotoxicity Database (Formerly: Environmental Effects Database (EEDB)). Environmental Fate and Effects Division, U.S.EPA, Washington, D.C. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval)



República Argentina  
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

- database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1995. Guías para la calidad del agua potable. Segunda Edición. Volumen I. Recomendaciones.
- Schroeder, H. and M. Mitchener. 1975a. Life-term studies in rats: effects of aluminum, barium, beryllium and tungsten. J. Nutr. 105: 421-427. En: U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). January 1999. 0010. Barium and Compounds.
- Schroeder, H. and M. Mitchener. 1975b. Life-term effects of mercury, methyl mercury and nine other trace metals on mice. J. Nutr. 105: 452-458. En: U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). January 1999. 0010. Barium and Compounds.
- Schroeder, H.A. 1970. Barium, Washington, DC, American Petroleum Institute (Air Quality Monograph N° 70-12). En: IPCS (International Programme on Chemical Safety). 1990. Environmental Health Criteria 107. Barium. World Health Organization. Geneva.
- Stanley, R.A. 1974. Toxicity of Heavy Metals and Salts to Eurasian Watermilfoil (*Myriophyllum spicatum* L.) Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2(4): 331-341. 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.
- U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). August 1979. Municipal Environmental Research Laboratory. Estimating Water Treatment Cost. Volume 1. Summary. EPA-600/2-79-162a.
- U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). January 1999. 0010. Barium and Compounds.
- U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). March 1990. Office of Drinking Water. Technologies for Upgrading Existing or Designing New Drinking Water Treatment Facilities. EPA/625/4-89/023.
- Vincent, M.J.D. and B. Penicaut. 1986. Comparative Studies on the Toxicity of Metal Chlorides and of a Synthetic Organic Molluscicide, N-Trityl-Morpholine, upon Two Aquatic Amphipod. Ann.Rech.Vet. 17(4): 441-446. 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.
- Vincent, M.J.D. and B. Penicaut. 1986. Comparative Studies on the Toxicity of Metal Chlorides and of a Synthetic Organic Molluscicide, N-Trityl-Morpholine, upon Two Aquatic Amphipod. Ann. Rech. Vet. 17(4): 441-446. 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.
- Wallen, I.E., W.C. Greer and R. Lasater. 1957. Toxicity to *Gambusia affinis* of Certain Pure Chemicals in Turbid Waters. Sewage Ind. Wastes 29(6): 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.
- Wang, W. 1986. Toxicity Tests of Aquatic Pollutants by Using Common Duckweed. Environ. Pollut. Ser.B Chem. Phys. 11(1):1-14. 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.
- Wang, W. 1988. Site-Specific Barium Toxicity to Common Duckweed, *Lemna minor*. Aquat. Toxicol. 12(3):203-212. 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.
- Wones, R.G., B.L. Stadler and L.A. Frohman. 1990. Lack of effect of Drinking water barium on cardiovascular risk factor. Environ. Health Perspect. 85: 355-359. En: U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). January 1999. 0010. Barium and Compounds.



## **XI) HISTORIAL DEL DOCUMENTO**

<b>Fecha de edición original</b>	diciembre 2002
<b>Actualización diciembre 2003</b>	Incorporación de Sección IX
<b>Actualización julio 2004</b>	Incorporación de Sección III