



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

Julio 2004

INDICE

	<i>pág.</i>
I) Aspectos generales	I.1
II) Nivel guía de calidad para fuentes de provisión de agua para consumo humano correspondiente a amoníaco	II.1
II.1) <i>Introducción</i>	II.1
II.2) <i>Especificación del nivel guía de calidad de agua para fuente de provisión para consumo humano</i>	II.1
III) Nivel guía de calidad de agua ambiente para protección de la biota acuática correspondiente a amoníaco (aplicable a agua dulce)	III.1
III.1) <i>Introducción</i>	III.1
III.2) <i>Derivación del nivel guía para protección de la biota acuática</i>	III.2
III.2.a) <i>Selección de especies</i>	III.2
III.2.b) <i>Cálculo del Valor Crónico Final</i>	III.4
III.2.b.1) <i>Cálculo del parámetro de forma del modelo a utilizar en el ajuste de datos de concentraciones tóxicas (L)</i>	III.8
III.2.b.2) <i>Especificación de la ecuación de cálculo del Valor Crónico Final en función del pH y la temperatura</i>	III.8
III.3) <i>Establecimiento del nivel guía de calidad para nitrógeno amoniacal correspondiente a protección de la biota acuática</i>	III.10
IX) Técnicas analíticas asociadas a la determinación de amoníaco	IX.1
X) Referencias	X.1
XI) Historial del documento	XI.1



D) ASPECTOS GENERALES

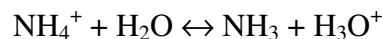
El nitrógeno amoniacal tiene una presencia basal en cuerpos de agua como resultante del ciclo biológico natural del nitrógeno. La actividad antrópica ha incrementado significativamente la presencia antedicha como consecuencia de aportes nitrogenados a los sistemas acuáticos, provenientes tanto de fuentes puntuales, entre las que pueden destacarse los desagües cloacales y los efluentes de plantas de producción de fertilizantes, frigoríficos y refinerías de petróleo, como dispersas, resultando relevante entre estas últimas el lavado de suelos fertilizados con sales de amonio.

En medio acuoso, la presencia del nitrógeno amoniacal está regulada por un equilibrio químico que determina la coexistencia de dos formas: una forma no ionizada, el amoníaco (NH_3), y una forma ionizada, el ion amonio (NH_4^+). Las proporciones relativas de cada una de ellas está condicionada por diversas variables, entre las que se destacan el pH, la temperatura y la fuerza iónica. La concentración de amoníaco aumenta con el incremento del pH y de la temperatura y decrece con el aumento de la fuerza iónica. El término amoníaco total corresponde a la suma de las concentraciones de las formas no ionizada e ionizada.

Emerson et al. (1975) establecieron la siguiente ecuación para el cálculo de la fracción no ionizada del amoníaco total (f) en función de la temperatura y del pH del agua:

$$f = 1 / [10^{(\text{pKa} - \text{pH})} + 1]$$

donde Ka es la constante que describe el equilibrio:



siendo pKa calculable, para temperaturas comprendidas en el rango $273 \text{ °K} < T < 323 \text{ °K}$, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{pKa} = 0,09018 + 2729,92 / T \quad (\text{Emerson et al., 1975})$$

La ecuación para el cálculo de f es válida para la mayoría de las aguas dulces. Para el agua marina o para aguas dulces de elevada dureza, que corresponden a una condición de fuerzas iónicas mayores, la expresión de cálculo de f responde a:

$$f = 1 / [10^{(\text{pKa} - \text{pH} + 0,221)} + 1] \quad (\text{API, 1981})$$

Según las respectivas expresiones de cálculo, a 25 °C ($\text{pKa} = 9,24$) y $\text{pH} = 8$, $f = 5,38 \%$, para agua dulce, mientras que para agua de mar, $f = 3,31 \%$.

A medida que aumentan la temperatura del agua y el pH, se incrementa la fracción no ionizada del amoníaco total.

Las concentraciones típicas de amoníaco total de las aguas naturales, en términos de nitrógeno, son menores que $0,1 \text{ mg/l}$. Concentraciones superiores podrían ser indicativas de contaminación debida a aportes antropogénicos y desechos animales (Klein, 1959 ; McNeely et al., 1979).



Wolaver (1972) reporta concentraciones promedio de amoníaco total, en términos de nitrógeno, menores que 0,18 mg/l para la mayoría de las aguas superficiales de E.E.U.U., siendo dichas concentraciones del orden de 0,5 mg/l en la proximidad de grandes áreas metropolitanas.

En los Cuadros I.1 y I.2 se exponen datos de ocurrencia de amoníaco total en el ambiente hídrico argentino correspondientes, respectivamente, a agua superficial, expresados en términos de nitrógeno (Agua Superficial, 1999), y a agua subterránea, expresados en términos de ión amonio (Agua Subterránea, 1999).

CUADRO I.1 – OCURRENCIA DE AMONIACO TOTAL EN AGUAS DULCES SUPERFICIALES DEL TERRITORIO ARGENTINO

N° DE DATOS	RANGO [mg N/l]	MEDIANA [mg N/l]	PERCENTILO 10 – 90 [mg N/l]	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
343	< 0,05 – 3,1	0,067	< 0,05 – 0,4	Datos correspondientes a muestras de ríos Uruguay, Paraná, Paraguay y de la Plata, Período 1988-95	Agua Superficial, 1999

CUADRO I.2 – OCURRENCIA DE AMONIACO TOTAL EN AGUA SUBTERRANEA DEL TERRITORIO ARGENTINO

N° DE DATOS	RANGO [mg NH₄⁺/l]	MEDIANA [mg NH₄⁺/l]	PERCENTILO 10 – 90 [mg NH₄⁺/l]	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
581	< 0,05 – 0,4	< 0,05	< 0,05 – < 0,05	Datos correspondientes a muestras de aguas subterráneas de la Provincia de Santa Fe y de la Provincia de La Pampa, Período 1991-95	Agua Subterránea, 1999



II) NIVEL GUIA DE CALIDAD PARA FUENTES DE PROVISION DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CORRESPONDIENTE A AMONIACO

II.1) *Introducción*

Desde el punto de vista de la salud humana, la exposición asociada a la presencia del amoníaco en el agua ambiental no tiene significación en términos comparativos con la derivada de la síntesis endógena que forma parte de los procesos metabólicos en los mamíferos. Se denotan efectos tóxicos recién a partir de exposiciones del orden de 200 mg/kg de masa corporal (OMS, 1995).

Dado que el amoníaco presente en el agua no reviste importancia para la salud humana, la Organización Mundial de la Salud no produce una recomendación para este parámetro de calidad en agua para consumo humano fundada en un criterio toxicológico. No obstante, señala que la presencia de amoníaco puede atribuir olor y sabor, con potenciales quejas de los consumidores, e indica que a pH alcalino la concentración umbral para el olor a amoníaco es igual a 1,5 mg/l (OMS, 1995).

II.2) *Especificación del nivel guía de calidad de agua para fuente de provisión para consumo humano*

En virtud de lo expuesto precedentemente, desde el punto de vista de protección de la salud humana no resulta necesario definir un nivel guía de calidad para amoníaco en la fuente de provisión de agua para consumo humano asociado a criterios toxicológicos.

Teniendo en cuenta las observaciones de la Organización Mundial de la Salud sobre posibles quejas de consumidores relacionadas con aspectos organolépticos asociados a la presencia de amoníaco en el agua de bebida, se recomienda que la concentración de amoníaco total en la fuente de provisión sea menor que 1,5 mg/l, en términos de nitrógeno.

Por otra parte, en los escenarios de aguas superficiales o subterráneas que son sometidas a desinfección por cloración es necesario tener en consideración que la ocurrencia de amoníaco da lugar a la formación de cloraminas. Dependiendo del pH y de las concentraciones relativas de cloro y amoníaco tienen mayor o menor preeminencia tres formas: monoclорamina, dicloramina y tricloramina, pudiendo la presencia de estos compuestos contribuir a aportar olor y sabor al agua de bebida como también a generar problemas para la salud humana (Morris, 1978).



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

III.1) *Introducción*

Existe una importante cantidad de trabajos que analizan los efectos del nitrógeno amoniacal sobre los organismos acuáticos, refiriendo particularmente a la relación directa entre el pH y la toxicidad aguda de aquél. A la luz de las dos formas amoniacaes existentes en equilibrio, amoniaco (NH_3) y amonio (NH_4^+), las observaciones experimentales estarían indicando una mayor toxicidad del primero con respecto al segundo, lo cual es esperable dado que la molécula de amoniaco no posee carga y puede atravesar las membranas celulares mucho más fácilmente que la forma iónica. Además, en las branquias de los peces, el grupo taxonómico más sensible a este contaminante, existen mecanismos específicos para el transporte del ion amonio fuera del organismo a través de una bomba que lo intercambia por sodio (U.S. EPA, 1998).

Adicionalmente, varios trabajos han señalado la relación entre la temperatura y la toxicidad aguda, siguiendo el mismo patrón que el pH cuando se la expresa en términos de amoniaco en el caso de los vertebrados (Diamond et al., 1993; Thurston et al., 1983; U.S. EPA, 1998). Sin embargo, para los invertebrados no se observa esta relación. Además, cuando los datos se analizan en función del nitrógeno amoniacal en su totalidad tal relación es poco consistente. En lo que respecta a la relación de la temperatura con la toxicidad crónica, los trabajos disponibles muestran una situación muy semejante a la anterior (U.S. EPA, 1998). Es probable que el efecto de la temperatura observado en los trabajos analizados se vea confundido por factores tales como pequeñas variaciones en el pH y cambios metabólicos en las especies utilizadas a diferentes temperaturas.

En cuanto a la fuerza iónica, si bien la información disponible es escasa, no hay evidencia que indique una gran incidencia de esta variable en la toxicidad del nitrógeno amoniacal en aguas dulces.

Según la información evaluada y seleccionada con respecto a la toxicidad aguda del amoniaco en los sistemas acuáticos, la especie de vertebrado más sensible a los efectos del amoniaco es *Lepomis gibbosus*, con una concentración letal para el 50% de los individuos expuestos (CL_{50}) de amoniaco total en términos de nitrógeno igual a 9,11 mg/l a un pH igual a 7,77 (Jude, 1973), mientras que la más resistente es *Pimephales promelas*, con CL_{50} de amoniaco total en términos de nitrógeno hasta 229,72 mg/l a un pH igual a 7,90 (West, 1985). En lo que respecta a los invertebrados la especie más sensible es *Musculium transversum* con una CL_{50} de amoniaco total en términos de nitrógeno igual a 6,43 mg/l a un pH igual a 8,60 (West, 1985), mientras que la más resistente es *Orconectes immunis*, con una CL_{50} de amoniaco total en términos de nitrógeno igual a 999,39 mg/l a un pH igual a 8,20 (West, 1985).

Con respecto a la toxicidad crónica, la especie de vertebrado más sensible es *Pimephales promelas*, con una concentración para la que se observan efectos adversos para el 20% de los individuos expuestos (CE_{20}) de amoniaco total en términos de nitrógeno igual a 1,97 mg/l a un pH igual a 8 (Thurston et al., 1986), mientras que la más resistente es *Oncorhynchus*



mykiss, con una CE₂₀ de amoníaco total en términos de nitrógeno igual a 33,6 mg/l a un pH igual a 7,5 (Burkhalter and Kaya, 1977). En cuanto a los invertebrados, la especie más sensible es *Deleatidium sp.*, con una CE₂₀ de amoníaco total en términos de nitrógeno igual a 0,53 mg/l a un pH igual a 8,4 (Hickey et al., 1999), mientras que la más resistente es *Ceriodaphnia acanthina*, con una CE₂₀ de amoníaco total en términos de nitrógeno igual a 44,9 mg/l a un pH igual a 7,15 (Mount, 1982).

En vegetales se han realizado estudios con una duración comprendida entre 96 horas y 32 días, registrándose concentraciones para las cuales se observan efectos adversos para el 50 % de los individuos expuestos (CE₅₀) de amoníaco total en términos de nitrógeno ubicadas entre 7,16 mg/l, para *Lemna minor* (Wang, 1991), y 190 mg/l, para *Nitzschia linearis* (Patrick et al., 1968).

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

El Valor Crónico Final (FCV) se calcula directamente a partir de los datos de toxicidad crónica disponibles.

III.2.a) Selección de especies

En la Tabla III.1 se exponen 28 datos asociados a manifestaciones de toxicidad crónica del nitrógeno amoniacal sobre animales acuáticos que corresponden a CE₂₀ de amoníaco total en términos de nitrógeno. En la Tabla III.2 se presentan 6 datos asociados a efectos tóxicos inherentes a algas y plantas acuáticas. El conjunto de datos seleccionados se considera apropiado en virtud de cubrir un amplio rango de grupos taxonómicos, a saber: cuatro familias de peces (*Centrarchidae*, *Ictaluridae*, *Cyprinidae* y *Salmonidae*), dos de crustáceos (*Daphnidae* y *Hyalellidae*), una de moluscos (*Sphaeriidae*), una de insectos (*Leptophlebiidae*), una de algas (*Nitzschiaceae*) y dos de plantas acuáticas (*Haloragaceae* y *Lemnaceae*).

TABLA III.1 - CONCENTRACIONES DE AMONIACO TOTAL EN TERMINOS DE NITROGENO ASOCIADAS A EFECTOS TOXICOS CRONICOS SOBRE LAS ESPECIES DE ANIMALES ACUATICOS SELECCIONADAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL NIVEL GUIA CORRESPONDIENTE

Especie	Familia	Temperatura [°C]	pH	Concentración asociada a toxicidad crónica [mg/l]	M	Concentración asociada a toxicidad crónica ajustada a 20°C y pH = 8 [mg/l]	Valor Crónico Medio Ajustado para cada especie (ASMCV) [mg/l]	Referencia
<i>Ceriodaphnia acanthina</i>	<i>Daphnidae</i>	24,5	7,15	44,9	49	33	33	Mount. 1982
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	26	8,57	5,8	22	14		Willingham, 1987
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	25	7,8	15,2	22	15	14	Nimmo et al., 1989
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	19,8	8,45	7,37	18	12		Gersich et al., 1985
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	20,1	7,92	21,7	31	21	16	Swigert and Spacie, 1983



TABLA III.1 - CONCENTRACIONES DE AMONIACO EN TERMINOS DE NITROGENO ASOCIADAS A EFECTOS TOXICOS CRONICOS SOBRE LAS ESPECIES DE ANIMALES ACUATICOS SELECCIONADAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL NIVEL GUIA CORRESPONDIENTE (Cont.)

Especie	Familia	Temperatura [°C]	pH	Concentración asociada a toxicidad crónica [mg/l]	M	Concentración asociada a toxicidad crónica ajustada a 20°C y pH = 8 [mg/l]	Valor Crónico Medio Ajustado para cada especie (ASMCV) [mg/l]	Referencia
<i>Deleatidium sp.</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	16	8,4	0,53	1,0	0,70	0,70	Hickey et al., 1999
<i>Hyalella azteca</i>	<i>Hyalelidae</i>	25	7,94	1,58	2,5	1,7	1,7	Borgmann, 1994
<i>Ictalurus punctatus</i>	<i>Ictaluridae</i>	26,9	7,76	11,5	17	11		Swigert and Spacie, 1983
<i>Ictalurus punctatus</i>	<i>Ictaluridae</i>	25,8	7,8	12,2	18	12	11	Reinbold and Pescitelli, 1982
<i>Lepomis cyanellus</i>	<i>Centrarchidae</i>	25,4	8,16	5,84	12	7,9		Reinbold and Pescitelli, 1982
<i>Lepomis cyanellus</i>	<i>Centrarchidae</i>	22	7,9	5,61	8,2	5,4	6,5	McCormick et al., 1984
<i>Lepomis macrochirus</i>	<i>Centrarchidae</i>	22,5	7,76	1,85	2,5	1,6	1,6	Smith et al., 1984
<i>Micropterus dolomieu</i>	<i>Centrarchidae</i>	22,3	6,6	9,61	10	6,5		Broderius et al., 1985
<i>Micropterus dolomieu</i>	<i>Centrarchidae</i>	22,3	7,25	8,62	10	6,3		Broderius et al., 1985
<i>Micropterus dolomieu</i>	<i>Centrarchidae</i>	22,3	7,83	8,18	11	7,6		Broderius et al., 1985
<i>Micropterus dolomieu</i>	<i>Centrarchidae</i>	22,3	8,68	1,54	5,9	3,9	5,9	Broderius et al., 1985
<i>Musculium transversum</i>	<i>Sphaeriidae</i>	23,5	8,15	5,82	11	7,3		Anderson et al., 1978
<i>Musculium transversum</i>	<i>Sphaeriidae</i>	21,8	7,8	1,23	1,7	1,1	2,9	Sparks and Sandusky, 1981
<i>Oncorhynchus clarki</i>	<i>Salmonidae</i>	12,65	8	19,7	26	17	17	Thurston et al., 1978
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	9	7,7	8	9,0	6,0		Thurston et al., 1984
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	11	7,5	33,6	37	24		Burkhalter y Kaya, 1977
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	14,9	7,52	2,55	2,9	1,9		Solbe and Shurben, 1989
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	14,5	7,4	2,6	2,8	1,9	2,8	Calamari et al., 1977, 1981
<i>Oncorhynchus nerka</i>	<i>Salmonidae</i>	10	8,42	2,13	3,6	2,4	2,4	Rankin, 1979
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	24,2	8	1,97	3,3	2,2		Thurston et al., 1986
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	25,1	7,82	3,73	5,5	3,6		Swigert and Spacie, 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	24,8	8	5,12	8,6	5,7	3,6	Mayes et al., 1986
<i>Sphaerium novaezelandiae</i>	<i>Sphaeriidae</i>	20	7,5	0,76	0,88	0,59	0,59	Hickey and Martin, 1999

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

Especie	Familia	Concentración asociada a efectos tóxicos [mg/l]	pH	Referencia
<i>Lemna minor</i>	<i>Lemnaceae</i>	7,16	8,5	Wang, 1991
<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Haloragaceae</i>	13,3	NE	Stanley, 1974
<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Haloragaceae</i>	13,2	NE	Stanley, 1974
<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Haloragaceae</i>	16,2	NE	Stanley, 1974



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

Especie	Familia	Concentración asociada a efectos tóxicos mg N/l	pH	Referencia
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Haloragaceae	15,9	NE	Stanley, 1974
<i>Nitzschia linearis</i>	Nitzschiaceae	190	NE	Patrick et al., 1968

Nota:

NE: No especificado

III.2.b) Cálculo del Valor Crónico Final

En virtud de la relación directa comprobada entre las manifestaciones tóxicas del nitrógeno amoniacal, el pH y la temperatura del medio acuático, corresponde seguir el procedimiento de cálculo del Valor Crónico Final en función de las características antedichas. Dado que no se cuenta con suficientes datos de toxicidad crónica para cuantificar tal relación, la misma se estima utilizando los datos de toxicidad aguda que se exhiben en la Tabla III.3, que corresponden a CL₅₀ o CE₅₀.

TABLA III.3 - CONCENTRACIONES DE AMONIACO TOTAL EN TERMINOS DE NITROGENO ASOCIADAS A EFECTOS TOXICOS AGUDOS SOBRE LAS ESPECIES DE ANIMALES ACUATICOS SELECCIONADAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA RELACION TOXICIDAD-pH-TEMPERATURA

Especie	Familia	pH	Temperatura [°C]	Concentración asociada a toxicidad aguda [mg/l]	Referencia
<i>Physa gyrina</i>	<i>Physidae</i>	8	4	114,93	West, 1985
<i>Physa gyrina</i>	<i>Physidae</i>	8,2	5,5	85,13	West, 1985
<i>Physa gyrina</i>	<i>Physidae</i>	8,1	12,1	76,29	West, 1985
<i>Physa gyrina</i>	<i>Physidae</i>	8,2	12,8	50,25	West, 1985
<i>Physa gyrina</i>	<i>Physidae</i>	8	13,3	62,39	West, 1985
<i>Physa gyrina</i>	<i>Physidae</i>	8	24,9	26,33	West, 1985
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,9	12,7	20,03	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,9	13,4	19,44	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,91	13	20,99	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,91	13,1	12,68	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,88	12,8	11,07	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,88	12,9	15,91	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,87	12,9	16,81	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,95	12,5	19,75	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,87	13	21,15	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,87	12,9	18,99	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,88	13,4	19,43	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,87	13,1	19,08	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,86	13,4	23,71	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,86	13	20,7	Thurston and Russo, 1983



TABLA III.3 - CONCENTRACIONES DE AMONIACO TOTAL EN TERMINOS DE NITROGENO ASOCIADAS A EFECTOS TOXICOS AGUDOS SOBRE LAS ESPECIES DE ANIMALES ACUATICOS SELECCIONADAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA RELACION TOXICIDAD-pH-TEMPERATURA (Cont.)

Especie	Familia	pH	Temperatura [°C]	Concentración asociada a toxicidad aguda [mg/l]	Referencia
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	8,08	12,8	23,05	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,86	12,7	28,77	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,85	12,5	29,77	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,85	13,1	33,59	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	8,06	13,2	33,64	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,85	12,3	33,99	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,79	12,4	41,97	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,86	14,1	34,95	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,84	13,8	33,09	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,8	12,4	47,87	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,85	13,1	31,55	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,87	12,1	31,8	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,71	11,4	32,02	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,71	11,5	30,22	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,84	13	38,69	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,83	13,5	33,55	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,8	13,3	42,02	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,44	12,8	32,49	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,84	12,2	24,54	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,87	12,2	20,02	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,9	11,9	22,65	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,5	14,5	24,2	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,82	13,2	33,67	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,75	12,3	33,94	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,84	12,9	32,3	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,9	13	37,41	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,7	13,9	28,54	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,9	13	35,75	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,87	13	34,32	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,8	9,7	23,65	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,65	14,3	29,02	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,67	14	27,3	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,62	14,4	28,62	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,64	13,1	29,28	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,66	13,6	28,27	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,65	13,2	28,64	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,69	13,4	27,51	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,6	12,9	25,14	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,75	11,8	31,53	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,66	12,8	33,97	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,6	13	23,8	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,63	12,9	25,65	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,59	12,7	32,62	Thurston and Russo, 1983



TABLA III.3 - CONCENTRACIONES DE AMONIACO TOTAL EN TERMINOS DE NITROGENO ASOCIADAS A EFECTOS TOXICOS AGUDOS SOBRE LAS ESPECIES DE ANIMALES ACUATICOS SELECCIONADAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA RELACION TOXICIDAD-pH-TEMPERATURA (Cont.)

Especie	Familia	pH	Temperatura [°C]	Concentración asociada a toxicidad aguda [mg/l]	Referencia
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,68	13	33,15	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,77	13,6	31,81	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,86	10,2	35,31	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,88	10	28,6	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,69	10,7	25,62	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,74	10,4	25,76	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,76	10	22,44	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,66	9,8	25,95	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,64	10	31,85	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,69	10,4	17,75	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,69	10,7	20,18	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,64	9,8	25,82	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,65	9,8	19,46	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,62	7,9	20,53	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	8,1	13,9	18,14	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	8,12	13,6	17,34	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,94	12,8	26,49	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,98	12,5	27,02	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,89	12,4	36,73	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,94	12,5	39,25	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,85	16,1	34,17	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,88	16,7	28,6	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,91	19	25,36	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,91	19,1	26,44	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,96	19,2	23,21	Thurston and Russo, 1983
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	8,34	5	17,32	Reinbold and Pescitelli, 1982
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	8,28	12,8	15,4	Reinbold and Pescitelli, 1982
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	8,43	3	11,86	Reinbold and Pescitelli, 1982
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	8,16	14,2	23,39	Reinbold and Pescitelli, 1982
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	8,6	3,3	15,27	Reinbold and Pescitelli, 1982
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	8,5	14,9	10,09	Reinbold and Pescitelli, 1982
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,7	3,6	38,52	West, 1985
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,7	9,8	55,15	West, 1985
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,9	11,3	30,15	West, 1985
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	7,9	16,2	15,23	West, 1985
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	8,3	18,7	12,75	West, 1985
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,91	16,3	51,55	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,89	13,1	50,16	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,64	13,6	58,4	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,68	13,5	64,69	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	8,03	22,1	47,6	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	8,06	22	42,58	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,67	13,9	58,84	Thurston et al., 1983



TABLA III.3 - CONCENTRACIONES DE AMONIACO TOTAL EN TERMINOS DE NITROGENO ASOCIADAS A EFECTOS TOXICOS AGUDOS SOBRE LAS ESPECIES DE ANIMALES ACUATICOS SELECCIONADAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA RELACION TOXICIDAD-pH-TEMPERATURA (Cont.)

Especie	Familia	pH	Temperatura [°C]	Concentración asociada a toxicidad aguda [mg/l]	Referencia
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	8,05	13	74,65	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	8,05	13,6	66,48	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,94	19,1	42,26	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,76	19	50,28	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,66	13,4	58,23	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,87	15,8	58,91	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,83	22	50,58	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,91	18,9	49,26	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,77	14,3	66,71	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,77	14,1	72,71	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	8,04	22,2	36,59	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	8,08	21,4	44,76	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	8,16	21,4	47,39	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,88	21,7	50,95	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,68	12,9	91,71	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,63	13,2	89,85	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,76	12,9	107,53	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,84	21,7	55,43	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,76	13,1	66,73	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,74	12,8	52,17	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,91	15,9	47,43	Thurston et al., 1983
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	6,51	13	259,96	Thurston et al., 1981
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,01	13,8	145,89	Thurston et al., 1981
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,82	12	62,72	Thurston et al., 1981
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	7,83	11,8	45,71	Thurston et al., 1981
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	8,51	13,5	18,88	Thurston et al., 1981
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	9,03	13,2	5,94	Thurston et al., 1981

Dada la mayor toxicidad del amoníaco respecto al ion amonio, se considera apropiado utilizar un modelo basado en aquellos que describen la variación en las proporciones de las dos formas amoniacaes en función del pH y de la temperatura de la forma:

$$\text{Concentración tóxica} = M/[1 + 10^{\text{pH} - L/(\text{temperatura} + 273,15)}]$$

donde:

temperatura: [°C]

L: parámetro de forma

M: parámetro de posición



III.2.b.1) Cálculo del parámetro de forma del modelo a utilizar en el ajuste de datos de concentraciones tóxicas (L)

Mediante el análisis de estimación no lineal de concentraciones tóxicas exhibidas en la Tabla III.3, se cuantifica la relación toxicidad-pH-temperatura para dos especies de peces y una de moluscos, presentándose los resultados de dicho análisis en la Tabla III.4. Dichas cuantificaciones se realiza ajustando los datos al modelo utilizado siguiendo un procedimiento iterativo para efectuar las correspondientes estimaciones.

TABLA III.4 - PARAMETROS DE LA REGRESION DE DATOS DE TOXICIDAD DE DOS ESPECIES DE PECES (*PIMEPHALES PROMELAS* Y *ONCORHYNCHUS MYKISS*) Y UNA DE MOLUSCOS (*PHYSA GYRINA*) PARA LAS QUE SE PUEDE CUANTIFICAR LA RELACION ENTRE LA TOXICIDAD DEL NITROGENO AMONACAL, EL pH Y LA TEMPERATURA

Especie	Tamaño de la muestra	Parámetro de forma del modelo (L)	Parámetro de posición del modelo (M)	Coefficiente de regresión (r)
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	82	2526	30,3	0,136
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	5	2199	73,8	0,821
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	6	2423	25,3	0,507
<i>Physa gyrina</i>	6	2105	405,8	0,931
<i>Pimephales promelas</i>	28	2366	89,2	0,627
<i>Pimephales promelas</i>	6	1994	344,0	0,993

Como no es posible realizar estadísticamente la comparación de los parámetros L de las distintas curvas, conservadoramente, tales parámetros son considerados como si fueran estadísticamente diferentes, razón por la cual se los promedia para obtener el valor a utilizar en el modelo final. Efectuando la media aritmética ponderada de los valores individuales, utilizando como factor de ponderación los tamaños de las muestras con los que se calcularon los parámetros individuales, se obtiene un valor promedio igual a 2432,3.

III.2.b.2) Especificación de la ecuación de cálculo del Valor Crónico Final en función del pH y de la temperatura

De acuerdo al procedimiento establecido, la expresión:

$$M = CE_{20} [1 + 10^{pH - L/(temperatura + 273,15)}]$$

se aplica a los datos de toxicidad crónica para estimar el parámetro M en cada caso utilizando para L el valor anteriormente calculado (L= 2432,3). A continuación, se utilizan los valores resultantes para M para calcular en cada caso la CE₂₀ ajustada a pH = 8 y 20 °C, presentándose los valores que resultan en la Tabla III.1. A partir de los mismos, se determinan



los valores crónicos medios ajustados para cada especie (ASMCV), que se presentan en la tabla antedicha, y para cada género (AGMCV), que se exponen ordenados crecientemente en la Tabla III.5, con sus correspondientes números de orden, R, y probabilidades acumulativas, P_R , siendo $P_R = R / (N + 1)$.

TABLA III.5 – PROBABILIDAD ACUMULATIVA (P_R) Y VALORES DE TOXICIDAD CRONICA MEDIA AJUSTADOS PARA CADA GENERO (AGMCV)

Género	AGMCV [µg/l]	P_R	R
<i>Sphaerium</i>	0,59	0,08	1
<i>Deleatidium</i>	0,70	0,17	2
<i>Hyaella</i>	1,7	0,25	3
<i>Musculium</i>	2,9	0,33	4
<i>Lepomis</i>	3,3	0,42	5
<i>Pimephales</i>	3,6	0,50	6
<i>Oncorhynchus</i>	4,8	0,58	7
<i>Micropterus</i>	5,9	0,67	8
<i>Ictalurus</i>	11	0,75	9
<i>Daphnia</i>	16	0,83	10
<i>Ceriodaphnia</i>	22	0,92	11

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

$$\begin{aligned} b &= 6,02 \\ a &= -2,50 \\ k &= -1,16 \end{aligned}$$

Seguidamente, se calcula el Valor Crónico Final Ajustado a pH = 8 y 20 °C para amoníaco total en términos de nitrógeno (AFCV) según:

$$AFCV = e^k$$

resultando:

$$AFCV = 0,31 \text{ mg /l}$$

A continuación, utilizando el valor de AFCV calculado, se estima el valor de M según la expresión:

$$M = CE_{20} [1 + 10^{pH - L / (temperatura + 273,15)}]$$

resultando M = 0,4748



Planteando para el cálculo del Valor Crónico Final de amoníaco total en términos de nitrógeno en función del pH y de la temperatura (FCV_c) la expresión:

$$FCV_c = M/[1 + 10^{pH - L/(temperatura + 273,15)}]$$

e introduciendo los valores 2432,3 y 0,4738 para L y M, respectivamente, resulta finalmente:

$$FCV_c = 0,4738/[1 + 10^{pH - 2432,3/(temperatura + 273,15)}]$$

donde:

FCV_c: [mg/l]

Temperatura: [°C]

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

En virtud de que el Valor Crónico Final Ajustado para un pH = 8 y 20 °C (0,31 mg/l) en ningún caso resulta superior a los valores de toxicidad crónicos ajustados para cada especie animal que se exhiben en la Tabla III.1 ni al Valor Final para Plantas (FPV) que resulta de la Tabla III.2 (7,16 mg/l), se especifica el siguiente nivel guía de calidad para amoníaco en términos de nitrógeno total correspondiente a protección de la biota acuática (NGPBA), para valores de pH comprendidos entre 5,5 y 9 y temperaturas situadas entre 0 y 30°C (intervalos de pH y temperatura con los que guardan proximidad los datos experimentales utilizados en la estimación de la relación toxicidad-pH-temperatura):

$$NGPBA \text{ (amoníaco total en términos de nitrógeno)} \leq 0,4738/[1 + 10^{pH - 2432,3/(temperatura + 273,15)}]$$

donde:

NGPBA (amoníaco total en términos de nitrógeno): [mg/l]

temperatura: [°C]

En la Tabla III.6 se presentan valores de aplicación del nivel guía antedicho dentro de los intervalos de pH y de temperatura anteriormente mencionados.

TABLA III.6 – VALORES DEL NIVEL GUIA DE CALIDAD PARA AMONIACO TOTAL EN TERMINOS DE NITROGENO CORRESPONDIENTE A PROTECCION DE LA BIOTA ACUATICA [mg/l]

Temperatura [°C]	pH							
	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
0	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,42	0,34	0,21
1	0,47	0,47	0,47	0,47	0,45	0,42	0,33	0,20
2	0,47	0,47	0,47	0,47	0,45	0,41	0,33	0,19



TABLA III.6 – VALORES DEL NIVEL GUIA DE CALIDAD PARA AMONÍACO TOTAL EN TERMINOS DE NITROGENO CORRESPONDIENTE A PROTECCION DE LA BIOTA ACUATICA [mg/l] (Cont.)

Temperatura [°C]	pH							
	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9
3	0,47	0,47	0,47	0,47	0,45	0,41	0,32	0,19
4	0,47	0,47	0,47	0,47	0,45	0,41	0,31	0,18
5	0,47	0,47	0,47	0,47	0,45	0,40	0,30	0,17
6	0,47	0,47	0,47	0,46	0,45	0,40	0,29	0,16
7	0,47	0,47	0,47	0,46	0,44	0,39	0,29	0,15
8	0,47	0,47	0,47	0,46	0,44	0,39	0,28	0,15
9	0,47	0,47	0,47	0,46	0,44	0,38	0,27	0,14
10	0,47	0,47	0,47	0,46	0,44	0,38	0,26	0,13
11	0,47	0,47	0,47	0,46	0,44	0,37	0,25	0,13
12	0,47	0,47	0,47	0,46	0,43	0,37	0,25	0,12
13	0,47	0,47	0,47	0,46	0,43	0,36	0,24	0,11
14	0,47	0,47	0,47	0,46	0,43	0,35	0,23	0,11
15	0,47	0,47	0,47	0,46	0,43	0,35	0,22	0,10
16	0,47	0,47	0,47	0,46	0,42	0,34	0,21	0,10
17	0,47	0,47	0,47	0,46	0,42	0,34	0,21	0,09
18	0,47	0,47	0,47	0,45	0,42	0,33	0,20	0,09
19	0,47	0,47	0,47	0,45	0,41	0,32	0,19	0,08
20	0,47	0,47	0,47	0,45	0,41	0,31	0,18	0,08
21	0,47	0,47	0,47	0,45	0,40	0,31	0,18	0,07
22	0,47	0,47	0,47	0,45	0,40	0,30	0,17	0,07
23	0,47	0,47	0,46	0,45	0,40	0,29	0,16	0,07
24	0,47	0,47	0,46	0,44	0,39	0,29	0,15	0,06
25	0,47	0,47	0,46	0,44	0,39	0,28	0,15	0,06
26	0,47	0,47	0,46	0,44	0,38	0,27	0,14	0,06
27	0,47	0,47	0,46	0,44	0,38	0,27	0,14	0,05
28	0,47	0,47	0,46	0,44	0,37	0,26	0,13	0,05
29	0,47	0,47	0,46	0,44	0,37	0,25	0,12	0,05
30	0,47	0,47	0,46	0,43	0,36	0,24	0,12	0,05



IX) TECNICAS ANALITICAS ASOCIADAS A LA DETERMINACION DE AMONIACO

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 amoníaco.



X) REFERENCIAS

Agua Subterránea. 1999. Procesamiento de datos generados por la Dirección Provincial de Obras Sanitarias (DIPOS) de la Provincia de Santa Fe y por la Administración Provincial del Agua de la Provincia de La Pampa en el período 1991-95.

Agua Superficial. 1999. 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, de datos suministrados por el Ente Tripartito de Obras y Servicios Sanitarios correspondientes al período 1993-95 y de datos presentados en Calidad de las Aguas de la Franja Costera Sur del Río de la Plata (San Fernando-Magdalena), 1ª Edición, 1997.

Anderson, B.G. 1948. The apparent thresholds of toxicity to *Daphnia magna* for chlorides of various metals when added to lake erie water. Trans. Am. Fish Soc. 78: 96-113.

API. 1981. The sources, chemistry, fate and effects of ammonia in aquatic environments, Washington DC, American Petroleum Institute, 145 pp. En: IPCS (International Programme on Chemical Safety). 1986. Environmental Health Criteria 54. Ammonia. World Health Organization. Geneva.

Borgmann, U. 1994. Chronic toxicity of ammonia to the amphipod *Hyaella azteca*; importance of ammonium ion and water hardness. Environ Pollut 86(3): 329-335. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.

Broderius, S., R. Drummond, J. Fiant and C. Russom. 1985. Toxicity of ammonia to early life stages of the smallmouth bass at four pH values. Environ. Toxicol. Chem. 4: 87-96. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.

Burkhalter, D.E. and C.M. Kaya. 1977. Effects of prolonged exposure to ammonia on fertilized eggs and sac fry of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Trans Am Fish Soc 106(5): 470-475. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.

Calamari, D., R. Marchetti and G. Vailati. 1977. Effects of prolonged treatments with ammonia on stages of development of *Salmo gairdneri*. Nuovi Ann Ig Microbiol 28(5): 333-345. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.

Diamond, J.M., D.G. Mackler, W.J. Rasnake and D. Gruber. 1993. Derivation of site-specific ammonia criteria for an effluent-dominated headwater stream. Environ Toxicol Chem 12: 649-658. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.

Emerson, K., R.C. Russo, R.E. Lund and R.V. Thurston. 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculations : effect of pH and temperature. J. Fish. Res. Board Cam., 32 : 2379-2383. En: IPCS (International Programme on Chemical Safety). 1986. Environmental Health Criteria 54. Ammonia. World Health Organization. Geneva.

Gersich, F.M., D.L. Hopkins, S.L. Applegath, C.G. Mendoza and D.P. Milazzo. 1985. The sensitivity of chronic endpoints used in *Daphnia magna* Straus life-cycle tests .En: R C Bahner and D J Hansen (Eds), Aquatic Toxicology and Hazard Assessment, 8th Symposium, ASTM STP 891, Philadelphia, PA:245-252. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.

Hickey, C.W. and M.L. Martín. 1999. Chronic toxicity of ammonia to the freshwater bivalve *Sphaerium novaezealandiae*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 36: 38-46. En: Hickey, C.W., L.A. Golding, M.L. Martin and G.F. Croker. 1999. Chronic toxicity of ammonia to New Zealand freshwater invertebrates: A mesocosm study. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 36: 38-46.

Hickey, C.W., L.A. Golding, M.L. Martin and G.F. Croker. 1999. Chronic toxicity of ammonia to New Zealand freshwater invertebrates: A mesocosm study. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 36: 38-46.

Jude, D.J. 1973. Sublethal effects of ammonia and cadmium on growth of green sunfish, (*Lepomis cyanellus*) Ph D Thesis, Mich Dep Fish Wildl , Michigan State University, East Lansing, MI:193. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.

Klein, L. 1959. Chemical Analysis. In River Pollution. Academic Press. New York (Cited in Health and Welfare Canada, 1980). En: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). December 1996. Canadian Water Quality Guidelines.



- Mayes, M.A., H.C. Alexander, D.L. Hopkins and P.B. Latvaitis. 1986. Acute and chronic toxicity of ammonia to freshwater fish: A Site-Specific Study. Environ. Toxicol. Chem. 5(5): 437-442. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- McCormick, J.H., S.J. Broderius and J.T. Fiandt. 1984. Toxicity of ammonia to early life stages of the green sunfish *Lepomis cyanellus*. Environ Pollut Ser A Ecol Biol 36: 147-163. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- McNeely, R.N., V.P. Neimanis and L. Dwyer. 1979. Nitrogen-ammonia. In Water Quality Sourcebook. A Guide to Water Quality Parameters. Water Quality Branch. Inland Waters Directorate. Environment Canada. Ottawa. pp 26-27. En: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). December 1996. Canadian Water Quality Guidelines.
- Morris, J.C. 1978. Chemistry of aqueous chlorine in relation to water chlorination. In : Jolley, R.L., ed. Water chlorination : Environmental impact and health effects, Ann Arbor, Michigan, Ann Arbor Science Publishers, Vol.1, pp 21-36. En: IPCS (International Programme on Chemical Safety). 1986. Environmental Health Criteria 54. Ammonia. World Health Organization. Geneva.
- Mount, D.I. 1982. Memorandum to R.C. Russo. August 6. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- Nimmo, D.W.R., D. Link, L.P. Parrish, G.J. Rodriguez, W. Wuerthele and P.H. Davies. 1989. Comparison of on-site and laboratory toxicity tests: derivation of site-specific criteria for un-ionized ammonia in a Colorado transitional stream. Environ. Toxicol. Chem. 8: 1177-1189. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1995. Guías para la calidad del agua potable. Segunda Edición. Volumen 1. Recomendaciones.
- Patrick, R., J. Cairns, J. and A. Scheier. 1968. The relative sensitivity of diatoms, snails, and fish to twenty common constituents of industrial wastes. Prog Fish-Cult 30(3): 137-140. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- Rankin, D.P., 1979. The influence of un-ionized ammonia on the long-term survival of sockeye salmon eggs. Fish Mar. Serv. Tech. Rep. No. 912, Pacific Biological Station, Nanaimo, B C.: 17. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- Reinbold, K.A. and S.M. Pescitelli. 1982. Effects of exposure to ammonia on sensitive life stages of aquatic organisms. Proj. Rep. Contract No 68-01-5832, Illinois Natural History Survey, Champaign, I L:21. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- Smith, C. E. 1984. Toxicity of ammonia to early life stages of bluegill (*Lepomis macrochirus*). EPA-600/x-84-175. In-house report, U.S. EPA, Duluth, MN. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- Solbe, J.F.L.G. and D.G. Shurben. 1989. Toxicity of ammonia to early life stages of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Water Res. 23: 127-129. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- Sparks, R.E. and M.J. Sandusky. 1981. Identification of factors responsible for decreased production of fish food organisms in the Illinois and Mississippi rivers. Final Report for Project No. 3-291-R, Illinois Natural History Survey, River Research Laboratory, Havana, IL 63 pp. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- Stanley, R.A. 1974. Toxicity of heavy metals and salts to eurasian watermilfoil (*Myriophyllum spicatum* L.). Arch Environ Contam Toxicol 2(4): 331-341. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- Swigert, J.P. and A. Spacie. 1983. Survival and growth of warmwater fishes exposed to ammonia under low flow conditions. Tech. Rep. 157, Purdue University, Water Resour Res Center, West Lafayette, I N:40. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- Thurston, R.V. and R.C. Russo. 1983. Acute toxicity of ammonia to rainbow trout. Trans Am Fish Soc 112: 696-704.



República Argentina
Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación

- Thurston, R.V., R.C. Russo and C.E. Smith. 1978. Acute toxicity of ammonia and nitrite to cutthroat trout fry. *Trans Am Fish Soc* 107(2): 361-368.
- Thurston, R.V., R.C. Russo and G.A. Vinogradov. 1981. Ammonia toxicity to fishes. Effect of pH on the toxicity of the unionized ammonia species. *Environ Sci & Technol* 15(7): 837-840. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- Thurston, R.V., R.C. Russo and G.R. Phillips. 1983. Acute toxicity of ammonia to fathead minnows. *Trans Am Fish Soc* 112: 705-711.
- Thurston, R.V., R.C. Russo, E.L. Meyn, R.K. Zajdel and C.E. Smith. 1986. Chronic toxicity of ammonia to fathead minnows. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 115: 196-207.
- Thurston, R.V., R.C. Russo, R.J. Luedtke, C.E. Smith, E.L. Meyn, C. Chakoumakos, K.C. Wang and C.J.D. Brown. 1984. Chronic toxicity of ammonia to rainbow. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 113: 56-73. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- U.S. EPA. United States Environmental Protection Agency. 1985. Ambient water quality criteria for ammonia. EPA-440/5-85-001. January 1985. National technical information service.
- USEPA. United States Environmental Protection Agency. 1998. 1998 updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-98-008. August 1998.
- Wang, W. 1991. Ammonia toxicity to macrophytes (common duckweed and rice) using static and renewal methods. *Environ. Toxicol. Chem.* 10: 1173-1177. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- West, C.W. 1985. Acute toxicity of ammonia to 14 freshwater species. Internal Report. U.S. EPA, Environmental Research Laboratory, Duluth, MN. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- Willingham, T. 1987. Acute and short-term chronic ammonia toxicity to fathead minnows (*Pimephales promelas*) and *Ceriodaphnia dubia* using laboratory dilution water and lake mead dilution water. U.S. EPA, Denver, CO 40 pp. En: U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Updated of ambient water quality criteria for ammonia. EPA-822-R-99-014. December 1999.
- Wolaver, T.C. 1972. Distribution of natural and anthropogenic elements and levels in precipitation across the US : theory and quantitative models, Chapel Hill, North Carolina, University of North Carolina, 75 pp (Prepared for U.S. EPA). En: IPCS (International Programme on Chemical Safety). 1986. Environmental Health Criteria 54. Ammonia. World Health Organization. Geneva.



XI) HISTORIAL DEL DOCUMENTO

Fecha de edición original	diciembre 2000
Actualización diciembre 2003	Incorporación de Sección IX
Actualización julio 2004	Incorporación de Sección III