



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

DESARROLLOS DE NIVELES GUÍA NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA AMBIENTE CORRESPONDIENTES A ZINC

Julio 2004

INDICE

	<i>pág.</i>
I) Aspectos generales	I.1
II) Niveles guía de calidad para fuentes de provisión de agua para consumo humano correspondientes a zinc	II.1
II.1) Introducción	II.1
II.2) Establecimiento del nivel guía de calidad de agua para consumo humano	II.1
II.3) Remoción esperable de las tecnologías de tratamiento	II.2
II.4) Especificación de niveles guía de calidad de agua para la fuente de provisión	II.2
III) Nivel guía de calidad de agua ambiente para protección de la biota acuática correspondiente a zinc (aplicable a agua dulce).....	III.1
III.1) Introducción	III.1
III.2) Derivación del nivel guía de calidad para protección de la biota acuática	III.2
III.2.a) Selección de especies	III.2
III.2.b) Cálculo del Valor Agudo Final	III.11
III.2.b.1) Cálculo de la pendiente combinada a utilizar en el ajuste de datos de concentraciones tóxicas agudas (L)	III.12
III.2.b.2) Cálculo del Valor Agudo Final Ajustado (AFAV)	III.15
III.2.c) Cálculo del Valor Crónico Final (FCV) en función de la dureza	III.16
III.3) Establecimiento del nivel guía de calidad para zinc correspondiente a protección de la biota acuática	III.17
IV) Nivel guía de calidad de agua ambiente para protección de la biota acuática correspondiente a zinc (aplicable a agua marina)	IV.1
IV.1) Introducción	IV.1
IV.2) Derivación del nivel guía de calidad para protección de la biota acuática	IV.2
IV.2.a) Selección de especies	IV.2
IV.2.b) Cálculo del Valor Agudo Final	IV.4
IV.2.c) Cálculo del Valor Crónico Final	IV.5
IV.3) Establecimiento del nivel guía de calidad para zinc correspondiente a protección de la biota acuática	IV.5
V) Niveles guía de calidad de agua ambiente para riego correspondientes a zinc	V.1
V.1) Introducción	V.1
V.2) Cálculo de la concentración máxima aceptable de zinc en el agua de riego	V.3
V.3) Especificación de niveles guía para zinc en agua de riego	V.5
V.4) Consideración de riesgos asociados al agua de riego para el suelo y el acuífero freático	V.5
IX) Técnicas analíticas asociadas a la determinación de zinc	IX.1
X) Referencias	X.1
XI) Historial del documento	XI.1



I) ASPECTOS GENERALES

El zinc se encuentra en compuestos silíceos de las rocas ígneas como producto de la sustitución parcial del magnesio. La meteorización de dichas rocas constituye uno de los mecanismos de incorporación de zinc al agua superficial (U.S. EPA, 1987).

En ambientes hídricos aeróbicos el zinc se encuentra en estado de oxidación +2, pudiendo presentarse en formas disuelta y suspendida. Puede existir como ion libre (Zn^{2+}), como compuesto inorgánico neutro, por ejemplo, $ZnSO_4^0$ y $ZnCO_3^0$, conformando diversas especies iónicas, por ejemplo, $ZnCl^+$ y $ZnOH^+$, e inclusive dando lugar a complejos organometálicos (Mills et al., 1985).

La especiación del zinc está fuertemente determinada por el pH. A valores de pH comprendidos en el rango 6,2-8 predomina el ion libre (Mills et al., 1985).

Los equilibrios de solubilidad que potencialmente pueden restringir la presencia de zinc disuelto en las aguas en condiciones aeróbicas corresponden al hidróxido, al carbonato y al silicato de zinc, siendo particularmente limitante el referido al último compuesto. No obstante, la ocurrencia normal de zinc en las aguas naturales reviste un carácter de no saturación (Mills et al., 1985)

En los sedimentos, el zinc puede estar presente constituyendo compuestos inorgánicos y complejos orgánicos de baja solubilidad (Patrick et al., 1977). Los organismos bentónicos pueden tener un rol importante en la movilización del zinc entre los sedimentos y la columna de agua. Esto se debe a que pueden influenciar su partición entre ambos medios, permitiendo su biodisponibilidad por parte de otros organismos (Baccini, 1985; Krantzberg and Stokes, 1985; Salomons, 1985).

La presencia de zinc en el agua es típicamente baja. En el Cuadro I.1 se exponen datos provenientes del Programa GEMS (Global Environment Monitoring System)/WATER relativos a la ocurrencia de zinc a nivel mundial en agua dulce superficial correspondiente al período 1982-84 (WHO/UNEP, 1990).

**CUADRO I.1 – OCURRENCIA MUNDIAL DE ZINC EN AGUA DULCE SUPERFICIAL.
DATOS DE GEMS/WATER – PERIODO 1982-84**

N° DE DATOS		MEDIANA [µg/l]		PERCENTILO 10-90 [µg/l]		VALOR MAXIMO [µg/l]	
Zinc en muestras sin filtrar	Zinc en muestras filtradas	Zinc en muestras sin filtrar	Zinc en muestras filtradas	Zinc en muestras sin filtrar	Zinc en muestras filtradas	Zinc en muestras sin filtrar	Zinc en muestras filtradas
51	33	20	16	5 - 68	5 - 115	400 (a)	580 (b)

Notas:

(a): Río Missouri, USA

(b): Río Rimac, Lima, Perú

El valor correspondiente al percentilo 10 para el zinc disuelto puede ser considerado como relativamente concordante con la presencia de base natural en las aguas dulces superficiales (WHO/UNEP, 1990). La superación de este nivel es resultante de aportes antropogénicos.



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

La información disponible sobre ocurrencia de zinc en aguas dulces superficiales del territorio argentino se expone en el Cuadro I.2.

CUADRO I.2 – OCURRENCIA DE ZINC EN AGUAS DULCES SUPERFICIALES DEL TERRITORIO ARGENTINO

Nº DE DATOS	RANGO [µg/l]	MEDIANA [µg/l]	PERCENTILO 10-90 [µg/l]	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
71	< 2 – 57 (a)	20	9 - 44	Datos correspondientes a muestras sin filtrar de ríos Paraná, Paraguay, Iguazú y Uruguay, Período 1988-95	Agua Superficial, 1999a
84	< 2 – 320 (b)	36	3 - 90	Datos correspondientes a muestras filtradas de ríos Paraná, Iguazú, Uruguay y de la Plata, Período 1988-94	Agua Superficial, 1999b

Notas:

(a): Río Uruguay, El Soberbio, Misiones

(b): Río Uruguay, El Soberbio, Misiones

Como puede apreciarse, la concentración mediana correspondiente a las aguas superficiales argentinas es igual a la calculada a nivel mundial para muestras sin filtrar, mientras que resulta aproximadamente el doble para muestras filtradas. Tanto para el percentilo 90 como para el valor máximo, los datos del territorio argentino indican tenores significativamente inferiores a los registrados a nivel mundial.



II) NIVELES GUIA DE CALIDAD PARA FUENTES DE PROVISION DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CORRESPONDIENTES A ZINC

II.1) Introducción

El zinc es considerado un micronutriente esencial para el ser humano, habiendo sido estimadas ingestas diarias recomendables en atención a los requerimientos de zinc considerados necesarios en los diferentes estadios de la vida. Los valores recomendados oscilan, dependiendo del género y de la edad, entre 5 y 15 mg/d (NRC, 1999).

No obstante lo antedicho, existe información resultante de estudios básicos que permiten caracterizar al zinc como un tóxico con umbral. Así, sobre la base del menor nivel de exposición al cual se observan efectos adversos (LOAEL), asociado a un 47 % de disminución de la concentración de eritrocito superóxido dismutasa (ESOD) en mujeres adultas luego de 10 semanas de exposición a zinc en un estudio de suplementación dietaria (Yadrick et al., 1989), y a un factor de incertidumbre igual a 3, la Agencia de Protección Ambiental de los E.E.U.U. (U.S. EPA) calcula una ingesta diaria tolerable (IDT) igual a 0,3 mg Zn/(kg masa corporal * d) (U.S. EPA, IRIS, 1992).

Se considera que la ingesta humana de zinc se produce por vía de los alimentos, habiendo estimaciones de la misma comprendidas en el rango 15,2 – 19,9 mg/d (Health and Welfare Canada, 1980). La ingesta por vía del agua de bebida se considera poco significativa, existiendo estimaciones sobre ella que van desde 0,4 mg/d (Health and Welfare Canada, 1980) hasta valores no superiores a 68 µg/d (Mérange et al., 1979).

En virtud del relativamente alto umbral de toxicidad indicado por la ingesta diaria tolerable del zinc y de la escasa significación de la contribución a ésta por parte del agua, no aparece como necesario el establecimiento de un nivel guía de calidad para el agua de consumo humano desde un punto de vista sanitario. Tal enfoque es sostenido por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1995).

Desde otro punto de vista, la ocurrencia del zinc en determinadas concentraciones puede generar problemas de sabor astringente y de apariencia opalescente. En este sentido, debe tenerse en cuenta que al agua tratada puede incorporarse zinc en los sistemas de distribución como producto de corrosión de cañerías galvanizadas y de accesorios fabricados con aleaciones de zinc (Mérange et al., 1979; Health and Welfare Canada, 1980). Con relación a estos aspectos de carácter organoléptico, la Organización Mundial de la Salud indica una concentración umbral para el zinc igual a 3 mg/l (OMS, 1995)

II.2) Establecimiento del nivel guía de calidad de agua para consumo humano

En función de las consideraciones efectuadas sobre la significación de la ocurrencia del zinc se establece el siguiente nivel guía de calidad de agua para consumo humano (NGAB):

$$\text{NGAB (Zinc): } \leq 3 \text{ mg/l}$$



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

En el Cuadro II.3 se presentan eficiencias esperables en la remoción de zinc asociadas a algunas tecnologías de tratamiento.

CUADRO II.3 – REMOCION DE ZINC, EFICIENCIAS DE TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	REMOCION ESPERABLE	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
Coagulación con Al^{3+}	< 30 %	pH: 6,5 – 7	NAS, 1977
Ablandamiento con cal	60 – 90 %	pH: 9,5 - 10	NAS, 1977

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

La información disponible sobre ocurrencia de zinc en aguas dulces superficiales de la Argentina, que ofrece, para muestras filtradas, concentraciones mediana y máxima iguales a 36 $\mu g/l$ y 90 $\mu g/l$, respectivamente, señala una presencia muy inferior a la máxima indicada por el nivel guía de calidad correspondiente a agua para consumo humano (3 mg/l). Tal situación indica que no aparece como necesaria la previsión de tratamiento del agua cruda en lo concerniente a la remoción de zinc.

En cuanto a fuentes de agua subterránea, si bien no se cuenta con datos sobre ocurrencia de zinc en la Argentina, se tiene alguna información referencial externa. En tal sentido, relevamientos efectuados en Canadá sobre fuentes de provisión, tanto superficiales como subterráneas, y agua de consumo humano dieron como resultado concentraciones medianas de zinc no superiores a 5 $\mu g/l$ (Mérange et al., 1979). Tal tenor de ocurrencia indicaría también como innecesaria la previsión de tratamiento del agua cruda subterránea en cuanto a la remoción de zinc.

En función de lo antedicho, no se especifican niveles guía de calidad para zinc correspondiente a fuentes de provisión tanto superficiales como subterráneas de agua para consumo humano. En tal contexto, se establece como premisa de calidad para las fuentes antedichas la preservación de la condición típica de ocurrencia de zinc para cada cuerpo de agua.



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

III.1) Introducción

Al igual que para el resto de los metales pesados, la toxicidad del zinc está influenciada por factores tales como concentraciones de calcio y magnesio, dureza, temperatura y pH. Así, la toxicidad aguda del zinc es más baja en aguas con alta dureza y bajo pH (Alsop et al., 1999; Holcombe y Andrew, 1978; Mount, 1966) y una disminución en la dureza del agua en 10 veces genera un aumento en la toxicidad del zinc del mismo orden de magnitud (Bradley and Sprague, 1985). Una de las dos razones principales que explican este comportamiento es que los principales iones que contribuyen a aumentar la dureza del agua son calcio y magnesio, iones divalentes que al unirse a los sitios de absorción del zinc disminuyen la capacidad de los organismos acuáticos para absorber a aquél (Hogstrand et al., 1995); por ejemplo, en los peces, el zinc interrumpe la toma de calcio a través de las branquias, produciendo hipocalcemia, la cual, dependiendo de la concentración de zinc, puede culminar con la muerte del pez en pocos días, (Hogstrand et al., 1995). La otra razón principal que explica la relación entre la toxicidad de zinc y la dureza es que generalmente el aumento de la dureza del agua se ve reflejado en un aumento de la alcalinidad y del pH, lo que da lugar a la formación de sales e hidróxidos de zinc de baja solubilidad, formas no biodisponibles para muchas especies.

Por lo expuesto, la dureza del agua puede ser considerada como el factor de mayor incidencia sobre la toxicidad del zinc. También se ha observado que en los peces la presencia de materia orgánica puede disminuir la incorporación de zinc (Ramamoorthy and Blumhagen, 1984). Dependiendo de las condiciones físicoquímicas, los efectos tóxicos del zinc podrían ser aditivos a los de otros metales (Brown and Dalton, 1970; Marking, 1977) o sinérgicos (Anderson and Weber, 1976; Sprague, 1964).

Los organismos acuáticos pueden tolerar un amplio rango de concentraciones de zinc, dependiendo dicha tolerancia de la capacidad de cada organismo para regular la absorción y excreción del zinc. La tolerancia también puede variar de acuerdo al rango de concentraciones a las que están expuestos los organismos y a la adaptabilidad de éstos a la presencia del zinc (Spehar et al., 1978). Las concentraciones asociadas a toxicidad aguda en peces e invertebrados varían dentro de un amplio rango (32 µg/l –150 mg/l) debido a factores relacionados con la dureza, edad, tamaño de los organismos, temperatura, etc (Carlson and Roush, 1985; Qureshi et al., 1980). Ensayos de toxicidad aguda para la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) mostraron valores de concentraciones letales para el 50 % de los individuos (CL₅₀) que varían entre 36 µg/l y 24 mg/l (British Columbia Research, 1978; Shazili and Pascoe, 1986). Para *Pimephales promelas*, los valores de CL₅₀ van desde 188 µg/l a 15,4 mg/l (Carlson et al., 1986; Korver and Sprague, 1989). Algunos invertebrados son más sensibles que los peces ya que el valor de toxicidad aguda más bajo se ha observado para *Daphnia magna*, con una CL₅₀ igual a 32 µg/l (Carlson and Roush, 1985).

Con respecto a la toxicidad crónica, la concentración máxima aceptable de zinc en agua blanda comprende valores que van desde 36 a 71 µg/l para la trucha arco iris (Goettl et al., 1976). Tal concentración para *Pimephales promelas* en agua con dureza igual a 200 mg CaCO₃/l varía entre 0,03 y 0,18 mg/l (Brungs, 1969). Entre los invertebrados, para



Daphnia magna, se han observado efectos sobre la reproducción a partir de una exposición crónica a una concentración igual a 12,5 µg/l (Paulauskis and Winner, 1988).

Dentro de las plantas y algas la respuesta hacia el zinc es variable, dependiendo no sólo de la concentración de éste sino también de la especie. Por ejemplo, una concentración de zinc igual a 20 - 25 mg/l estimula el crecimiento de la clorofita *Chlorella vulgaris* (Loez et al., 1998). Sin embargo, para el alga *Selenastrum capricornutum* se observa una reducción del crecimiento a partir de 0,03 mg/l (Bartlett et al., 1974). En lo que respecta a las plantas vasculares, puede haber daño de tejidos de *Elodea sp.* a concentraciones de zinc que varían desde 654 µg/l a 22,5 mg/l (Van der Werff and Pruyt, 1982; Brown and Rattigan, 1979).

El zinc es un micronutriente esencial para la mayor parte de los organismos y actúa como cofactor en cerca de 300 enzimas (Vallee and Falchuk, 1993); por este motivo, los organismos acuáticos han desarrollado mecanismos para acumular zinc presente tanto en el agua como en la comida; gran parte del mismo puede estar unido a macromoléculas o presente como inclusiones en los tejidos (Simkiss et al., 1982). Se considera que las proteínas de bajo peso molecular que se unen específicamente a los metales (metalotioninas) regulan en parte la concentración intracelular de los metales esenciales como el zinc y el cobre. Para los invertebrados, y dentro de una misma especie, existe una gran variación en los valores de los factores de bioconcentración (BCF). Por ejemplo, para el crustáceo *Daphnia similis* se han registrado BCF comprendidos entre 0,15 y 47600 (Soundrapandian y Venkataraman, 1990). Para los peces también se observa una gran variación; por ejemplo, para los salmones, se han registrado BCF comprendidos entre 90 y 14900 (Van Leeuwen et al., 1986b; Harrison et al., 1990). Para algas y plantas acuáticas, han resultado BCF comprendidos entre 1,9 y 6388, correspondientes, respectivamente, al alga *Cladophora glomerata* y a la macrófita *Lemna minor*, respectivamente (McHardy y George, 1990; Dirilgen and Inel, 1994). Finalmente, es importante señalar que no existe evidencia que indique que el zinc se biomagnifique de manera significativa.

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 zinc, se efectúa este cálculo a partir de datos de toxicidad aguda y de relaciones toxicidad aguda/crónica (ACR) estimables.

III.2.a) Selección de las especies

En la Tabla III.1 se exponen 197 datos asociados a manifestaciones de toxicidad aguda del zinc sobre animales, consistentes en CL₅₀ o concentraciones para las cuales se registran efectos adversos para el 50% de los individuos (CE₅₀). En la Tabla III.2 se presentan 11 datos asociados a manifestaciones tóxicas del zinc sobre algas y plantas acuáticas. En la Tabla III.3 se exponen los datos para la estimación de las relaciones toxicidad aguda/crónica (ACR). El conjunto de datos seleccionados se considera apropiado en virtud de cubrir un amplio rango de grupos taxonómicos, a saber: seis familias de peces (*Atherinidae*, *Cichlidae*, *Cyprinidae*, *Cyprinodontidae*, *Poeciliidae* y *Salmonidae*), dos de crustáceos (*Asellidae* y *Daphnidae*), dos de insectos (*Chironomidae* y *Nepidae*), una de rotíferos (*Brachionidae*), dos



de moluscos (*Physacea* y *Lymnaeidae*), una de anfibios (*Bufo*), una de anélidos (*Naididae*), una de turbelarios (*Planariidae*), una de cnidarios (*Hydridae*), cuatro de algas (*Callitrichaceae*, *Chlorellaceae*, *Hydrocharitaceae* y *Naviculaceae*) y una de plantas vasculares (*Lemnaceae*).

TABLA III.1 - CONCENTRACIONES DE ZINC 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 [µg/l]	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a toxicidad aguda ajustada a 50 mg CaCO ₃ /l [µg/l]	Valor Agudo Medio Ajustado para cada especie (ASMAV) [µg/l]	Referencia
<i>Agosia chrysogaster</i>	<i>Cyprinidae</i>	790	217	155	155	Lewis, 1978
<i>Asellus communis</i>	<i>Asellidae</i>	56000	20	154786		Wurtz and Bridges, 1961
<i>Asellus communis</i>	<i>Asellidae</i>	38500	100	17841	52551	Wurtz y Bridges, 1961
<i>Brachionus calyciflorus</i>	<i>Brachionida</i>	1320	36,2	1889	1889	Couillard et al., 1989
<i>Bufo melanostictus</i>	<i>Bufo</i>	19860	185	4650		Khengarot and Ray, 1987
<i>Bufo melanostictus</i>	<i>Bufo</i>	25650	185	6006		Khengarot and Ray, 1987
<i>Bufo melanostictus</i>	<i>Bufo</i>	47260	185	11066		Khengarot and Ray, 1987
<i>Bufo melanostictus</i>	<i>Bufo</i>	50030	185	11715	7757	Khengarot and Ray, 1987
<i>Carassius auratus</i>	<i>Cyprinidae</i>	10720	9,5	67683		Nor, 1990
<i>Carassius auratus</i>	<i>Cyprinidae</i>	6440	20	17800		Pickering and Henderson, 1966
<i>Carassius auratus</i>	<i>Cyprinidae</i>	9070	20	25070		Pickering and Henderson, 1966
<i>Carassius auratus</i>	<i>Cyprinidae</i>	24000	36	34555		Pickering and Henderson, 1966
<i>Carassius auratus</i>	<i>Cyprinidae</i>	40000	36	57591		Pickering and Henderson, 1966
<i>Carassius auratus</i>	<i>Cyprinidae</i>	7500	50	7500	27690	Cairns, et al., 1969
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	70	97,6	33		Belanger and Cherry, 1990
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	101	97,6	48		Belanger and Cherry, 1990
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	109	97,6	52		Belanger and Cherry, 1990
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	65	113,6	26		Belanger and Cherry, 1990
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	120	113,6	48		Belanger and Cherry, 1990
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	131	113,6	53		Belanger and Cherry, 1990
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	105	182	25		Belanger and Cherry, 1990



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

TABLA III.1 - CONCENTRACIONES DE ZINC 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]	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a toxicidad aguda ajustada a 50 mg CaCO ₃ /l [µg/l]	Valor Agudo Medio Ajustado para cada especie (ASMAV) [µg/l]	Referencia
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	123	182	29	38	Belanger and Cherry, 1990
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	153	182	37		Belanger and Cherry, 1990
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	<i>Daphnidae</i>	76	45	85	52	Mount and Norberg, 1984
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	<i>Daphnidae</i>	41	45	46		Carlson and Roush, 1985
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	<i>Daphnidae</i>	32	45	36		Carlson and Roush, 1985
<i>Chironomus sp.</i>	<i>Chironomidae</i>	18200	50	18200	20257	Rehwoldt et al., 1973
<i>Chironomus sp.</i>	<i>Chironomidae</i>	21500	50	21500		Qureshi et al., 1980
<i>Chironomus sp.</i>	<i>Chironomidae</i>	150000	224	28407		Qureshi et al., 1980
<i>Chironomus sp.</i>	<i>Chironomidae</i>	80000	224	15150		Rehwoldt et al., 1973
<i>Craterocephalus sp</i>	<i>Atherinidae</i>	600	16,5	2053	2053	Baker and Walden, 1984
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinidae</i>	3120	19	9129	9129	Khangarot et al. 1983
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	68	45	76	210	Mount and Norberg, 1984
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	100	45,3	112		Biesinger and Christensen, 1972
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	655	196	144		Mount and Norberg, 1984
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	334	54	307		Mount and Norberg, 1984
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	525	105	231		Mount and Norberg, 1984
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	690	240	121		Khangarot et al., 1987
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	1100	250	184		Berglind and Dave, 1984
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	1700	250	285		Berglind and Dave, 1984
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	3000	250	503		Berglind and Dave, 1984
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	3590	250	602		Crisinel et al., 1994
<i>Daphnia pulex</i>	<i>Daphnidae</i>	260	46	285	470	Lee, 1976
<i>Daphnia pulex</i>	<i>Daphnidae</i>	360	46	395		Lee, 1976
<i>Daphnia pulex</i>	<i>Daphnidae</i>	380	46	417		Lee, 1976
<i>Daphnia pulex</i>	<i>Daphnidae</i>	740	46	812		Lee, 1976
<i>Dugesia tigrina</i>	<i>Planariidae</i>	5480	40	7019		See, 1976
<i>Dugesia tigrina</i>	<i>Planariidae</i>	7100	40	9095		See, 1976



TABLA III.1- CONCENTRACIONES DE ZINC 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]	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a toxicidad aguda ajustada a 50 mg CaCO ₃ /l [µg/l]	Valor Agudo Medio Ajustado para cada especie (ASMAV) [µg/l]	Referencia
<i>Dugesia tigrina</i>	<i>Planariidae</i>	7400	50	7400	7788	See, 1976
<i>Fundulus diaphanus</i>	<i>Cyprinodontidae</i>	840	55	756		Rehwoldt et al., 1972
<i>Fundulus diaphanus</i>	<i>Cyprinodontidae</i>	980	55	882		Rehwoldt et al., 1972
<i>Fundulus diaphanus</i>	<i>Cyprinodontidae</i>	1300	55	1170	920	Rehwoldt et al., 1972
<i>Gambusia affinis</i>	<i>Poeciliidae</i>	116	7,2	996		Taylor, 1978
<i>Gambusia affinis</i>	<i>Poeciliidae</i>	2900	20	8016	2826	Mowbray, 1988
<i>Hydra vulgaris</i>	<i>Hydridae</i>	6670	108	2838	2838	Beach and Pascoe, 1998
<i>Jordanella floridae</i>	<i>Cyprinodontidae</i>	1500	44	1729	1729	Spehar, 1976 b
<i>Lirceus alabamale</i>	<i>Asellidae</i>	8300	152	2417		Bosnak and Morgan, 1981
<i>Lirceus alabamale</i>	<i>Asellidae</i>	8450	152	2461	2439	Bosnak and Morgan, 1981
<i>Lymnaea stagnalis</i>	<i>Lymnaeidae</i>	64000	162,5	17306	17306	Guth et al., 1977
<i>Nais sp-</i>	<i>Naididae</i>	18400	50	18400		Rehwoldt et al., 1973
<i>Nais sp-</i>	<i>Naididae</i>	21200	50	21200	19750	Rehwoldt et al., 1973
<i>Oncorhynchus clarki</i>	<i>Salmonidae</i>	90	20	249	249	Rabe and Sappington, 1970
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	<i>Salmonidae</i>	310	5,6	3518		British Columbia Research. 1978
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	<i>Salmonidae</i>	182	22	453		Chapman, 1975
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	<i>Salmonidae</i>	4600	95	2257	1532	Lorz and McPherson, 1976
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	66	9,2	432		Cusimano et al., 1986
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	162	20	448		Alsop et al., 1999
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	240	22	597		Goettl et al., 1976
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	815	23	1929 (2)		Chapman, 1978
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	136	23	322		Chapman, 1978
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	560	23	1326 (2)		Goettl et al., 1976
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	93	23	220		Chapman, 1978



TABLA III.1- CONCENTRACIONES DE ZINC 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]	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a toxicidad aguda ajustada a 50 mg CaCO ₃ /l [µg/l]	Valor Agudo Medio Ajustado para cada especie (ASMAV) [µg/l]	Referencia
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	430	25	928		Sinley et al., 1974
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	830	30	1463 (1)		Goettl et al., 1976
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	810	30	1428 (1)		Goettl et al., 1976
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	430	30	758		Goettl et al., 1976
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	410	30	723		Goettl et al., 1976
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	4530	30,9	7727 (1)		Bradley and Sprague, 1985
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	190	31,2	321		Bradley and Sprague, 1985
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	110	31,3	185		Bradley and Sprague, 1985
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	95	33	151		Anadu et al., 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	107	33	170		Anadu et al., 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	132	33	209		Anadu et al., 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	141	33	224		Anadu et al., 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	170	33	270		Bradley and Sprague, 1985
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	181	33	287		Anadu et al., 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	191	33	303		Anadu et al., 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	204	33	324		Anadu et al., 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	212	33	336		Anadu et al., 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	226	33	358		Anadu et al., 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	246	33	390		Anadu et al., 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	251	33	398		Anadu et al., 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	271	33	430		Anadu et al., 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	297	33	471		Anadu et al., 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	344	33	546		Anadu et al., 1989



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

Espece	Familia	Concentración asociada a toxicidad aguda [µg/l]	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a toxicidad aguda ajustada a 50 mg CaCO ₃ /l [µg/l]	Valor Agudo Medio Ajustado para cada especie (ASMAV) [µg/l]	Referencia
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	469	33	744		Anadu et al., 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	188	50	188		Van Leeuwen et al., 1986
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	340	58	288		Skidmore and Firth, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	1000	102	453		Goettl et al., 1976
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	869	120	329		Alsop et al. 1999
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	1760	250	295		Kazlauskienė et al., 1994
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	5300	250	889		Solbe, 1974
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	1600	250	268		Kazlauskienė et al., 1994
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	790	250	132		Kazlauskienė et al., 1994
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	590	250	99		Kazlauskienė et al., 1994
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	4520	312	593		Goettl et al., 1976
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	1190	312	156		Goettl et al., 1976
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	7210	314	939		Goettl et al., 1976
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	2800	320	357		Brown, 1968
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	4700	320	599		Ministry of Technology, 1967
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	3860	320	492		Herbert and Shurben, 1964
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	3500	320	446		Brown, 1968
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	7210	330	888		Sinley et al., 1974
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	7210	350	832		Goettl et al., 1972
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	4520	350	522		Goettl et al., 1972
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	1190	350	137		Goettl et al., 1972
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	4460	387	460		Bradley and Sprague, 1985
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	11100	389	1139 (1)		Bradley and Sprague, 1985



TABLA III.1- CONCENTRACIONES DE ZINC 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]	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a toxicidad aguda ajustada a 50 mg CaCO ₃ /l [µg/l]	Valor Agudo Medio Ajustado para cada especie (ASMAV) [µg/l]	Referencia
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	5160	389	530		Bradley and Sprague, 1985
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	9950	394	1007 (1)	367	Bradley and Sprague, 1985
<i>Oncorhynchus nerka</i>	Salmonidae	749	22	1863	1863	Chapman, 1978 ^a
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Salmonidae	97	23	230		Chapman, 1978b
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Salmonidae	1270	211	257		Hamilton and Buhl, 1990
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Salmonidae	5530	211	1119		Hamilton and Buhl, 1990
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Salmonidae	2880	343	340		Hamilton and Buhl, 1990
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Salmonidae	12600	343	1487	507	Hamilton and Buhl, 1990
<i>Physa heterostroph</i>	Physacea	303	20	838		Wurtz, 1962
<i>Physa heterostroph</i>	Physacea	350	20	967		Wurtz, 1962
<i>Physa heterostroph</i>	Physacea	434	20	1200		Wurtz, 1962
<i>Physa heterostroph</i>	Physacea	536	20	1482		Wurtz, 1962
<i>Physa heterostroph</i>	Physacea	434	100	201		Wurtz, 1962
<i>Physa heterostroph</i>	Physacea	949	100	440		Wurtz, 1962
<i>Physa heterostroph</i>	Physacea	1110	100	514		Wurtz, 1962
<i>Physa heterostroph</i>	Physacea	1280	100	593		Wurtz, 1962
<i>Physa heterostroph</i>	Physacea	1390	100	644		Wurtz, 1962
<i>Physa heterostroph</i>	Physacea	1570	100	727		Wurtz, 1962
<i>Physa heterostroph</i>	Physacea	1700	100	788		Wurtz, 1962
<i>Physa heterostroph</i>	Physacea	1960	100	908		Wurtz, 1962
<i>Physa heterostroph</i>	Physacea	2760	100	1279		Wurtz, 1962
<i>Physa heterostroph</i>	Physacea	3500	100	1622	772	Wurtz, 1962



TABLA III.1- CONCENTRACIONES DE ZINC 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]	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a toxicidad aguda ajustada a 50 mg CaCO ₃ /l [µg/l]	Valor Agudo Medio Ajustado para cada especie (ASMAV) [µg/l]	Referencia
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	303	20	838		Norberg-King, 1989
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	2550	20	7048 (1)		Pickering and Henderson, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	2330	20	6440 (1)		Pickering and Henderson, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	770	20	2128 (1)		Pickering and Henderson, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	960	20	2654 (1)		Pickering and Henderson, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	660	35	980		Goettl and Davies, 1978
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	3100	45	3484 (1)		Judy and Davies, 1979
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	600	46	658		Benoit and Holcombe, 1978
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	5100	49	5216 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	13800	54	12670 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	13700	54	12578 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	4700	54	4315 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	12500	63	9672 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	6200	63	4797 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	18500	97	8868 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	8100	98	3839 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	12500	99	5858 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	12500	100	5793 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	9900	102	4488 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	25000	103	11212 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	2540	159	704		Hobson and Birge, 1989
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7630	166	2015		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	1820	186	424		Pickering and Vigor, 1965



TABLA III.1- CONCENTRACIONES DE ZINC 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]	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a toxicidad aguda ajustada a 50 mg CaCO ₃ /l [µg/l]	Valor Agudo Medio Ajustado para cada especie (ASMAV) [µg/l]	Referencia
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	1850	186	431		Pickering and Vigor, 1965
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	870	186	203		Pickering and Vigor, 1965
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	19000	186	4423 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	8200	193	1832		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	13600	195	3004 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	13000	200	2792 (1)		Brungs, 1969
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	12000	200	2577 (1)		Brungs, 1969
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	10000	200	2148 (1)		Brungs, 1969
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	8400	200	1804		Brungs, 1969
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	35500	208	7299 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	29000	212	5838 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	15500	216	3056 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	2610	220	504		Broderius and Smith, 1979
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	15400	335	1866		Korver and Sprague, 1989
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	33400	360	3736 (1)		Mount, 1966
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	2159	362	240		Carlson and Roush, 1985
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	2980	387	308	697,9	Bowen, 1990
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	1270	20	3510		Pickering and Henderson, 1966
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	30000	120	11356		Cairns et al., 1969
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	1740	30	3067	4963	Pierson, 1981
<i>Ranatra elongata</i>	<i>Nepidae</i>	1658	112,4	675		Shukla et al., 1983
<i>Ranatra elongata</i>	<i>Nepidae</i>	1943	112,4	791		Shukla et al., 1983
<i>Ranatra elongata</i>	<i>Nepidae</i>	2456	112,4	1000		Shukla et al., 1983
<i>Ranatra elongata</i>	<i>Nepidae</i>	2853	112,4	1161	887	Shukla et al., 1983
<i>Salmo salar</i>	<i>Salmonidae</i>	740	14	3039	3039	Carson and Carson, 1972
<i>Salvelinus fontinalis</i>	<i>Salmonidae</i>	2420	44,4	2761		Holcombe and Andrew, 1978



TABLA III.1- CONCENTRACIONES DE ZINC 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]	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a toxicidad aguda ajustada a 50 mg CaCO ₃ /l [µg/l]	Valor Agudo Medio Ajustado para cada especie (ASMAV) [µg/l]	Referencia
<i>Salvelinus fontinalis</i>	<i>Salmonidae</i>	1550	46,8	1668	1801	Holcombe and Andrew, 1978
<i>Salvelinus fontinalis</i>	<i>Salmonidae</i>	2120	47	2271		Holcombe and Andrew, 1978
<i>Salvelinus fontinalis</i>	<i>Salmonidae</i>	4980	170	1281		Holcombe and Andrew, 1978
<i>Salvelinus fontinalis</i>	<i>Salmonidae</i>	6140	178	1501		Holcombe and Andrew, 1978
<i>Salvelinus fontinalis</i>	<i>Salmonidae</i>	6980	179	1695		Holcombe and Andrew, 1978
<i>Salvelinus fontinalis</i>	<i>Salmonidae</i>					
<i>Tilapia mossambica</i>	<i>Cichlidae</i>	1600	115	635	772	Qureshi and Saksena, 1980
<i>Tilapia mossambica</i>	<i>Cichlidae</i>	2000	115	794		Qureshi and Saksena, 1980
<i>Tilapia mossambica</i>	<i>Cichlidae</i>	2300	115	913		Qureshi and Saksena, 1980
<i>Tilapia mossambica</i>	<i>Cichlidae</i>					

Notas:

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

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

Especie	Familia	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a efectos tóxicos [µg/l]	Referencia
<i>Chlorella saccharophilla</i>	<i>Chlorellaceae</i>	NE	7100	Rachlin et al., 1982
<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Chlorellaceae</i>	NE	2400	Rachlin and Farran, 1974
<i>Selenastrum capricornutum</i>	<i>Chlorellaceae</i>	NE	25	Thompson, 1997
<i>Selenastrum capricornutum</i>	<i>Chlorellaceae</i>	NE	12,5	Thompson, 1997
<i>Selenastrum capricornutum</i>	<i>Chlorellaceae</i>	NE	30	Bartlett et al. 1974
<i>Navicula incerta</i>	<i>Naviculaceae</i>	NE	10000	Rachlin et al., 1983
<i>Lemna gibba</i>	<i>Lemnaceae</i>	NE	654	Van der Werff and Pruyt, 1982
<i>Elodea nuttallii</i>	<i>Hydrocharitaceae</i>	NE	654	Van der Werff and Pruyt, 1982



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

Especie	Familia	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a efectos tóxicos [µg/l]	Referencia
<i>Elodea canadensis</i>	<i>Hydrocharitaceae</i>	NE	22500	Brown and Rattigan, 1979
<i>Spirodela polyrhiza</i>	<i>Lemnaceae</i>	NE	654	Van der Werff and Pruyt, 1982
<i>Callitriche platycarpa</i>	<i>Callitricaceae</i>	NE	654	Van der Werff and Pruyt, 1982

Nota:

NE: No especificada

TABLA III.3 - CONCENTRACIONES DE ZINC ASOCIADAS A EFECTOS TOXICOS AGUDOS Y CRONICOS SELECCIONADAS PARA EL CALCULO DE RELACIONES TOXICIDAD AGUDA/CRONICA

Especie	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a toxicidad aguda ajustada a 50 mg CaCO ₃ /l [µg/l]	Concentración asociada a toxicidad crónica [µg/l]	Concentración asociada a toxicidad crónica ajustada a 50 mg CaCO ₃ /l [µg/l]	Relación Toxicidad Aguda/ Crónica para cada especie (SACR)	Referencia
<i>Daphnia magna</i>	54	307	135,8 (1)	125	2,5	Mount and Norberg, 1984
<i>Salvinilus fontinalis</i>	45,9	1801 (3)	854,7 (2)	940	1,9	Holcombe and Andrew, 1978
<i>Pimephales promelas</i>	46	658	106,3 (1)	117	5,6	Benoit and Holcombe, 1978

Notas:

(1): Ensayo de toxicidad crónica realizado para el ciclo de vida

(2): Ensayo de toxicidad crónica realizado en los primeros estadios de vida

(3): Valor correspondiente a la media geométrica de las concentraciones reportadas por Holcombe and Andrew (1978)

III.2.b) Cálculo del Valor Agudo Final

El Valor Agudo Final (FAV) para el zinc se calcula de acuerdo al procedimiento especificado para el caso en que la toxicidad de una sustancia esta relacionada con las características del agua, dado que está cuantificada tal relación para la dureza.

III.2.b.1) Cálculo de la pendiente combinada a utilizar en el ajuste de datos de concentraciones tóxicas agudas (L)

Mediante el análisis de regresión de concentraciones tóxicas y durezas exhibidas en la Tabla III.1, transformadas logarítmicamente, se cuantifica la relación toxicidad-dureza para tres especies de peces y una de insectos, presentándose los resultados de dicho análisis en la Tabla III.4. A fin de evaluar la posibilidad de utilizar el conjunto de datos mencionados para el calculo de L, se utiliza el test de la homogeneidad de las pendientes (Zar, 1984), que permite determinar si los valores de las pendientes de regresión calculadas para las especies



citadas anteriormente difieren significativamente entre si. Dicho test demuestra que no existen diferencias significativas (probabilidad de que las pendientes sean iguales $> 0,24$).

TABLA III.4 - PENDIENTES DE REGRESION DE DATOS TRANSFORMADOS LOGARITMICAMENTE PARA TRES ESPECIES DE PECES (*ONCORHYNCHUS MYKISS*, *PIMEPHALES PROMELAS*, y *SALVELINUS FONTINALIS*) Y UNA DE INSECTOS (*CHIRONOMUS SP.*) PARA LAS QUE SE PUEDE CUANTIFICAR LA RELACION ENTRE LA TOXICIDAD DEL ZINC Y LA DUREZA DEL AGUA

Especie	Tamaño muestra	Pendiente de regresión	r^2	F	P
<i>Pimephales promelas</i>	40	0,6885	0,3	12,7	$< 0,01$
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	55	1,0746	0,7	138,2	$< 0,01$
<i>Salvelinus fontinalis</i>	6	0,8179	0,9	43,3	$< 0,01$
<i>Chironomus sp.</i>	4	1,1413	0,9	27,7	$< 0,01$

Notas:

r^2 = coeficiente de determinación

F = valor estimado de la distribución F

P = probabilidad de encontrar un valor igual o más bajo que el F indicado

La regresión calculada utilizando el conjunto de datos normalizados de las cuatro especies consideradas, que se exponen en la Tabla III.5, transformados logarítmicamente, tiene un coeficiente de determinación con un valor estadísticamente significativo ($r^2 = 0,5$, $P < 0,01$), por lo que L se calcula utilizando el conjunto de datos antedichos, exponiéndose los resultados en la Tabla III.6.

TABLA III.5 - DATOS ORIGINALES Y NORMALIZADOS PARA ESTIMACION DE LA PENDIENTE COMBINADA PARA EL AJUSTE DE LOS DATOS DE TOXICIDAD EN FUNCION DE LA DUREZA

Especie	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a toxicidad aguda [µg/l]	Dureza normalizada	Concentración asociada a toxicidad aguda normalizada
<i>Chironomus sp.</i>	50	18200	0,43	0,07
<i>Chironomus sp.</i>	50	21500	0,43	0,01
<i>Chironomus sp.</i>	224	150000	0,34	0,01
<i>Chironomus sp.</i>	224	80000	0,34	0,00
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	9,2	66	0,12	0,10
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	20	162	0,27	0,24
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	22	240	0,30	0,35
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	23	815	0,31	1,18
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	23	136	0,31	0,20
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	23	560	0,31	0,81
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	23	93	0,31	0,1
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	25	430	0,34	0,62
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	30	830	0,41	1,2
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	30	810	0,41	1,2
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	30	430	0,41	0,62
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	30	410	0,41	0,60
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	30,9	4530	0,42	6,6



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

TABLA III.5 - DATOS ORIGINALES Y NORMALIZADOS PARA ESTIMACION DE LA PENDIENTE COMBINADA PARA EL AJUSTE DE LOS DATOS DE TOXICIDAD EN FUNCION DE LA DUREZA (Cont.)

Especie	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a toxicidad aguda [µg/l]	Dureza normalizada	Concentración asociada a toxicidad aguda normalizada
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	31,2	190	0,42	0,28
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	31,3	110	0,42	0,16
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	95	0,45	0,14
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	107	0,45	0,16
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	132	0,45	0,19
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	141	0,45	0,20
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	170	0,45	0,25
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	181	0,45	0,26
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	191	0,45	0,28
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	204	0,45	0,30
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	212	0,45	0,31
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	226	0,45	0,33
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	246	0,45	0,36
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	251	0,45	0,36
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	271	0,45	0,39
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	297	0,45	0,43
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	344	0,45	0,50
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	33	469	0,45	0,68
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	50	188	0,68	0,27
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	58	340	0,79	0,49
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	102	1000	1,4	1,5
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	120	869	1,6	1,3
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	250	1760	3,4	2,6
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	250	5300	3,39	7,7
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	250	1600	3,4	2,3
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	250	790	3,4	1,2
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	250	590	3,4	0,86
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	312	4520	4,2	6,6
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	312	1190	4,2	1,7
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	314	7210	4,3	10
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	320	2800	4,3	4,1
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	320	4700	4,3	6,8
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	320	3860	4,3	5,6
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	320	3500	4,3	5,1
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	330	7210	4,5	10
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	350	7210	4,8	10
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	350	4520	4,8	6,6
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	350	1190	4,8	1,7
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	387	4460	5,3	6,5
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	389	11100	5,3	16
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	389	5160	5,3	7,5
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	394	9950	5,4	14
<i>Pimephales promelas</i>	20	303	0,19	0,05
<i>Pimephales promelas</i>	20	2550	0,19	0,46



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

TABLA III. 5 - DATOS ORIGINALES Y NORMALIZADOS PARA ESTIMACION DE LA PENDIENTE COMBINADA PARA EL AJUSTE DE LOS DATOS DE TOXICIDAD EN FUNCION DE LA DUREZA (Cont.)

Especie	Dureza [mg CaCO ₃ /l]	Concentración asociada a toxicidad aguda [µg/l]	Dureza normalizada	Concentración asociada a toxicidad aguda normalizada
<i>Pimephales promelas</i>	20	2330	0,19	0,42
<i>Pimephales promelas</i>	20	770	0,19	0,14
<i>Pimephales promelas</i>	20	960	0,19	0,17
<i>Pimephales promelas</i>	35	660	0,34	0,12
<i>Pimephales promelas</i>	45	3100	0,43	0,56
<i>Pimephales promelas</i>	46	600	0,44	0,11
<i>Pimephales promelas</i>	49	5100	0,47	0,91
<i>Pimephales promelas</i>	54	13800	0,52	2,5
<i>Pimephales promelas</i>	54	13700	0,52	2,5
<i>Pimephales promelas</i>	54	4700	0,52	0,84
<i>Pimephales promelas</i>	63	12500	0,61	2,2
<i>Pimephales promelas</i>	63	6200	0,61	1,1
<i>Pimephales promelas</i>	97	18500	0,93	3,3
<i>Pimephales promelas</i>	98	8100	0,94	1,5
<i>Pimephales promelas</i>	99	12500	0,95	2,2
<i>Pimephales promelas</i>	100	12500	0,96	2,2
<i>Pimephales promelas</i>	102	9900	0,98	1,8
<i>Pimephales promelas</i>	103	25000	0,99	4,5
<i>Pimephales promelas</i>	159	2540	1,5	0,46
<i>Pimephales promelas</i>	166	7630	1,6	1,4
<i>Pimephales promelas</i>	186	1820	1,8	0,33
<i>Pimephales promelas</i>	186	1850	1,8	0,33
<i>Pimephales promelas</i>	186	870	1,8	0,16
<i>Pimephales promelas</i>	186	19000	1,8	3,4
<i>Pimephales promelas</i>	193	8200	1,9	1,5
<i>Pimephales promelas</i>	195	13600	1,9	2,4
<i>Pimephales promelas</i>	200	13000	1,9	2,3
<i>Pimephales promelas</i>	200	12000	1,9	2,2
<i>Pimephales promelas</i>	200	10000	1,9	1,8
<i>Pimephales promelas</i>	200	8400	1,9	1,5
<i>Pimephales promelas</i>	208	35500	2,0	6,4
<i>Pimephales promelas</i>	212	29000	2,0	5,2
<i>Pimephales promelas</i>	216	15500	2,1	2,8
<i>Pimephales promelas</i>	220	2610	2,1	0,47
<i>Pimephales promelas</i>	335	15400	3,2	2,8
<i>Pimephales promelas</i>	360	33400	3,5	6,0
<i>Pimephales promelas</i>	362	2159	3,5	0,39
<i>Pimephales promelas</i>	387	2980	3,7	0,53
<i>Salvelinus fontinalis</i>	44,4	2420	0,40	0,05
<i>Salvelinus fontinalis</i>	46,8	1550	0,50	0,90
<i>Salvelinus fontinalis</i>	47	2120	0,40	0,11
<i>Salvelinus fontinalis</i>	170	4980	0,39	0,19
<i>Salvelinus fontinalis</i>	178	6140	0,51	0,17
<i>Salvelinus fontinalis</i>	179	6980	0,58	0,16



TABLA III.6 - CALCULO DE LA PENDIENTE COMBINADA (L) EN BASE A DATOS NORMALIZADOS Y TRANSFORMADOS LOGARITMICAMENTE PARA TRES ESPECIES DE PECES Y UNA DE INSECTOS PARA LAS QUE SE PUEDE CUANTIFICAR LA EXISTENCIA DE UNA RELACION ENTRE LA TOXICIDAD DEL ZINC Y LA DUREZA DEL AGUA

Especie	Tamaño muestra	Pendiente de la regresión	R ²	F	P
<i>Oncorhynchus mykiss</i> , <i>Pimephales promelas</i> , <i>Salvelinus fontinalis</i> y <i>Chironomus sp.</i>	105	1,1096	0,5	105,8	< 0,01

III.2.b.2) Cálculo del Valor Agudo Final Ajustado (AFAV)

De acuerdo al procedimiento establecido, los datos de toxicidad aguda se ajustan a una dureza igual a 50 mg CaCO₃/l utilizando la pendiente combinada calculada anteriormente ($L = 1,1096$), presentándose los datos ajustados en la Tabla III.1. A partir de los mismos, se determinan los valores agudos medios ajustados para cada especie (ASMAV), que se presentan en la Tabla III.1 y género (AGMAV), que se exponen ordenados crecientemente en la Tabla III.7, con sus correspondientes números de orden, R, y probabilidades acumulativas, P_R , siendo $P_R = R/(N+1)$.

TABLA III.7 - ZINC: PROBABILIDAD ACUMULATIVA (P_R) Y VALOR AGUDO MEDIO AJUSTADO PARA CADA GENERO (AGMAV)

Género	AGMAV [µg/l]	P_R	R
<i>Ceriodaphnia</i>	44	0,04	1
<i>Agosia</i>	155	0,07	2
<i>Daphnia</i>	314	0,11	3
<i>Oncorhynchus</i>	667	0,15	4
<i>Pimephales</i>	698	0,19	5
<i>Physa</i>	772	0,22	6
<i>Tilapia</i>	772	0,26	7
<i>Ranatra</i>	887	0,30	8
<i>Fundulus</i>	920	0,33	9
<i>Jordanella</i>	1729	0,37	10
<i>Salvelinus</i>	1801	0,41	11
<i>Brachionus</i>	1889	0,44	12
<i>Craterocephalus</i>	2053	0,48	13
<i>Lirceus</i>	2439	0,52	14
<i>Gambusia</i>	2826	0,56	15
<i>Hydra</i>	2838	0,59	16
<i>Salmo</i>	3039	0,63	17
<i>Poecilia</i>	4963	0,67	18
<i>Bufo</i>	7757	0,70	19
<i>Dugesia</i>	7788	0,74	20
<i>Cyprinus</i>	9129	0,78	21
<i>Lymnaea</i>	17306	0,81	22
<i>Nais</i>	19750	0,85	23

**TABLA III.7 - ZINC: PROBABILIDAD ACUMULATIVA (P_R) Y VALOR AGUDO MEDIO AJUSTADO PARA CADA GÉNERO (AGMAV) (Cont.)**

Género	AGMAV [$\mu\text{g/l}$]	P_R	R
<i>Chironomus</i>	20257	0,89	24
<i>Carassius</i>	27690	0,93	25
<i>Asellus</i>	52551	0,96	26

De acuerdo al esquema metodológico establecido, el análisis de regresión de los AGMAV 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):

$$b = 13,7300$$

$$a = 1,1794$$

$$k = 4,2500$$

Seguidamente, se calcula el Valor Agudo Final Ajustado (AFAV) a 50 mg CaCO_3/l según:

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

resultando:

$$\text{AFAV} = 70 \mu\text{g/l}$$

III.2.c) Cálculo del Valor Crónico Final (FCV) en función de la dureza

En base a los datos de toxicidad aguda y crónica ajustados que se exhiben en la Tabla III.3, se calculan las relaciones toxicidad aguda/crónica para las especies consideradas (SACR), las que se presentan en la tabla antedicha. Por último, se calcula la media geométrica de las SMACR, que determina una relación final toxicidad aguda/crónica (FACR) igual a 3,3.

Dividiendo el AFAV calculado (70 $\mu\text{g/l}$) por la FACR obtenida (3,3), resulta para zinc el siguiente Valor Crónico Final Ajustado (AFCV):

$$\text{AFCV} = 21 \mu\text{g/l}$$

La ecuación que permite calcular el Valor Crónico Final en función de la dureza (FCV_c) es la siguiente:

$$\text{FCV}_c = e^{L \cdot (\ln \text{dureza}) + \ln \text{AFCV} - L \cdot \ln Z}$$

donde:

L (pendiente combinada): 1,1096

Dureza: expresada en mg CaCO_3/l

Z (valor de dureza a que se ajustan los datos): 50 mg CaCO_3/l

AFCV: Valor Crónico Final Ajustado a una dureza de 50 mg CaCO_3/l



Reemplazando, resulta la siguiente expresión de cálculo del Valor Crónico Final (FCV) en función de la dureza:

$$FCV_c = e^{1,1096 * (\ln \text{dureza}) - 1,2963}$$

donde:

FCV_c: concentración de zinc expresada en µg/l

Dureza: expresada en mg CaCO₃/l

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

En virtud de que el Valor Crónico Final Ajustado (AFCV) en ningún caso resulta superior a los valores de toxicidad crónica ajustados que se exhiben en la Tabla III.3 y de que si bien supera al Valor Final para Plantas (FPV) que resulta de la Tabla III.2 (12,5 µg/l), este último está determinado por el menor de los datos de toxicidad para una especie que podría ser considerada como no clave, se especifica el siguiente nivel guía de calidad para zinc correspondiente a protección de la biota acuática (NGPBA), referido a la muestra de agua filtrada:

$$NGPBA \text{ (Zinc)} \leq e^{1,1096 * (\ln \text{dureza}) - 1,2963}$$

donde:

NGPBA (Zinc): concentración de zinc expresada en µg/l

Dureza: expresada en mg CaCO₃/l

En la Tabla III.8 se expresan, a título de ejemplo, algunos valores del nivel guía calculado según la expresión anterior.

TABLA III.8 – EJEMPLOS DE APLICACION DEL NIVEL GUIA DE CALIDAD PARA ZINC CORRESPONDIENTE A PROTECCION DE LA BIOTA ACUATICA

Dureza [mg CaCO₃/l]	NGPBA (Zinc) [µg/l]
25	≤ 9,7
50	≤ 21
100	≤ 45



IV) NIVEL GUIA DE CALIDAD DE AGUA AMBIENTE PARA PROTECCION DE LA BIOTA ACUATICA CORRESPONDIENTE A ZINC (APLICABLE A AGUA MARINA)

VI.1) Introducción

El zinc es un elemento esencial y relativamente poco tóxico, aunque hay evidencia de que altas ingestas de zinc pueden derivar en deficiencias de cobre, hierro y calcio, con lo cual los efectos tóxicos de su ingesta dependen en cierta medida del nivel de ingesta de estos elementos. Así, entonces, tanto una merma como un exceso de zinc en la ingesta alimentaria pueden ser perjudiciales para el normal desarrollo de diversas especies de producción animal.

Diversos estudios han aportado evidencias sobre efectos deletéreos del zinc en especies de producción animal, con diferencias marcadas en estas últimas en su capacidad de tolerancia de aquel.

Se ha sugerido el uso de niveles farmacológicos de zinc para mantener niveles de tolerancia adecuada de E.coli en cerdos en edad de destete. Hahn et al. (1993) observaron reducción de masa corporal en cerdos Yorkshire- Hampshire en edad de destete como resultado de la administración de zinc en la dieta durante un período de 21 días. Bertol et al. (1998) ratificaron dichas conclusiones dosificando zinc en cerdos Duroc-Large White en edad de destete en estudios de 42 días de duración.

Spears et al. (1989) constataron un incremento de la tasa de crecimiento en un grupo de novillas de las razas Hereford y Simmental expuesto durante 18 semanas a zinc administrado en la dieta. No se observó, sin embargo, una merma de la misma debido a que la dosis de zinc ingerido en la dieta no fue suficientemente elevada.

El ganado ovino es de los más sensibles al alto contenido de zinc en la dieta. El estudio de Campbell et al. (1979) permitió observar deficiencias en la performance reproductiva en ovejas Cheviot preñadas de 6 semanas debido a la ingesta de zinc en la dieta a lo largo de 61 días.

Sandoval et al. (1998) observaron una merma en la tasa de crecimiento y en la ingesta de alimento en pollos Cobb de 1 semana de edad expuestos a zinc administrado en la dieta durante 21 días de tratamiento. Sandoval et al. (1999) no observaron diferencias significativas en la tasa de crecimiento en pollos macho Ross x Ross de 2 semanas de edad expuestos durante 7 días de tratamiento a una dosis de zinc en la dieta menor que en el estudio antedicho; se observó la respuesta a la ingesta de zinc desde distintas fuentes, y se experimentó la administración oral y endovenosa, puesto que el gusto que proporciona el zinc en la dieta parece influir en la cantidad de alimento ingerido. Blalock et al. (1988) obtuvieron resultados similares al primer estudio mencionado sobre pollos, en un tratamiento sobre hembras de 1 día de vida a las que se administró zinc durante 12 días con distintas dosis de hierro. Por su parte, Dewar et al. (1983) constataron reducción de la tasa de crecimiento y lesiones en páncreas en pollos de 1 día de edad como resultante de la administración de zinc en la dieta durante un período de 4 semanas.



Se ha advertido que el uso de dietas de alta concentración de zinc en gallinas induce una excelente performance en el cambio de plumas, hipotéticamente relacionado a una merma en la producción de huevos. Jackson et al. (1986) observaron reducción en la producción de huevos y de la tasa de crecimiento, y un gran incremento de zinc en hígado y páncreas en gallinas Hisex de 40 semanas de edad expuestas a zinc administrado en la dieta durante una experiencia de largo término (20 semanas). Gibson et al. (1986) obtuvieron similares resultados en un estudio sobre gallinas Hisex brown de 30 semanas de edad expuestas durante 10 semanas. Por otra parte, Palafox et al. (1980) constataron, luego del suministro de una alta dosis de zinc en la dieta durante los primeros 5 días del test, una merma en la producción de huevos durante las primeras 4 semanas del estudio, aunque no significativa para el total de 12 semanas de tratamiento, sobre gallinas Single Corn White Leghorn de 36 semanas de edad. Williams et al. (1989) obtuvieron similares resultados durante 22 días de tratamiento en gallinas Hy-Line de 60 semanas de edad.

El estudio de Gasaway et al. (1972), realizado con patos de 7 semanas de edad, expuestos a zinc en la dieta durante 60 días, permitió observar reducción de la tasa de crecimiento y de la ingesta en todos los grupos de animales tratados.

La información toxicológica disponible para zinc resulta insuficiente para la derivación con carácter pleno de niveles guía de calidad de agua ambiente para bebida de especies mamíferas y de especies aviarias de producción animal. De tal manera, para los escenarios de producción animal mamífera, aviaria y mixta, los niveles guía de calidad de agua de bebida se derivan con carácter interino.

VI.2) Cálculo de ingestas diarias tolerables y concentraciones máximas tolerables de zinc en el agua de bebida para producción animal conformada por especies mamíferas

En la Tabla VI.1 se exponen valores correspondientes al menor valor de exposición para el cual se observa un efecto adverso (LOAEL) y al nivel de exposición para el cual no se observa efecto adverso alguno (NOAEL) para porcinos y ovinos. Tales valores resultan de elaboraciones sobre los trabajos referenciados en la tabla antedicha.

TABLA VI. 1 - VALORES DE TOXICIDAD CRONICA ORAL SOBRE MAMIFEROS CONCERNIENTES AL ZINC

ANIMAL	LOAEL [mg Zn/(kg masa corporal * d)]	NOAEL [mg Zn/(kg masa corporal * d)]	REFERENCIA
Porcinos	293,4 (1)	194,4 (2)	Hahn et al.,1993
Ovinos	10,0 (3)	2,50 (4)	Campbell et al.,1979

Notas:

(1): Calculado sobre las siguientes bases:

dosificación de zinc en la dieta: 5125 mg Zn/kg alimento; ingesta alimentaria: 0,751 kg/d ; masa corporal = $(w_i + w_f)/2$; w_i : masa corporal inicial; w_f : masa corporal final; w_i : 8,33 kg; $w_f = w_i + (\text{tasa de crecimiento} * \text{tiempo de ensayo})$; tasa de crecimiento: 0,456 kg/d; tiempo de ensayo: 21 d

(2): Calculado análogamente a (1) sobre las siguientes bases:

dosificación de zinc en la dieta: 3125 mg Zn/kg alimento; ingesta alimentaria: 0,871 kg/d; masa corporal = $(w_i + w_f)/2$; w_i : masa corporal inicial; w_f : masa corporal final; w_i : 8,33 kg; $w_f = w_i + (\text{tasa de crecimiento} * \text{tiempo de ensayo})$; tasa de crecimiento: 0,540 kg/d; tiempo de ensayo: 21 d

(3): Calculado sobre las siguientes bases:



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

dosificación de zinc en la dieta: 750 mg Zn/kg alimento; ingesta alimentaria: 1,6 kg/d; masa corporal = 120 kg; tiempo de ensayo: 61 d

(4): Calculado análogamente a (3) sobre las siguientes bases:

dosificación de zinc en la dieta: 150 mg Zn/kg alimento; ingesta alimentaria: 2,0 kg/d; masa corporal = 120; tiempo de ensayo: 61 d

Utilizando los valores de LOAEL y NOAEL correspondientes a cada especie (LOAEL_i y NOAEL_i) se calcula la ingesta diaria tolerable correspondiente a la misma (IDT_i) según la expresión siguiente:

$$IDT_i = (LOAEL_i * NOAEL_i)^{1/2} / FI$$

empleándose para FI (factor de incertidumbre) el valor 10. Las IDT_i resultantes son presentadas en la Tabla VI.2.

Sobre la base de las IDT_i obtenidas se calcula la concentración máxima tolerable de zinc en el agua de bebida para cada especie según la siguiente expresión:

$$c_i = IDT_i * MC_i * F_i / C_i$$

donde:

c_i: concentración máxima tolerable en el agua de bebida para la especie i [mg/l]

IDT_i: ingesta diaria tolerable para la especie i [mg/(kg masa corporal * d)]

MC_i: masa corporal de la especie i [kg]

F_i: factor de asignación de la IDT al agua de bebida para la especie i

C_i: ingesta diaria de agua por individuo para la especie i [l/d]

Considerando para el cálculo la relación MC/C más crítica para cada animal, de acuerdo a los rangos genéricos de masas corporales e ingestas diarias de agua asumidos en la metodología elaborada, y adoptando el valor 0,2 para F_i, resultan las concentraciones máximas tolerables de zinc en el agua de bebida que se exponen en la Tabla VI.2.

TABLA VI. 2 - ZINC: INGESTAS DIARIAS TOLERABLES Y CONCENTRACIONES MÁXIMAS TOLERABLES EN EL AGUA DE BEBIDA PARA MAMÍFEROS

ANIMAL	IDT [mg Zn/(kg masa corporal * d)]	c [mg/l]
Porcinos	23,9	37,7 (1)
Ovinos	0,50	0,80 (2)

Notas:

(1): Calculada para MC/C = 7,9 kg/(l/d)

(2): Calculada para MC/C = 8 kg/(l/d)

Los cálculos efectuados indican el valor 0,80 mg/l, correspondiente a la especie ovina, como la concentración máxima tolerable para el mamífero de producción animal más sensible (C_{mamífero de producción animal más sensible}).



VI.3) Cálculo de ingestas diarias tolerables y concentraciones máximas tolerables de zinc en el agua de bebida para producción animal conformada por especies aviares

En la Tabla VI.3 se exponen valores de LOAEL y NOAEL para gallinas. Tales valores resultan de elaboraciones sobre los trabajos referenciados en la tabla antedicha.

TABLA VI.3 - VALORES DE TOXICIDAD CRONICA ORAL SOBRE AVES CONCERNIENTES AL ZINC

ANIMAL	LOAEL [mg Zn/(kg masa corporal * d)]	NOAEL [mg Zn/(kg masa corporal * d)]	REFERENCIA
Gallinas	115,1 (1)	64,12 (2)	Jackson et al., 1986

Notas:

(1): Calculado sobre las siguientes bases:

dosificación de zinc en la dieta: 1909 mg Zn/kg alimento; ingesta alimentaria: 0,107 kg/d (calculada según el alimento consumido promedio/período de 28 días : 3,00 kg); masa corporal = $(w_i + w_f)/2$; w_i : masa corporal inicial; w_f : masa corporal final; w_i : 1,88 kg; w_f : 1,94 kg; tiempo de ensayo: 5 períodos de 28 d c/u

(2): Calculado análogamente a (1) sobre las siguientes bases:

dosificación de zinc en la dieta: 967 mg Zn/kg alimento; ingesta alimentaria: 0,124 kg/d (calculada según el alimento consumido promedio/período de 28 días: 3,48 kg); masa corporal = $(w_i + w_f)/2$; w_i : masa corporal inicial; w_f : masa corporal final; w_i : 1,87 kg; w_f : 2,18 kg; tiempo de ensayo: 12 períodos de 28 d c/u

Utilizando los valores de LOAEL_i y NOAEL_i antedichos y las expresiones de cálculo ya presentadas, se determinan las correspondientes ingestas diarias tolerables (IDT_i) y concentraciones máximas tolerables en el agua de bebida (c_i), aplicando para FI, MC_i/C_i y F_i los mismos criterios considerados para mamíferos. Los valores resultantes son expuestos en la Tabla VI.4.

TABLA VI.4 - ZINC: INGESTAS DIARIAS TOLERABLES Y CONCENTRACIONES MAXIMAS TOLERABLES EN EL AGUA DE BEBIDA PARA AVES

ANIMAL	IDT [mg Zn/(kg masa corporal * d)]	c [mg/l]
Gallinas	8,59	6,53 (1)

Nota:

(1): Calculada para MC/C = 3,8 kg/(l/d)

De tal manera, la concentración máxima tolerable de zinc en el agua de bebida para aves resulta determinada por el valor correspondiente a gallinas, 6,53 mg/l.

VI.4) Establecimiento de niveles guía de calidad de agua ambiente para bebida de especies de producción animal

De acuerdo a los escenarios potenciales de producción animal previstos metodológicamente, se especifican los niveles guía de calidad de agua ambiente para bebida de especies de producción animal (NGABPA) que se detallan a continuación.

**VI.4.1) Producción animal conformada por mamíferos**

En razón de las limitaciones de información toxicológica para mamíferos ya mencionadas, se especifica con carácter interino el nivel guía de calidad de agua ambiente para bebida de especies de producción animal correspondiente a zinc, referido a la muestra de agua sin filtrar:

$$\text{NGABPA (Zinc)} \leq 0,80 \text{ mg/l}$$

VI.4.2) Producción animal conformada por aves

Igualmente para aves, se especifica con carácter interino el siguiente nivel guía de calidad de agua ambiente para bebida de especies de producción animal correspondiente a zinc, referido a la muestra de agua sin filtrar:

$$\text{NGABPA (Zinc)} \leq 6,53 \text{ mg/l}$$

VI.4.3) Producción animal conformada por mamíferos y aves

En razón de las limitaciones antedichas, se especifica con carácter interino el siguiente nivel guía de calidad de agua ambiente para bebida de especies de producción animal correspondiente a zinc, referido a la muestra de agua sin filtrar:

$$\text{NGABPA (Zinc)} \leq 0,80 \text{ mg/l}$$



V) NIVELES GUIA DE CALIDAD DE AGUA AMBIENTE PARA RIEGO CORRESPONDIENTES A ZINC

V.1) Introducción

El zinc es un micronutriente esencial para todos los organismos, siendo necesario en las plantas para obtener frutos de buen tamaño y apropiada formación. Forma parte de una enzima que está presente en todo el tejido fotosintético y que es imprescindible para la biosíntesis de la clorofila. Además, el zinc funciona como cofactor de la enzima superóxido dismutasa, la que cataliza la ruptura de los radicales superóxido que se generan durante la fotosíntesis. También funciona como cofactor de varias enzimas en la asimilación del dióxido de carbono. Por otra parte, está relacionado con la síntesis del triptófano, el cual es un aminoácido precursor de auxinas, hormonas clave para el crecimiento de tallos, hojas y frutas. La deficiencia de zinc provoca, entre otros síntomas, aparición de hojas pequeñas y estrechas y entrenudos cortos (Day, 1994).

En cuanto a su acumulación en el tejido vegetal, la misma depende del tipo de suelo, de la especie y de las interacciones con otros metales (Mitchell et al., 1978). Davis et al. (1988) estudiaron la distribución de metales en suelos luego de la aplicación de barros, observando que el movimiento de zinc se producía dentro de los 15 cm superiores, permaneciendo entre el 77 y el 84% del zinc aplicado dentro de los 5 cm superiores.

Diversos estudios han aportado evidencia sobre la fitotoxicidad del zinc, habiendo sido señalada la relación de ésta con el pH del suelo.

Beckett y Davis (1977) estudiaron el efecto del zinc sobre el rendimiento de la materia seca de hojas y tallos de *Hordeum vulgare* (cebada) mediante ensayos de irrigación en arena lavada con soluciones nutrientes con distintas concentraciones de zinc, confeccionando curvas donde representaron el rendimiento de materia seca en función de la concentración de zinc a la que estaban expuestas las raíces de las plantas. De tales curvas, que indican la existencia de un nivel crítico inferior por debajo del cual hay una deficiencia de zinc y un nivel crítico superior por encima del cual se manifiesta la disminución del rendimiento de materia seca, resultó un valor promedio para el nivel crítico superior de zinc igual a 7 mg/l.

Keisling et al. (1977) estimaron que la concentración tóxica umbral de zinc para *Arachis hypogaea* (maní) asociada a disminución de la materia seca es igual a 12 mg/kg suelo.

Estudios realizados por Wallace et al. (1977) sobre *Phaseolus vulgaris* (poroto) en soluciones hidropónicas indicaron que la menor concentración de zinc que provocaba disminución significativa de la materia seca de las hojas era igual a 6,5 mg/l. Esta misma especie fue estudiada por Foroughi et al (1981), quienes analizaron el efecto de diferentes concentraciones de zinc sobre plantas que crecían en soluciones nutrientes, encontrando que concentraciones superiores a 5 mg/l producían disminución del crecimiento de la planta.

Mitchell et al. (1978) observaron la fitotoxicidad del zinc y de otros metales sobre *Lactuca sativa* var. *longifolia* (lechuga) y *Triticum aestivum* (trigo) en dos tipos de suelo, uno ácido y otro calcáreo.



Takkar y Mann (1978) determinaron niveles fitotóxicos de zinc en plantas de *Zea mays* (maíz) y *Triticum aestivum*.

El estudio de White et al. (1979) permitió realizar observaciones sobre la tolerancia de *Glycine max* (soja) a la presencia de zinc en el suelo.

Wong y Bradshaw (1982) estudiaron la fitotoxicidad del zinc a través de la observación del grado de elongación de la raíz de *Lolium perenne* (ray grass perenne). Para ello utilizaron semillas a las que pusieron en solución, encontrando que una concentración de zinc igual a 3,5 ppm inhibía significativamente el crecimiento de las raíces. La fitotoxicidad del zinc sobre esta especie fue posteriormente estudiada por Frossard et al. (1989).

En un estudio similar al antedicho, pero utilizando semillas de *Triticum aestivum*, Karataglis (1987) encontró que concentraciones de zinc iguales a la antes mencionada, producían una disminución del 25% en el largo promedio de las raíces.

Mukhi y Shukla (1991), en un estudio sobre fitotoxicidad del zinc y del azufre en plantas de *Oryza sativa* (arroz), llegaron a la conclusión de que a partir de una concentración de zinc en el suelo igual a 20 ppm, expresada en términos de zinc extractable, se producía una disminución en el rendimiento de la cosecha.

El estudio de Gorlach y Gambus (1992), cuyo objetivo fue evaluar la fitotoxicidad de los metales pesados en relación con las propiedades del suelo y la posibilidad de asimilación de aquéllos por las plantas, determinó que para *Lolium multiflorum* la menor concentración fitotóxica correspondiente a zinc era igual a 320 mg/kg de suelo. También permitió observar que la fitotoxicidad de los metales pesados estaba muy asociada al pH del suelo, disminuyendo la primera con el aumento del segundo.

Kucharski y Niklewska (1992) estudiaron la influencia del zinc sobre la cosecha de *Vicia faba* (haba) y sobre la actividad microbiológica del suelo.

Smilde et al. (1992) observaron la disminución en el rendimiento de la cosecha debido a la interacción zinc-cadmio en varias especies, entre ellas, *Spinacia oleracea* (espinaca).

Por su parte, Luo y Rimmer (1995) estudiaron los efectos de la interacción zinc-cobre sobre el crecimiento de *Hordeum vulgare*.

Lee et al. (1996) estudiaron el efecto del zinc sobre *Poa pratensis* ("Touchdown" Kentucky bluegrass) irrigando plantas con soluciones nutrientes con presencia diversa de zinc, observando a partir de una concentración de este último igual a 262 mg/l clorosis y enrojecimiento de los filos de hojas maduras y disminución del rendimiento de materia seca.

Borkert et al. (1998) estudiaron la fitotoxicidad del zinc y del cobre en maní, arroz y maíz mediante experiencias en invernadero, determinando concentraciones umbrales de toxicidad asociadas a disminución de rendimiento de materia seca.

De Lima Filho y Malavolta (1998) evaluaron los efectos del boro y del zinc, administrados como sulfatos, sobre plantas de *Coffea arabica* (café), encontrando que existía una correlación entre ambos elementos y comprobando que las plantas a las que no se les



administraba zinc tenían dificultades para absorber el boro. El máximo rendimiento en materia seca observado correspondió a una concentración de zinc en el suelo igual a 5 mg/kg.

De acuerdo a la información disponible, la derivación del nivel guía de calidad de agua para riego correspondiente a zinc se asienta en el procedimiento establecido para datos fitotóxicológicos basados en concentraciones en el suelo, resultando tales datos suficientes para el cálculo de la concentración máxima aceptable en el agua de riego con carácter pleno.

V.2) Cálculo de la concentración máxima aceptable de zinc en el agua de riego

En la Tabla V.1 se exponen valores de las menores concentraciones de zinc en el suelo para las cuales se registran efectos fitotóxicos (LOEC) y de concentraciones de zinc en el suelo para las cuales no se registran efectos fitotóxicos (NOEC) correspondientes a especies de producción vegetal. Estos valores están así reportados en los trabajos referenciados en la tabla antedicha o resultan de elaboraciones sobre tales trabajos.

TABLA V.1 - FITOTOXICIDAD DEL ZINC SOBRE ESPECIES DE PRODUCCION VEGETAL

ESPECIE	NOEC [mg Zn/kg suelo]	LOEC [mg Zn/kg.suelo]	EFEECTO	REFERENCIA
<i>Hordeum vulgare</i>	18,4 (1)(2)	82,6 (2)	Disminución en el rendimiento de materia seca de la planta	Luo and Rimmer, 1995
<i>Vicia faba</i>	18,4 (1) (2)	82,6 (2)	Disminución del rendimiento del vegetal	Kucharski and Niklewska, 1992
<i>Triticum aestivum</i>	21 (2)	41,3 (2)	Disminución en el rendimiento de granos	Takkar and Mann, 1978
<i>Zea mays</i>	41,3 (2)	82,6 (2)	Disminución en el rendimiento de materia seca de la planta	Takkar and Mann, 1978
<i>Lactuca sativa</i>	33,1 (2)	66 (2)	Disminución en el rendimiento del vegetal	Mitchell et al, 1978
<i>Spinacia oleracea</i>	26,4 (2)	43,0 (2)	Disminución en el rendimiento de materia seca de la planta	Smilde et al, 1992
<i>Glycine max</i>	67,8 (2)	81,0 (2)	Disminución en el rendimiento de materia seca de hojas trifoliadas	White et al, 1979
<i>Lolium perenne</i>	340,5 (2)	SD	Disminución en el rendimiento de materia seca de la planta	Frossard et al., 1989

Notas:

(1): Estimado a partir de $NOEC = (LOEC/4,5)$, de acuerdo a lo establecido metodológicamente

(2): Ajustado a contenido de humedad de capacidad de campo de acuerdo a lo establecido metodológicamente

SD: Sin dato

Calculando la concentración máxima aceptable de zinc en el suelo para cada especie considerada (ASC_i) según la siguiente expresión:

$$ASC_i = (LOEC_i * NOEC_i)^{1/2} / FI$$



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

Siendo FI el factor de incertidumbre, para el cual se toma el valor 10, de acuerdo a las pautas metodológicas establecidas, y calculando luego la concentración máxima aceptable de zinc en el agua de riego para cada especie (SMATC_i) según:

$$\text{SMATC}_i = \text{ASC}_i * \text{ds} * \text{Vs} / \text{Tr}$$

donde:

SMATC_i: [μg/l]

ASC_i: [mg/kg suelo]

ds: densidad bruta del suelo [kg de suelo/m³ suelo]

Vs: volumen de suelo [m³/ha]

Tr: tasa de riego efectiva anual [m³/ha]

siendo:

$$\text{Vs} = h \text{ [m]} * 10^4 \text{ [m}^2\text{/ha]}$$

donde:

h: profundidad estimada de avance de la sustancia [m]

y asumiéndose para efectuar el cálculo, ds = 1300 kg/m³, h = 0,05 m y los siguientes escenarios relativos a tasas de riego efectivas anuales: Tr = 3500 m³/ha (contempla situaciones de riego hasta dicha tasa), Tr = 7000 m³/ha (contempla situaciones de riego con 3500 m³/ha < Tr ≤ 7000 m³/ha), Tr = 12000 m³/ha (contempla situaciones de riego con 7000 m³/ha < Tr ≤ 12000 m³/ha), se determinan las concentraciones máximas aceptables para zinc que se exponen en la Tabla V.2. La profundidad de lixiviación seleccionada se basa en estudios del comportamiento de zinc aplicado a suelos de uso agrícola a través de residuos (Davis et al. 1988).

TABLA V.2 - CONCENTRACIONES MAXIMAS ACEPTABLES DE ZINC

ESPECIE	LOEC [mg Zn/kg suelo]	NOEC [mg Zn/kg suelo]	ASC [mg Zn/kg suelo]	Tasa de riego [m ³ /ha]	SMATC [μg Zn/l]
<i>Hordeum vulgare</i>	82,6	18,4	3,9	3500	724
				7000	362
				12000	211
<i>Vicia faba</i>	82,6	18,4	3,9	3500	724
				7000	362
				12000	211
<i>Triticum aestivum</i>	41,3	21	2,9	3500	539
				7000	269
				12000	157
<i>Zea mays</i>	82,6	41,3	5,8	3500	1077
				7000	539
				12000	314
<i>Lactuca sativa</i>	66	33,1	5,1	3500	947
				7000	474
				12000	276

**TABLA V.2 - CONCENTRACIONES MAXIMAS ACEPTABLES DE ZINC (Cont.)**

ESPECIE	LOEC [mg Zn/kg suelo]	NOEC [mg Zn/kg suelo]	ASC [mg Zn/kg suelo]	Tasa de riego [m ³ /ha]	SMATC [µg Zn/l]
<i>Spinacia oleracea</i>	43,0	26,4	3,4	3500	631
				7000	316
				12000	184
				12000	3689
<i>Glycine max</i>	81,0	67,8	7,4	3500	1374
				7000	687
				12000	401
<i>Lolium perenne</i>	SD	340,5	68,1 (1)	3500	12647
				7000	6324
				12000	3689

Notas:

SD: Sin dato

(1): Calculado según $ASC = NOEC/5$, de acuerdo a lo establecido metodológicamente

Las concentraciones máximas aceptables para zinc en agua de riego quedan definidas por las menores calculadas para los tres escenarios de riego considerados: 539 µg Zn/l, para Tr = 3500 m³/ha; 269 µg Zn/l, para Tr = 7000 m³/ha, y 157 µg Zn/l, para Tr = 12000 m³/ha, que corresponden a *Triticum aestivum*.

V.3) Especificación de niveles guía para zinc en agua de riego

Se especifican los siguientes niveles guía para zinc correspondientes a agua de riego (NGAR), referidos a la muestra de agua sin filtrar, para los escenarios de riego antedichos:

$$NGAR_1 (\text{Zinc}) \leq 539 \mu\text{g Zn/l} \quad (\text{para Tr} = 3500 \text{ m}^3/\text{ha})$$

$$NGAR_2 (\text{Zinc}) \leq 269 \mu\text{g Zn/l} \quad (\text{para Tr} = 7500 \text{ m}^3/\text{ha})$$

$$NGAR_3 (\text{Zinc}) \leq 157 \mu\text{g Zn/l} \quad (\text{para Tr} = 12000 \text{ m}^3/\text{ha})$$

V.4) Consideración de riesgos asociados al agua de riego para el suelo y el acuífero freático

Los niveles guía especificados son de aplicación en la medida en que sean efectuadas las verificaciones de carencia de impactos sobre el suelo y el acuífero freático atribuibles al agua de riego detalladas en la metodología.



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

IX) TECNICAS ANALITICAS ASOCIADAS A LA DETERMINACION DE ZINC

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 zinc.



X) REFERENCIAS

Agua Superficial, 1999a. Procesamiento de datos presentados en: Instituto Nacional del Agua y del Ambiente. 1999. Reporte detallado de datos de calidad de agua recolectados durante el período Abril 1987-Marzo 1998 por la Contraparte Técnica Argentina. Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata. Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Plata.

Agua Superficial, 1999b. Procesamiento de datos presentados en: Instituto Nacional del Agua y del Ambiente. 1999. Reporte detallado de datos de calidad de agua recolectados durante el período Abril 1987-Marzo 1998 por la Contraparte Técnica Argentina. Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata. Control de la Calidad de las Aguas de la Cuenca del Plata y datos suministrados por el Ente Tripartito de Obras y Servicios Sanitarios correspondientes al período 1993-1995.

Ahsanullah, M. 1976. Acute toxicity of cadmium and zinc to seven invertebrate species from western Port, Victoria. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 27: 187-196. En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5-87-003.

Alsop, D.H.; J.C. McGeer; D.G. McDonald and C.M. Wood. 1999. Costs of chronic waterborne zinc exposure and the consequences of zinc acclimation on the gill/zinc interactions of rainbow trout in hard and soft water. Environ. Toxicol. Chem. 18(5): 1014-1025.

Anadu, D.I., G.A. Chapman, L.R. Curtis and R.A. Tubb. 1989. Effect of zinc exposure on subsequent acute tolerance heavy metals in rainbow trout. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 43(3): 329-336. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.

Anderson, P.D. and L.J. Weber. 1976. The multiple toxicity of certain heavy metals; additive actions and interactions. In: Toxicity to Biota of Metal Forms in Natural Waters. R.W. Andrew, P.V. Hodson and D.E. Konasewich (eds.). Great Lakes Advisory Board, International Joint Commission, Windsor, Ontario, pp. 263-282. En: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 1996. Canadian Environmental Quality Guidelines.

Baccini, P. 1985. Metal transport and metal/biota interactions in lakes. Environ. Technol. Lett. 6: 327-334. U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1987. Ambient Water Quality Criteria for Zinc. EPA-440/5-87-003.

Baker, L. and D.Walden. 1984. Acute toxicity of copper and zinc to three fish species from the Alligator Rivers Region. Tech. Memorandum No. 8, Supervising Scientist for the Alligator Rivers Region, Australian Gov. Publ. Serv., Canberra, Australia: 27 p. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.

Bartlett, L., F.W. Rabe and W.H. Funk. 1974. Effects of copper, zinc and cadmium on *Selenastrum capricornutum*. Water Res. 8: 179-185. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.

Beach, M.J. and D. Pascoe. 1998. The role of *Hydra vulgaris* (Pallas) in assessing the toxicity of freshwater pollutants. Water Res. 32(1): 101-106. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.

Beckett, P.H.T. and R.D.Davis. 1977. Upper critical levels of toxic elements in plants. New Phytol. 79: 95-106.

Belanger, S.E. and D.S. Cherry. 1990. Interacting effects of pH acclimation, pH, and heavy metals on acute and chronic toxicity to *Ceriodaphnia dubia* (Cladocera). J. Crustacean Biol. 10(2): 225-235. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.

Benoit, D.A. and G.W. Holcombe. 1978. Toxic effects of zinc on fathead minnows (*Pimephales promelas*) in Soft Water. J. Fish Biol. 13(6): 701-708. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.

Berglind, R. and G. Dave. 1984. Acute toxicity of chromate, DDT, PCP, TPBS, and zinc to *Daphnia magna* cultured in hard and soft water. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 33(1): 63-68. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

- Bertol, T.M and B.Guimaraes de Brito. 1998. Efeito de altos níveis de zinco suplementar no desempenho e na mortalidade de leitões. Pesq. Agropec. Bras., Brasília. 33: 1493-1501.
- 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: 1690-1700. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Blalock, T.L. and C.H. Hill. 1988. Studies on the role of iron in zinc toxicity in chicks. Biological trace element research. 17: 17-29.
- Borkert, C.M., F. R. Cox and M.R. Tucker. 1998. Zinc and Copper Toxicity in Peanut, Soybean, Rice and Corn in Soil Mixtures. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 29 (19&20): 2991-3005.
- Bosnak, A.D. and E.L. Morgan. 1981. Acute toxicity of cadmium, zinc, and total residual chlorine to epigeal and hypogean isopods (*Asellidae*). Natl. Speleological Soc. Bull. 43: 12-18. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Bowen, G.M.R. 1990. Joint action of sublethal copper and zinc on locomotory behaviour of fathead minnows. M.S. Thesis, Univ. of Guelph (Canada): 100 p.; Masters Abstr. Int. 30(3):663 (1992) (ABS). En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Bradley, R.W. and J.B. Sprague. 1985. The influence of pH, water hardness, and alkalinity on the acute lethality of zinc to rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 731-736. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- British Columbia Research. 1978. Avoidance reactions of salmonids to pulp mill effluents. Environ. Can., Environ. Prot. Serv., Coop. Pollut. Abatement Res., CPAR Project Rep. 688-1: 36 p. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Broderius, S.J. and L.L. Smith, Jr. 1979. Lethal and sublethal effects of binary mixtures of cyanide and hexavalent chromium, zinc, or ammonia to the fathead minnow and rainbow trout. J. Fish. Res. Board Can. 36(2): 164-172. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Brown, B.T. and B.M. Rattigan. 1979. Toxicity of soluble copper and other metal ions to *Elodea canadensis*. Environ. Pollut. 20: 303-314. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Brown, V.M. 1968. The calculation of the acute toxicity of mixtures of poisons to rainbow trout. Water Res. 2(10): 723-733. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Brown, V.M. and R.A. Dalton. 1970. The acute lethal toxicity to rainbow trout of mixtures of copper, phenol, zinc and nickel. J. Fish. Biol. 2: 211-216. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Brungs, W.A. 1969. Chronic toxicity of zinc to the fathead minnow, *Pimephales promelas* Rafinesque. Trans. Am. Fish. Soc. 98: 272-279. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Bryant, V., D.M. Newbery, D.S. McKlusky and R. Campbell. 1985. Effect of temperature and salinity on the toxicity of nickel and zinc to two estuarine invertebrates (*Corophium volutator*, *Macoma balthica*). Mar. Ecol. Prog. Ser. 24: 139-153. En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5-87-003.
- CAA (Código Alimentario Argentino). 2004. Capítulo III. Artículo 156.
- Cairns, J.Jr., W.T. Waller and J.C. Smrcek. 1969. Fish bioassays contrasting constant and fluctuating input of toxicants. Rev. Biol. 7: 75-91. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

- Calabrese, A. and D.A. Nelson. 1974. Inhibition of embryonic development of the hard clam, *Mercenaria mercenaria* by heavy metals. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 11: 92-97. En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5 -87-003.
- Calabrese, a., R.S. Collier, D.A. Nelson and J.R. McInnes. 1973. The toxicity of heavy metals to embryos of the American oyster, *Crassostrea virginica*. Mar. Biol. (Berl.). 18: 162-166. En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5 -87-003.
- Campbell, J. K. and C. F. Mills. 1979. The toxicity of zinc to pregnant sheep. Environmental research. 20: n° 1.
- Cardin, J.A. 1985. Acute toxicity data for zinc and the saltwater fish, *Fundulus heteroclitus*, *Menidia menidia* and *Pseudopleuronectes americanus*. (Memorandum to D.J. Hansen, U.S.EPA, Narragansett, RI.). En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5 -87-003.
- Carlson, A.R. and T.H. Roush. 1985. Site-specific water quality studies of the straight river, Minnesota: complex effluent toxicity, zinc toxicity, and biological survey relationships EPA 600/3-85-005, U.S. EPA, Duluth, MN: 59 p. (U.S. NTIS PB85-160703 En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Carlson, A.R., H. Nelson and D. Hammermeister. 1986. Evaluation of site-specific criteria for copper and zinc: an integration of metal addition toxicity, effluent and receiving water toxicity. U.S.EPA 600/3-86-026, Duluth, MN:68 p. (U.S. NTIS PB86-183928) (Publ in Part As 12161). En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Carson, W.G. and W.V. Carson. 1972. Toxicity of copper and zinc to juvenile atlantic salmon in the presence of humic acid and lignosulfonates. Fisheries research Board of Canada. Manuscript Report Series Nro. 1181. Biological Station, St. Andrews, N.B., Canada. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Chapman, G.A. 1975. Toxicity of copper, cadmium, and zinc to pacific northwest salmonids. Interim Report, Task 002 ROAP 10CAR, U.S. EPA, Corvallis, OR:27 p. (Letter to C.E.Stephán, U.S. EPA, Duluth, MN:5 p.) (1982) (Publ As 2123, 2060, 2027). En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Chapman, G.A. 1978a. Effects of continuous zinc exposure on sockeye salmon during adult-to-smolt freshwater residency. Trans. Am. Fish. Soc. 107: 828-836. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Chapman, G.A., 1978b. Toxicities of cadmium, copper, and zinc to four juvenile stages of chinook salmon and steelheads. Trans. Am. Fish. Soc. 107(6): 841-847. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Chapman, P.M. and C. McPherson. 1993. Comparative zinc and lead toxicity tests with arctic marine invertebrates and implications for toxicant discharges. Polar Rec. 29(168): 45-54. 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.
- Couillard, Y., P. Ross and B. Pinel-Alloul. 1989. Acute toxicity of six metals to the rotifer *Brachionus calyciflorus*, with comparisons to other freshwater organisms. Toxic. Assess. 4(4): 451-462. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Crisinel, A., L. Delaunay, D. Rossel, J. Tarradellas, H. Meyer, H. Saiah, P. Vogel, C. Delisle and C. Blaise. 1994. Cyst-based ecotoxicological tests using anostracans: comparison of two species of *Streptocephalus*. Environ. Toxicol. Water Qual. 9(4): 317-32. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Cusimano, R.F., D.F. Brakke and G.A. Chapman. 1986. Effects of pH on the toxicities of cadmium, copper, and zinc to steelhead trout (*Salmo gairdneri*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43(8): 1497-1503. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Davis, R.D., C.H. Carlton-Smith, J.H. Stark and J.A. Campbell. 1988. Distribution of metals in grassland soils following surface applications of sewage sludge. Environmental Pollution 49: 99-115.



- Day, K. 1994. Correcting Zinc deficiency in stone fruit orchards. *California Grower*, 18 (9): 14-15.
- De Lima Filho, O.F. and E. Malavolta. 1998. Evaluation of extraction procedures on determination of critical soil and foliar levels of boron and zinc in coffee plants. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29 (7&8): 825-833.
- Denton, G.R.W., and C. Burdon-Jones. 1986. Environmental effects on toxicity of heavy metals to two species of tropical marine fish from Northern Australia. *Chem. Ecol.* 2(3): 233-249. 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.
- Dewar, W.A., P.A.L. Wight, R.A. Pearson and M.J. Gentle. 1983. Toxic effects of high concentrations of zinc oxide in the diet of the chick and laying hen. *Br. Poult. Sci.* 24: 397-404.
- Dinnel, P.A., Q.J. Slober, J.M. Link, M.W. Letourneau, W.E. Roberts, S.P. Felton and R.E. Nakatani. 1983. Methodology and validation of a sperm cell toxicity test for testing toxic substances in marine waters. FRI-UW-8306. Fisheries Research Institute, School of Fisheries, University of Washington, Seattle, WA. En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5 -87-003.
- 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.
- Dorfman, D. 1977. Tolerance of *Fundulus heteroclitus* to different metals in seawater. *Bull. N.J. Acad. Sci.* 22: 21-23. En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5 -87-003.
- Eisler, R. 1977. Toxicities of selected heavy metals to the soft-shell clam, *Mya arenaria*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 17: 137-145. En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5 -87-003.
- Fernandez, T.V. and N.V. Jones. 1990. The influence of salinity and temperature on the toxicity of zinc to *Nereis diversicolor*. *Trop. Ecol.* 31(1): 40-46. 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.
- Foroughi M., Venter F. and K. Teicher. 1981. Experimentelle Ermittlung der Schwermetallanreicherung und-verteilung in Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris* L.). Sonderheft 38. VDLUFA - Schriftenreihe, 23, Kongressband.
- Frossard, R., F.X. Stadelmann and J. Niederhauser. 1989. Effects of Different Heavy Metals on Fructan, Sugar and Starch Content of Ryegrass. *J. Plant Physiol.* 134: 180-185.
- Gasaway, W.C. and I.O. Buss. 1972. Zinc toxicity in mallard duck. *Journal of wildlife management.* 36: 1106-1113.
- Gentile, S. and J. Cardin. 1982. Unpublished laboratory data. U.S.EPA, Narragansett, RI: 5 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.
- Gibson, S.W., M.H. Stevenson and N. Jackson. 1986. Comparison of the effect of feeding diets supplemented with zinc oxide or zinc acetate on the performance and tissue mineral content of mature female fowls. *Br. Poult. Sci.* 27: 391-402.
- Goettl, J.P.; P.H. Davies and J.R. Sinley. 1976. Laboratory studies: water pollution studies. In: *Colorado Fisheries research Review 1972-1975*. O.B. Cope (ed.). Colorado Div. Wildl. Publ. DOW-R-R-F72-F75. Denver, Colorado. p. 74. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Goettl, J.P.Jr. and P.H. Davies. 1978. Water pollution studies. job progress report, federal aid project F-33-R-13, DNR, Boulder, CO:46 p. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Goettl, J.P.Jr., J.R. Sinley and P.H. Davies. 1972. Laboratory studies: water pollution studies In: L.E.Yeager and D.T.Weber (Eds.), *Colorado Fish. Res. Rev. No. 7*, Div. Game Fish Parks, Ft. Collins, CO: 36-49. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Gorlach, E. and F. Gambus. 1992. A study of the effect of sorption and desorption of selected heavy metals in soils on their uptake by plants. *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych* 398: 47-52.



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

- Guth, D.J., H.D. Blankespoor and J. Cairns, Jr. 1977. Potentiation of zinc Stress caused by parasitic infection of snails. *Hydrobiologia* 55(3): 225-229. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Hahn, J.D., D.H. Baker. 1993. Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacologic levels of zinc. *J. Anim. Sci.* 71: 3020-3024.
- Hamilton, S.J. and K.J. Buhl. 1990. Safety assessment of selected inorganic elements to fry of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 20(3): 307-324. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Harrison, S .E., J.F. Klaverkamp and R.H. Hesslein. 1990. Fates of Metal Radiotracers Added to a Whole Lake: Accumulation in Fathead Minnow (*Pimephales promelas*) and Lake Trout (*Salvelinus namaycush*). *Water Air Soil Pollut.* 52(3/4):277-293. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Health and Welfare Canada. 1980. Guidelines for Canadian Drinking Water Quality 1978. Supporting Documentation. Supply and Services Canada, Hull. En: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). December 1996. Canadian Water Quality Guidelines.
- Herbert, D.W.M. and D.S. Shurben. 1964. The toxicity to fish of mixtures of poisons I. salts of ammonia and zinc. *Ann. Appl. Biol.* 53:33-41. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Hobson, J.F. and W.J. Birge. 1989. Acclimation-induced changes in toxicity and induction of metallothionein-like proteins in the fathead minnow following sublethal exposure to zinc. *Environ. Toxicol. Chem.* 8(2): 157-169. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Hogstrand, C.; S.D. Reid and C.M. Wood. 1995. Ca^{2+} versus Zn^{2+} transport in the gills of freshwater rainbow trout and the cost of adaptation to waterborne Zn^{2+} . *J. Exp. Biol.* 198: 337-348.
- Holcombe, G.W. and R.W. Andrew. 1978. The acute toxicity of zinc to rainbow and brook trout, comparisons in hard and soft water. U.S. Environmental Agency, Duluth, Minnesota. EPA-600/3-78-094. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Hwang, G.C., K.C. Song, C.H. Wi, J.H. Park and S.J. Kim. 1993. Heavy metal concentration of sea water and shellfish in Kamak Bay. *Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Agency (Korea)*. 48:2 05-215. 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.
- Jackson, N., S.W. Gibson and M.H. Stevenson. 1986. Effects of short- and long-term feeding of zinc oxide-supplemental diets on mature, female domestic fowl with special reference to tissue mineral content. *Br. J. Nutr.* 55: 333-349.
- Johnson, M. 1985. Acute toxicity data for zinc and larvae of the American lobster, *Homarus americanus*. (Memorandum to D.J. Hansen, U.S.EPA, Narragansett, RI.). En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5 -87-003.
- Judy, R.D.Jr. and P.H. Davies. 1979. Effects of calcium addition as $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ on zinc toxicity to fathead minnows, (*Pimephales promelas*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 22(1/2): 88-94. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Karataglis, S. 1987. Aluminium toxicity in Avena sativa cv. Kassandra and a comparison with the toxicity caused by some other metals. *Phyton (Austria)* 27 (1): 1-14.
- Kayser, H. 1977. Effects of zinc sulfate on the growth of mono-and multi-species cultures of some marine plankton algae. *Helgol. Wiss. Meeresunters.* 30: 682-696. En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5 -87-003.
- Kazlauskienė, N., A.Burba and G.Svecevičius. 1994. Acute toxicity of five galvanic heavy metals to hydrobionts. *Ekologija* (1): 33-36. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

- Keisling, T.C., D.A. Lauer, M.E. Walker and R.J. Henning. 1977. Visual, Tissue, and Soil Factors Associated with Zn Toxicity of Peanuts. *Agronomy Journal* 69: 765-769.
- Khargarot, B.S. and P.K. Ray. 1987. Sensitivity of toad tadpoles, *Bufo melanostictus* (Schneider), to heavy metals. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 38(3): 523-527. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Khargarot, B.S., A. Sehgal and M.K. Bhasin. 1983. "Man and the Biosphere"-Studies on Sikkim Himalayas. Part 1: Acute Toxicity of Copper and Zinc to Common Carp *Cyprinus carpio* (Linn.) in Soft Water. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 11(6): 667-673. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Khargarot, 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.
- Korver, R.M. and J.B. Sprague. 1989. Zinc avoidance by fathead Minnows (*Pimephales promelas*): computerized tracking and greater ecological relevance. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46(2): 494-502. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Krantzberg, G. 1983. The role of the benthos in Cu and Zn dynamics in freshwater microcosms. In: Heavy metals in the environment. Vol. 2. CEP Consultants, Ltd., Edinburgh, U.K. pp. 806-89. U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1987. Ambient Water Quality Criteria for Zinc. EPA-440/5-87-003.
- Kucharski, J. and T. Niklewska. 1992. The Influence of Zinc on the Yields of Broadbean and Microbiological Activity of Soil. *Polish Journal of Soil Science*, Vol. XXV/I.
- Lee, Ch.W., M.B. Jackson, M.E. Duysen, T.P. Freeman and J.R. Self. 1996. Induced micronutrient toxicity in "Touchdown" Kentucky Bluegrass. *Crop Sci.* 36: 705-712.
- Lee, D.R. 1976. Development of an invertebrate bioassay to screen petroleum refinery effluents discharged into freshwater Ph.D. Thesis, Virginia Polytechnic Inst. and State. University, Blacksburg, VA: 108 p. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Lewis, M., 1978. Acute toxicity of copper, zinc, and manganese in single and mixed salt solutions to juvenile longfin dace, *Agosia chrysogaster*. *J. Fish Biol.* 13(6): 695-700. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Lin, Yih-Fwu and A-Li Hsu. 2000. Effects of copper and zinc supplementation on growth performance, tissue accumulation and residues in excreta of broiler chicken. *J. Chin. Soc. Anim. Sci.* 29: 117-124.
- Loez, C.R.; A. Salibián and M.L. Topalián. 1998. Associations phytoplantoniques indicatrices de la pollution par le zinc. *Revue des Sciences de l'eau* 3: 315-332.
- Lorz, H.W. and B.P. McPherson. 1976. Effects of Copper or Zinc in Fresh Water or the Adaptation to Sea Water and ATPase Activity and the Effects of Copper on Migratory Disposition of coho salmon. *J. Fish. Res. Board Can.* 33(9): 2023-2030. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Luo, Y. And D.L. Rimmer. 1995. Zinc-copper interaction affecting plant growth on a metal-contaminated soil. *Environmental Pollution* 88: 79-83.
- Lussier, S. and J. Cardin. 1985. Results of acute toxicity tests conducted with zinc at ERL-Narragansett. (Memorandum to D.J. Hansen, U.S.EPA, Narragansett, TI). En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5 -87-003.
- Lussier, S.M., J.H. Gentile and J. Walker. 1985. Acute and chronic effects of heavy metals and cyanide on *Mysidopsis bahia* (Crustacea: Mysidacea). *Aquat. Toxicol.* 7: 25-35. En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5 -87-003.



- MacInnes, J.R. and A. Calabrese. 1978. Response of embryos of the American oyster, *Crassostrea virginica* to heavy metals at different temperature. In: Physiology and behavior of marine organisms. McLusky, D.S. and A.J. Berry (Eds.). Pergamon Press, New York, NY. P. 195. En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5-87-003.
- Marking, L.L. 1977. Method of assessing additive toxicity of chemical mixtures. En: Aquatic Toxicology and Hazard Evaluation. F.L. Mayer and J.L. Hamelink (eds.). American Society for Testing and Materials, Memphis, Tennessee. ASTM Spec. Tech. Publ. 634. pp. 99-108. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- McHardy, B.M. and J.J. George. 1990. Bioaccumulation and toxicity of zinc in the green alga, *Cladophora glomerata*. Environ. Pollut. 66(1): 55-66. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Méranger, J.C., K.S. Subramanian and C. Chalifoux. 1979. A national survey for cadmium, chromium, copper, lead, zinc, calcium and magnesium in Canadian drinking water supplies. Environ. Sci. Technol. 13: 707-711. En: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). December 1996. Canadian Water Quality Guidelines.
- Mills, W.B., D.B. Porcella, M.J. Unga, S.A. Gherini, K.V. Summers, Lingfung Mok, G.L. Rupp, G.L. Bowie and D.A. Haith. September 1985. Water Quality Assessment: A Screening Procedure for Toxic and Conventional Pollutants in Surface and Ground Water. EPA/600/6-85/002 a. U.S. Environmental Protection Agency.
- Ministry of Technology. 1967. Effects of Pollution on Fish Water Pollut. Res., Rep. of the Director 1966, London:50-61. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Mitchell, G.A., F.T. Bingham and A.L. Page. 1978. Yield and metal composition of lettuce and wheat grown on soils amended with sewage sludge enriched with Cadmium, Copper, Nickel and Zinc. J. Environ. Qual. 7 (2): 165-171.
- Mount, D.I. 1966. The effect of total hardness and pH on acute toxicity of zinc to fish. Air Water Pollut. 10: 49-56. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Mount, D.I. and T.J. Norberg. 1984. A seven-day life-cycle cladoceran toxicity test. Environ. Toxicol. Chem. 3(3): 425-434. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Mowbray, D.L. 1988. Assessment of the biological impact of old Tedi mine tailings, cyanide and heavy Metals. En: J.C. Pernetta (Ed.), Potential Impacts of Mining on the Fly River, UNEP, Athens, Greece, Reg. Seas Rep. Stud. No. 99: 45-74. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Mukhi, A.K. and U.C. Shukla. 1991. Effect of S and Zn on Yield and Their Uptake in Rice in Submerged Soil Conditions. J. Indian Soc. Soil Sci. 39: 730-734.
- NAS. 1977. Drinking Water and Health. Safe Drinking Water Committee, National Academy of Sciences. U.S. National Research Council, Washington, D.C. 939 pp. En: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). December 1996. Canadian Water Quality Guidelines.
- Nor, Y.M. 1990. Effects of organic ligands on toxicity of copper and zinc to *Carassius auratus*. Chem. Spec. Bioavail. 3(3): 111-115. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Norberg-King, T.J. 1989. An evaluation of the fathead minnow seven-day subchronic test for estimating chronic toxicity. Environ. Toxicol. Chem. 8(11): 1075-1089. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- NRC (National Research Council). 1989. National Academy of Sciences. Recommended Dietary Allowances, 10th Ed. National Academy Press, Washington, DC. En: U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). January, 1992. 0426. Zinc and Compounds.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1995. Guías para la calidad del agua potable. Segunda Edición. Volumen I. Recomendaciones.



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

- Palafox, A.L. and Elodie Ho-A. 1980. Effect of zinc toxicity in laying white leghorn pullets and hens. *Poult. Sci.* 59: 2024-2028.
- Patrick, W.H., Jr., R.P. Gambrell and R.A. Khalid. 1977. Physicochemical factors regulating solubility and bioavailability of toxic heavy metals in contaminated dredged sediment. *J. Environ. Sci. Health A12*: 475-492. U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1987. Ambient Water Quality Criteria for Zinc. EPA-440/5-87-003.
- Paulauskis, J.D. and R.W. Winner. 1988. Effects of water hardness and humic acid on zinc toxicity to *Daphnia magna* Straus. *Aquat. Toxicol.* 12(3): 273-290. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Pickering, Q.H. and C. Henderson. 1966. The acute toxicity of some heavy metals to different species of warm water fishes. *Proc. 19th Ind. Waste Conf., Purdue University, West Lafayette, IN*:578-591; *Int. J. Air Water Pollut.* 10: 453-463 (1966). En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Pickering, Q.H. and W.N. Vigor. 1965. The acute toxicity of zinc to eggs and fry of the fathead minnow. *Prog. Fish. Cult.* 27: 153-157. En: U.S.EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Powell, G.W., W.J. Miller, J.D. Morton and F.M. Clifton. 1964. Influence of dietary cadmium level and supplemental zinc and cadmium toxicity in the bovine. *J. Nutr.* 84: 205-214.
- Price, J. and W.R. Humphries. 1980. Investigation of the effect of supplementary zinc of growth rate of beef cattle on farms in N. Scotland. *J. Agric. Sci.* 95: 135.
- Qureshi, S.A. and A.B. Saksena. 1980. The acute toxicity of some heavy metals to *Tilapia mossambica* (Peters). *Aqua. Sci. Tech. Reviews (India)* 1: 19-20. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Qureshi, S.A., A.B. Saksena and V.P. Singh. 1980. Acute toxicity of four heavy metals to benthic fish food organisms from the river Khan, Ujjain. *Int. J. Environ. Stud.* 15(1): 59-61. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Rabe, F.W. and C.W. Sappington. 1970. Biological Productivity of the Coeur D'Alene River as Related to Water Quality (The Acute Toxicity of Zinc to Cutthroat Trout (*Salmo clarki*)). *Res. Project Tech. Completion Rep., Project A-024-IDA, Water Resour. Res. Instit., University of Idaho*:16 p. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Rachlin, J.W. and M. Farran. 1974. Growth response of the green algae *Chlorella vulgaris* to selective concentrations of zinc. *Water Res.* 8:575-577. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Rachlin, J.W., T.E. Jensen and B. Warkentine. 1983. The growth response of the diatom *Navicula incerta* to selected concentrations of the metals: cadmium, copper, lead and zinc. *Bull. Torrey Bot. Club.* 110: 217-223. En: U.S.EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Rachlin, J.W.; T.E. Jensen and B. Warkentine. 1982. The growth response of the green alga (*Chlorella saccharophila*) to selected concentrations of the heavy metals Cd, Cu, Pb and Zn. In: trace substances in environmental health-XVI. Hemphill, D.D. (Ed.). University of Missouri, Columbia, MO, pp. 145-154. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Ramamoorthy, S. and K. Blumhagen. 1984. Uptake of zinc, cadmium, and mercury by fish in the presence of competing compartments. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.* 41:750-756. En: U.S. EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Ray, S., D.W. McLeese, B.A. waiwood and D. Pezzack. 1980. The disposition of cadmium and zinc in *Pandulus montagui*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 9: 675-681. En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5 -87-003.



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

- Rehwoldt, R., L.Lasko, C. Shaw and E. Wirhowski. 1973. The acute toxicity of some heavy metal ions toward benthic organisms. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 10(5): 291-294. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Rehwoldt, R., L.W. Menapace, B. Nerrie and D. Allesandrello. 1972. The effect of increased temperature upon the acute toxicity of some heavy metal ions. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 8(2): 91-96. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Salomons, W. 1985. Sediments and water quality. Environ. Technol. Lett. 6: 315-326. U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1987. Ambient Water Quality Criteria for Zinc. EPA-440/5-87-003.
- Sandoval, M., P.R. Henry, R.C. Littell, R.D. Miles, G.D. Butcher and C.B. Ammerman. 1999. Effect of dietary zinc source and method of oral administration on performance and tissue trace mineral concentration of broiler chicks. J. Anim. Sci. 77: 1788-1799.
- Sandoval, M., P.R. Henry, X.G. Luo, R.C. Littell, R.D. Miles and C.B. Ammerman. 1998. Performance and tissue zinc and metallothionein accumulation in chicks fed a high dietary level of zinc. Poult. Sci. 77: 1354-1363.
- Sauer, G.R. and N. Watabe. 1984. Zinc uptake and its effect on calcification in the scales of the mummichog, *Fundulus heteroclitus*. Aquat. Toxicol. 5: 51-56. En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5 -87-003.
- Saylor, W.W. and R.M. Leach Jr. 1980. Intracellular distribution of copper and zinc in sheep: Effect of age and dietary levels of the metals. J. Nutr. 110: 448-459.
- See, C.L. 1976. The effect of sublethal concentrations of selected toxicants on the negative phototactic response of *Dugesia tigrina*. Ph.D. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA:79 p. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Seferlis, M. and S. Haritonidis. 1995. Accumulation of Zn, Pb, Cd, Cu, Fe Under Different Salinities and Heavy Metal Burden in the Green Alga *Ulva rigida* (L.) Fresenius Environ.Bull. 4:309-314. 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.
- Shazili, N.A.M. and D. Pascoe. 1986. Variable sensitivity of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) eggs and alevins to heavy metals. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 36(3):468-474.
- Shukla, G.S., R. Murti and E. Omkar. 1983. Cadmium and zinc toxicity to an aquatic insect, *Ranatra elongata* (Fabr.). Toxicol. Lett. 15(1): 39-41. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Shuster, C.N., Jr. and B.H. Pringle. 1968. Effects of marine trace metals on estuarine molluscs. Proceedings of the first mid-Atlantic industrial wates conference, 13-15 Nov. 1967. Pp. 285-303. En: U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Ambient water quality criteria for zinc. Washington DC. EPA 440/5 -87-003.
- Simkiss, K., M. Taylor and Z.Z. Mason. 1982. Metal detoxification and bioaccumulation. Mar. Biol. Lett. 3:187-201. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Sinley, J.R.; J.P. Goettl Jr and P.H. Davies. 1974. The effects of zinc on rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in hard and soft water. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 12:193-201. En: U.S.EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Skidmore, J.F. and I.C. Firth, 1983. Acute sensitivity of selected australian freshwater animals to copper and zinc. Tech. Pap. No. 81, Australian Water Resour. Council, Dep. Resour. Energy, Australian Gov. Publ. Serv., Canberra, Australia: 129 p. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Smilde, K.W. , B. Van Luit and W. Van Driel. 1992. The extraction by soil and absorption by plants of applied zinc and cadmium. Plant and Soil 143: 233-238.



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

- Solbe, J.F. and L.G. De. 1974. The Toxicity of Zinc Sulfate to Rainbow Trout in Very Hard Water. *Water Res.* 8(6):389-391. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Soundrapandian, S. and K.Venkataraman. 1990. Effect of Heavy Metal Salts on the Life History of *Daphnia similis* Claus (*Crustacea: Cladocera*). *Proc. Indian Acad. Sci. Anim. Sci.* 99(5): 411-418. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Spears, J. W. 1989. Zinc methionine for ruminants: Relative bioavailability of zinc in lambs and effects of growth and performance of growing hieifers. *J. Anim. Sci.* 67: 835-843.
- Spehar, R.L. 1976. Cadmium and zinc toxicity to flagfish, *Jordanella floridae*. *J. Fish. res. Board Can.* 33: 1939-1945. En: U.S.EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Spehar, R.L., E.N. Leonard and D.L. DeFoe. 1978. Chronic effects of cadmium and zinc mixtures on flagfish (*Jornadella floridae*). *Trans. Am. Fish. Soc.* 107: 354-360. En: U.S.EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Sprague, J.B. 1964. Lethal concentrations of copper and zinc for young Atlantic salmon. *J. Fish. Res. Board Can.* 21: 17-26. En: U.S.EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Takkar, P.N. and M.S. Mann. 1978. Toxic levels of soil and plant zinc for maize and wheat. *Plant and Soil* 49, 667-669.
- Taylor, J.L. 1978. Toxicity of Copper and Zinc in Two Arkansas Streams to Mosquitofish (*Gambusia affinis*). *Bios* 49(3): 99-106. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Thompson, J.A. 1997. Cellular fluorescence capacity as an endpoint in algal toxicity testing. *Chemosphere* 35(9): 2027-2037. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1987. Ambient Water Quality Criteria for Zinc. EPA-440/5-87-003.
- U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). January, 1992. 0426. Zinc and Compounds.
- Vallee, B.L. and K.H. Falchuk. 1993. The biochemical basis of zinc physiology. *Physiol. Rev.* 73: 79-118.
- Van der Werff, M. and M.J. Pruyt. 1982. Long-term effects of heavy metals on aquatic plants. *Chemosphere* 11: 727-739. .En: U.S.EPA. 1987 Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Zinc. Criteria and Standards Division, U.S. Environmental Agency, Washington, D.C. EPA-440/5-87-003.
- Van Leeuwen, C.J., A. Espeldoorn and F. Mol. 1986b. Aquatic toxicological aspects of dithiocarbamates and related Compounds. III. Embryolarval Studies with Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *Aquat. Toxicol.* 9(2/3): 129-145. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Van Leeuwen, C.J., P. Van Hameren, M. Bogers and P.S. Griffioen. 1986a. Uptake, distribution and retention of zineb and ziram in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Toxicology* 42(1): 33-46. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.
- Vranken, G., C. Tire and C. Heip. 1988. The toxicity of paired metal mixtures to the nematode *Monhystra disjuncta* (Bastian, 1865). *Mar. Environ. Res.* 26(3): 161-179. 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.
- Wallace, A., E.M. Romney, G.V. Alexander and J. Kinnear. 1977. Phytotoxicity and some interactions of the essential trace metals iron, manganese, molybdenum, zinc, copper and boron. *Commun. In Soil Science and Plant analysis*, 8(9), 741-750.
- White, W.C., A.M. Decker and R.L. Chaney. 1979. Differential Cultivar Tolerance in Soybean to Phytotoxic Levels of Soil Zn. II. Range of Zn additions and the uptake and translocation of Zn, Mn, Fe and P. *Agronomy Journal* 71: 126-129.



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

WHO (World Health Organization)/UNEP (United Nations Environment Programme). 1990. Global Environment Monitoring System. Global Freshwater Quality. A First Assessment.

Williams, S.N., R.D. Miles, M.D. Ouart and D.R. Campbell. 1989. Short-term high level zinc feeding and tissue zinc concentration in mature laying hens. *Poult. Sci.* 68: 539-545.

Wilson, W.B. and L.R. Freeburg. 1980. Toxicity of metals to marine phytoplankton cultures. EPA-600/3-80-025, U.S.EPA, Narragansett, RI: 110 p. (U.S.NTIS PB80-182843). 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.

Wong, M.H. and A.D. Bradshaw. 1982. A comparison of the toxicity of heavy metals, using root elongation of rye grass, *Lolium perenne*. *New Phytol.* 91:255-261.

Wu, Y., H. Zhao and L. Hou. 1990. Effects of heavy metals on embryos and larvae of flat fish *Paralichthys olivaceus*. *Oceanol. Limnol. Sin./Haiyang Yu Huzhao* 21(4): 386-392. 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.

Wurtz, C.B. 1962. Zinc effects on fresh-water mollusks. *Nautilus* 76: 53-61. En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.

Wurtz, C.B. and C.H. Bridges, 1961. Preliminary results from macro-invertebrate bioassays. *Proc. Pa. Acad. Sci.* 35:51-56 (Publ in Part As 3692). En: AQUIRE (Aquatic Toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division.

Yadrick, M.K., M.A. Kenney and E.A. Winterfeldt. 1989. Iron, copper, and zinc status: Response to supplementation with zinc or zinc and iron in adult females. *Am. J. Clin. Nutr.* 49: 145-150. En: U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). January, 1992. 0426. Zinc and Compounds.

Zar, J. H. 1984. *Biostatistical analysis* (2nd ed.), Prentice-Hall, 718 pp.



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

XI) HISTORIAL DEL DOCUMENTO

Fecha de edición original	diciembre 2001
Actualización junio 2002	Incorporación desarrollos Sección V
Actualización diciembre 2002	Redefinición de la forma de expresión del nivel guía de Sección III
Actualización diciembre 2003	Incorporación Sección IX
Actualización julio 2004	Incorporación Sección IV