



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

Diciembre 2003

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



D) ASPECTOS GENERALES

El carbofurano (2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil metilcarbamato), cuya fórmula molecular es $C_{12}H_{15}NO_3$, es un plaguicida sistémico utilizado como insecticida, acaricida y nematocida de amplio espectro que actúa por inhibición de la acetilcolinesterasa (Zinkl et al., 1991). Conjuntamente con los insecticidas organofosforados, los compuestos piretroides y otros carbamatos, el carbofurano integra un grupo sustituto de insecticidas persistentes tales como DDT, clordano y heptacloro. En Argentina, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria permite su aplicación en cultivos, salvo en perales y manzanos (SENASA, 1998).

A temperatura ambiente, el carbofurano es un sólido cristalino, blanco, inodoro o con ligero olor fenólico, con una solubilidad en agua que llega a 700 mg/l a 25°C (WHO, Internet). Si bien es muy poco soluble en los solventes convencionales utilizados en las formulaciones de uso agrícola, presenta solubilidades elevadas en diversos solventes orgánicos.

La persistencia ambiental del carbofurano está controlada por su degradación por vías química, fotoquímica y bioquímica. La primera de ellas está preeminentemente asociada a la hidrólisis, con tiempos de vida medios para este mecanismo de reacción comprendidos entre 2 días, a pH = 9,5, y 1700 días, a pH = 5,2 (CCME, 1999), teniendo influencia directa sobre la tasa de hidrólisis, además del pH, la temperatura. La fotólisis directa y la fotooxidación por el mecanismo de radicales libres constituyen una importante vía de degradación del carbofurano, habiéndose observado en estudios de laboratorio una fotodescomposición significativa dentro de 96 horas (CCME, 1999). La volatilización no aparece como una vía significativa de remoción del carbofurano (Deuel et al., 1979).

El carbofurano tiene baja adsorción en el suelo, variando su tiempo de vida medio en aquél entre varios días y más de 3 meses (Hickox and Denton, 2000). La escasa retención en el suelo y su relativamente alta solubilidad acuosa determinan una migración considerable del carbofurano hacia el agua ambiente, donde el tiempo de vida medio está fuertemente influenciado por el pH. Así, para aguas superficiales se han reportado tiempos de vida medios comprendidos entre 5,1 semanas, a pH = 7, y 1,2 horas, a pH = 10 (HSDB, 1998). Erickson et al. (1977) reportaron persistencias máximas variando entre 10 y 21 horas para lagunas naturales con un pH próximo a 8,5. Debido a su alta movilidad, el carbofurano también puede percolar hacia aguas subterráneas, donde puede persistir más prolongadamente en condiciones de temperatura y pH bajos (U.S. EPA, 1989 a y b).

No se cuenta con datos de ocurrencia de carbofurano en aguas dulces superficiales ni subterráneas del territorio argentino.

Para aguas dulces canadienses ha sido reportada una ocurrencia de carbofurano ubicada en el rango 0,03-158,5 mg/l (Bailey 1985; Krawchuk and Webster, 1987). Para áreas agrícolas de E.E.U.U. tratadas con carbofurano se ha reportado la detección del mismo en aguas subterráneas 12 a 16 meses luego de su aplicación sobre cultivos de papa y maíz, con registros máximos iguales a 10 y 30 µg/l, respectivamente (Holden, P., 1986).



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

II.1) *Introducción*

Diversos estudios han aportado evidencia sobre la toxicidad del carbofurano en mamíferos de ensayo expuestos oralmente. Por otra parte, se ha verificado dicha toxicidad en la exposición humana.

En un estudio de 2 años de duración con ratas macho y hembra expuestas a carbofurano en su dieta se pudo advertir la inhibición de colinesterasa en plasma, eritrocitos y cerebro. Las observaciones realizadas permitieron establecer un nivel de exposición al cual no se observan efectos adversos (NOAEL) igual a 1 mg/(kg masa corporal * d) (Goldenthal, E.I., 1980a).

Otro estudio similar, de 2 años de duración con ratones, dio lugar a un NOAEL igual a 3 mg/(kg masa corporal * d) relacionado con la reducción de los niveles de colinesterasa en cerebro (Goldenthal, E.I., 1980b).

Un estudio de 1 año con perros beagle expuestos a carbofurano en la dieta permitió observar inhibición de la colinesterasa de eritrocitos y plasmática y, además, efectos perjudiciales en testículos y útero. Las observaciones efectuadas dieron lugar al establecimiento de un nivel de exposición al cual no se observa efecto alguno (NOEL) igual a 0,5 mg/(kg masa corporal * d), siendo determinado el valor 12,5 mg/(kg masa corporal * d) como el menor nivel de exposición al cual se observan efectos adversos (LOAEL) (FMC Corporation, 1983).

En un estudio de reproductividad con 3 generaciones de ratas se pudo determinar un NOAEL igual a 1 mg/(kg masa corporal * d) relacionado con efectos adversos sobre la reproducción asociados a la exposición oral al carbofurano (Goldenthal, E.I., 1980c).

Un estudio de exposición humana oral aguda permitiría definir un NOEL igual a 0,05 mg/(kg masa corporal * d) en relación con la inhibición de la colinesterasa (FMC Corporation, 1976).

La evidencia científica disponible estaría indicando que el carbofurano no parece ser carcinogénico ni mutagénico (WHO, 1996).

De acuerdo a lo expuesto precedentemente, la derivación del nivel guía de calidad de agua para consumo humano correspondiente a carbofurano sigue el procedimiento definido para parámetros tóxicos con umbral, tomando como información básica la elaborada a partir del estudio de exposición humana antes mencionado.

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

A partir del NOEL surgido del estudio de exposición humana (FMC Corporation, 1976) y adoptando un factor de incertidumbre igual a 30, la Organización Mundial de la Salud calculó



una ingesta diaria tolerable para carbofurano igual a 1,67 $\mu\text{g}/(\text{kg}$ masa corporal * d) (WHO, 1996). Dicha ingesta resulta algo inferior a la calculada por la Agencia de Protección Ambiental de los E.E.U.U. teniendo en cuenta el NOEL surgido del estudio en perros citado anteriormente y un factor de incertidumbre igual a 100 (U.S. EPA, IRIS, 2002).

Para efectuar el cálculo del nivel guía para consumo humano correspondiente a carbofurano se toma en cuenta la ingesta diaria tolerable (IDT) calculada por la Organización Mundial de la Salud. Asumiendo una masa corporal (MC) igual a 60 kg, un consumo diario de agua por persona igual a 2 l/d y un factor de asignación de la ingesta diaria tolerable al agua de bebida (F) igual a 0,1 (WHO, 1996), se establece el nivel de calidad para agua de bebida (NGAB) según la siguiente expresión:

$$\text{NGAB} \leq \text{IDT} * \text{MC} * \text{F/C}$$

resultando:

$$\text{NGAB (Carbofurano)} \leq 5 \mu\text{g/l}$$

II.3) Remoción esperable de las tecnologías de tratamiento

En el Cuadro II.1 se exponen eficiencias esperables en la remoción de carbofurano asociadas a algunas tecnologías de tratamiento.

CUADRO II.1 – REMOCION DE CARBOFURANO, EFICIENCIAS DE TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	REMOCION ESPERABLE	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
Convencional para agua superficial	0-19 %		U.S. EPA, 1990
Ósmosis inversa	70-100 %		U.S. EPA, 1990
Carbón activado granular	70-100 %		U.S. EPA, 1990
Oxidación con ozono	70 –100 %	2-6 mg/l	U.S. EPA, 1990
Aeración en columnas de relleno	0-29 %		U.S. EPA, 1990

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

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



II.4.1) Fuente superficial con tratamiento convencional:

Teniendo en cuenta la pobre efectividad del tratamiento convencional en cuanto concierne a la remoción de carbofurano, se especifica el siguiente nivel guía de calidad para el mismo en la fuente de provisión, referido a la muestra de agua filtrada:

$$\text{NGFP (Carbofurano)} \leq 5 \mu\text{g/l}$$

II.4.2) Fuente superficial con tratamientos especiales:

Para el caso en que se apliquen tratamientos especiales que verifiquen eficiencias de remoción de carbofurano no inferiores a 70 %, se especifica para el mismo el siguiente nivel guía de calidad en la fuente de provisión, referido a la muestra de agua filtrada:

$$\text{NGFP (Carbofurano)} \leq 16,7 \mu\text{g/l}$$

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

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

$$\text{NGFP (Carbofurano)} \leq 5 \mu\text{g/l}$$

II.4.4) Fuente subterránea con tratamientos especiales:

Para el caso en que se apliquen tratamientos especiales que verifiquen eficiencias de remoción de carbofurano no inferiores a 70 %, se especifica para el mismo el siguiente nivel guía de calidad en la fuente de provisión, referido a la muestra de agua filtrada:

$$\text{NGFP (Carbofurano)} \leq 16,7 \mu\text{g/l}$$

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

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



CUADRO II.2 – CATEGORIZACION DE LAS FUENTES DE PROVISION DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN FUNCION DE LAS CONCENTRACIONES DE CARBOFURANO ($C_{\text{Carbofurano}}$)

FUENTE	CATEGORIA	CONDICIONES DE CALIDAD
SUPERFICIAL	Calidad apropiada con tratamiento convencional	$C_{\text{Carbofurano}} \leq 5 \mu\text{g/l}$ (1)
SUPERFICIAL	Calidad condicionada a la aplicación de tratamientos especiales que verifiquen remociones de carbofurano no inferiores a 70 %	$5 \mu\text{g/l} < C_{\text{Carbofurano}} \leq 16,7 \mu\text{g/l}$ (1)
SUPERFICIAL	Calidad inapropiada. Requerimiento de acciones de restauración de calidad de la fuente	$C_{\text{Carbofurano}} > 16,7 \mu\text{g/l}$ (1)
SUBTERRANEA	Calidad apropiada para consumo directo o para cuando el uso esté condicionado a la aplicación de una técnica de desinfección	$C_{\text{Carbofurano}} \leq 5 \mu\text{g/l}$ (2)
SUBTERRANEA	Calidad condicionada a la aplicación de tratamientos especiales que verifiquen remociones de carbofurano no inferiores a 70 %	$5 \mu\text{g/l} < C_{\text{Carbofurano}} \leq 16,7 \mu\text{g/l}$ (1)
SUBTERRANEA	Calidad inapropiada. Requerimiento de acciones de restauración de calidad de la fuente	$C_{\text{Carbofurano}} > 16,7 \mu\text{g/l}$ (1)

Notas:

(1): Referida a la muestra de agua filtrada

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



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

III.1) *Introducción*

El carbofurano es metabolizado mediante hidroxilación e hidrólisis por plantas, insectos y mamíferos (Metcalf et al., 1968), no habiéndose demostrado su bioconcentración significativa en organismos acuáticos (CCME, 1999).

Con respecto a la toxicidad aguda del carbofurano, los organismos más sensibles son los insectos y los más resistentes, los anfibios. Así, se han reportado concentraciones para las cuales se registran efectos adversos para el 50 % de los individuos (CE_{50}) iguales a 1,6 $\mu\text{g/l}$ y 44,23 mg/l , para el díptero *Chironomus tentans* y el anfibio *Microhyla ornata*, respectivamente (Karnak and Collins, 1974). Con respecto a peces, *Cyprinus carpio* (carpa) es la especie más sensible, con una concentración letal 50 (CL_{50}) igual a 120 $\mu\text{g/l}$ (Stephenson et al., 1984), mientras que la especie más resistente es *Carassius auratus*, con una $CL_{50} = 10,25$ mg/l (Antón et al., 1993).

En cuanto a toxicidad crónica del carbofurano, la información disponible es escasa. En peces, *Cirrhinus mrigala* es la especie más sensible, con una concentración máxima aceptable en tejidos (MATC) igual a 16,9 $\mu\text{g/l}$ (Verma et al., 1984), mientras que la más resistente es *Pimephales promelas*, con una concentración para la cual no se registran efectos adversos (NOEC) igual a 142 $\mu\text{g/l}$, que es la menor registrada para dicha especie, y 521 $\mu\text{g/l}$ como menor concentración a la cual se registran efectos adversos (LOEC) (Call et al., 1989). En crustáceos, *Daphnia magna* registra una MATC = 35,6 $\mu\text{g/l}$ (Poirier, 1990).

Las plantas acuáticas son relativamente resistentes al carbofurano. El alga verde *Selenastrum capricornutum* tolera una concentración de carbofurano igual a 1 mg/l durante 30 días sin presentar efectos adversos (Johnson, 1986). A concentraciones próximas a 205 mg/l , se produce una inhibición del crecimiento del alga *Chlorella pyrenoidosa* (Antón et al., 1993), mientras que la lenteja de agua (*Lemna minor*) no se ve afectada a concentraciones iguales a 10 mg/l (Trotter et al., 1991).

III.2) *Derivación del nivel guía de calidad 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 carbofurano, 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 43 datos asociados a manifestaciones de toxicidad aguda del carbofurano sobre animales, que corresponden a CL_{50} o a CE_{50} . En la Tabla III.2 se presentan 3 datos asociados a efectos tóxicos de carbofurano sobre algas y plantas. En la Tabla III.3 se



exponen los datos para la estimación de las relaciones toxicidad aguda/crónica (ACR) correspondientes a una familia de invertebrados y dos de peces. El conjunto de datos seleccionados se considera apropiado en virtud de cubrir un amplio rango de grupos taxonómicos, a saber: siete familias de peces (*Cyprinidae*, *Poeciliidae*, *Cichlidae*, *Percidae*, *Salmonidae*, *Ictaluridae* y *Bagridae*), dos de crustáceos (*Daphnidae* y *Palaemonidae*), dos de insectos (*Chironomidae* y *Culicidae*), una de anélidos (*Tubificidae*) y una de anuros (*Microhylidae*).

TABLA III.1 - CONCENTRACIONES DE CARBOFURANO 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]	Valor Agudo Medio para cada especie (SMAV) [µg/l]	Referencia
<i>Aedes aegypti</i>	<i>Culicidae</i>	90	352	Parsons and Surgeoner, 1991a
<i>Aedes aegypti</i>	<i>Culicidae</i>	570		Parsons and Surgeoner, 1991b
<i>Aedes aegypti</i>	<i>Culicidae</i>	850		Parsons and Surgeoner, 1991a
<i>Carassius auratus</i>	<i>Cyprinidae</i>	10250	8999	Antón et al., 1993
<i>Carassius auratus</i>	<i>Cyprinidae</i>	7900		Antón et al., 1993; Antón and Ariz, 1997
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	<i>Daphnidae</i>	8,3	8,3	Bitton et al., 1996
<i>Cirrhinus mrigala</i>	<i>Cyprinidae</i>	260	260	Verma et al., 1984
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinidae</i>	120	332	Stephenson et al., 1984
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinidae</i>	280		Stephenson et al., 1984
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Cyprinidae</i>	1090		Kaur and Dhawan, 1993
<i>Chironomus tentans</i>	<i>Chironomidae</i>	1,6	1,6	Karnak and Collins, 1974
<i>Chironomus riparius</i>	<i>Chironomidae</i>	8,6	8,6	Fisher et al., 1993
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	48	64	Johnson 1986
<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnidae</i>	86,1		Poirier, 1990
<i>Daphnia pulex</i>	<i>Daphnidae</i>	35	35	Hartman and Martin, 1985
<i>Ictalurus punctatus</i>	<i>Ictaluridae</i>	2030	2030	Carter and Graves, 1972
<i>Microhyla ornata</i>	<i>Microhylidae</i>	44230	24409	Pawar and Katdare, 1984
<i>Microhyla ornata</i>	<i>Microhylidae</i>	13470		Pawar and Katdare, 1984
<i>Mystus vittatus</i>	<i>Bagridae</i>	500	433	Verma et al., 1981
<i>Mystus vittatus</i>	<i>Bagridae</i>	440		Verma et al., 1981
<i>Mystus vittatus</i>	<i>Bagridae</i>	370		Verma et al., 1981
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	530	494	Johnson and Finley, 1980
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	380		Johnson and Finley, 1980
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Salmonidae</i>	600		Mayer and Ellersieck, 1986
<i>Perca flavescens</i>	<i>Percidae</i>	147	147	Johnson and Finley, 1980
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	844	1054	Geiger et al., 1990
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	872		Johnson and Finley, 1980
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	844		Call, 1987
<i>Pimephales promelas</i>	<i>Cyprinidae</i>	1990		Mayer and Ellersieck, 1986.
<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poeciliidae</i>	3400	3400	Hejduk and Svobodova, 1980
<i>Salmo trutta</i>	<i>Salmonidae</i>	560	560	Johnson and Finley, 1980
<i>Salvelinus namaycush</i>	<i>Salmonidae</i>	164	164	Johnson and Finley, 1980
<i>Tilapia mossambica</i>	<i>Cichlidae</i>	460		Liong et al., 1988
<i>Tilapia mossambica</i>	<i>Cichlidae</i>	480		Liong et al., 1988



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

Especie	Familia	Concentración asociada a toxicidad aguda [µg/l]	Valor Agudo Medio para cada especie (SMAV) [µg/l]	Referencia
<i>Tilapia mossambica</i>	<i>Cichlidae</i>	540	524	Liong et al., 1988
<i>Tilapia mossambica</i>	<i>Cichlidae</i>	630		Liong et al., 1988
<i>Tilapia nilotica</i>	<i>Cichlidae</i>	200	324	Stephenson et al., 1984
<i>Tilapia nilotica</i>	<i>Cichlidae</i>	250		Stephenson et al., 1984
<i>Tilapia nilotica</i>	<i>Cichlidae</i>	460		Liong et al., 1988
<i>Tilapia nilotica</i>	<i>Cichlidae</i>	480		Stephenson et al., 1984
<i>Tubifex tubifex</i>	<i>Tubificidae</i>	20000	17145	Dad et al., 1982
<i>Tubifex tubifex</i>	<i>Tubificidae</i>	18000		Dad et al., 1982
<i>Tubifex tubifex</i>	<i>Tubificidae</i>	14000		Dad et al., 1982

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

Especie	Familia	Concentración asociada a efectos tóxicos [µg/l]	Referencia
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	<i>Chlorellaceae</i>	204480	Antón et al., 1993
<i>Selenastrum capricornutum</i>	<i>Chlorellaceae</i>	1000	Johnson, 1986
<i>Lemna minor</i>	<i>Lemnaceae</i>	10000	Trotter et al., 1991

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

Especie	Concentración asociada a toxicidad aguda [µg/l]	Concentración asociada a toxicidad crónica [µg/l]	Relación Toxicidad Aguda/ Crónica para cada especie (SACR)	Referencia
<i>Daphnia magna</i>	86,1	35,6	2,4	Poirier, S., 1990
<i>Cirrhinus mrigala</i>	195	12,6	15	Verma et al., 1984
<i>Pimephales promelas</i>	844	196 (1)	4,3	Call et al., 1989

Nota:

(1) Corresponde a la media geométrica de los valores reportados por el autor

III.2.b) Cálculo del Valor Agudo Final

El Valor Agudo Final (FAV) se calcula de acuerdo al procedimiento descrito en la metodología cuando la toxicidad de una sustancia no está asociada a las características del



agua, dado que no existe evidencia en sentido contrario para el carbofurano. A partir de los datos que se exhiben en la Tabla III.1, se determinan los valores agudos medios para cada especie (SMAV), que se exhiben en la tabla antedicha, y género (GMAV), que se presentan ordenados crecientemente en la Tabla III.4, con sus correspondientes números de orden, R, y probabilidades acumulativas, P_R , siendo $P_R = R/(N+1)$.

TABLA III.4 - CARBOFURANO: PROBABILIDAD ACUMULATIVA (P_R) Y VALOR AGUDO MEDIO PARA CADA GENERO (GMAV)

Género	GMAV [µg/l]	P_R	R
<i>Chironomus</i>	3,7	0,05	1
<i>Ceriodaphnia</i>	8,3	0,11	2
<i>Daphnia</i>	52	0,16	3
<i>Perca</i>	147	0,21	4
<i>Salvelinus</i>	164	0,26	5
<i>Cirrhinus</i>	260	0,32	6
<i>Cyprinus</i>	332	0,37	7
<i>Aedes</i>	352	0,42	8
<i>Tilapia</i>	412	0,47	9
<i>Mystus</i>	433	0,53	10
<i>Oncorhynchus</i>	494	0,58	11
<i>Salmo</i>	560	0,63	12
<i>Pimephales</i>	1054	0,68	13
<i>Ictalurus</i>	2030	0,74	14
<i>Poecilia</i>	3400	0,79	15
<i>Carassius</i>	8999	0,84	16
<i>Tubifex</i>	17145	0,89	17
<i>Microhyla</i>	24409	0,95	18

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

$$b = 17,02$$

$$a = -2,91$$

$$k = 0,90$$

Calculando el Valor Agudo Final (FAV) según:

$$FAV = e^k$$

resulta:

$$FAV = 2,45 \mu\text{g/l.}$$



III.2.c) Cálculo del Valor Crónico Final

En base a los datos de toxicidad aguda y crónica que se exhiben en la Tabla III.3, se determinan las relaciones toxicidad aguda/crónica para cada especie (SACR) para *Daphnia magna*, *Cirrhinus mrigala* y *Pimephales promelas*. Las relaciones resultantes están comprendidas en el intervalo 2,4 - 15, correspondiendo los límites del mismo a *Daphnia magna* y *Cirrhinus mrigala*, respectivamente.

El cálculo de la media geométrica de las SMACR determina una relación final toxicidad aguda/crónica (FACR) igual a 5,43.

Dividiendo el FAV calculado (2,45 µg/l) por la FACR previamente obtenida (5,43), se obtiene para carbofurano el siguiente Valor Crónico Final (FCV):

$$\text{FCV} = 0,45 \mu\text{g/l}$$

III.2.d) Establecimiento del nivel guía de calidad para carbofurano correspondiente a protección de la biota acuática

En virtud de que el Valor Crónico Final (FCV) no supera al Valor Final para Plantas (FPV) que resulta de la Tabla III.2 (1000 µg/l) ni a los valores de toxicidad crónica que se exhiben en la Tabla III.3, se especifica el siguiente nivel guía de calidad para carbofurano a los efectos de protección de la biota acuática (NGPBA), referido a la muestra de agua sin filtrar:

$$\text{NGPBA (Carbofurano)} \leq 0,5 \mu\text{g/l}$$



IX) TECNICAS ANALITICAS ASOCIADAS A LA DETERMINACION DE CARBOFURANO

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 carbofurano.



X) REFERENCIAS

- Antón, F.A. and M. Aríz. 1997. Carbofuran acute and sublethal toxicity on freshwater algae and fish. In: Cheremisinoff, P.N. (e d.) Ecological Issues and Environmental Impact Assessment. Chapter 31: 743-764. Gulf Publishing.
- Antón, F.A., E. Laborda, P. Laborda and E. Ramos. 1993. Carbofuran Acute Toxicity to Freshwater Algae and Fish. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 50(3): 400-406. 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.
- Bailey, H.S. 1985. 1983 Toxic chemical survey: A survey of nine impoundments in the Saint John River basin. IWD-AR-WQB-85-88. Atlantic Region, Environment Canada, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Moncton. En: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 1999. Canadian Environmental Quality Guidelines.
- Bitton, G., K. Rhodes and B. Koopman. 1996. Ceriofast: An Acute Toxicity Test Based on *Ceriodaphnia dubia* Feeding Behavior. Environ. Toxicol. Chem. 15(2): 123-125.
- Call, D.J. 1987. Memorandum. Center for Lake Superior Environmental Studies, University of Wisconsin, Superior, WI:4 p. (July 6 Memo to L. Larson, Center for Lake Superior Studies, UWS, Superior, WI). 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.
- Call, D.J., S.H. Poirier, C.A. Lindberg, S.L. Harting, T.P. Markee, L.T. Brooke, N. Zarvan, and C.E. Northcott. 1989. Toxicity of Selected Uncoupling and Acetylcholinesterase-Inhibiting Pesticides to the Fathead Minnow (*Pimephales promelas*). In: D.L. Weigmann (Ed.), Pesticides in terrestrial and aquatic environments. Proc. Natl. Res. Conf., Virginia Polytechnic Inst. and State Univ., Blacksburg, VA: 317-336.
- Carter, F.L. and J.B. Graves. 1972. Measuring Effects of Insecticides on Aquatic Animals. La. Agric. 16(2): 14-15. 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.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 1999. Canadian Environmental Quality Guidelines.
- Dad, N.K., S.A. Qureshi and V.K. Pandya. 1982. Acute Toxicity of Two Insecticides to Tubificid Worms, *Tubifex tubifex* and *Limnodrilus hoffmeisteri*. Environ. Int. 7(5): 361-363. 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.
- Deuel, L.E. Jr., J.D. Price, F.T. Turner and K.W. Brown. 1979. Persistence of carbofuran and its metabolites, 3-keto and 3-hydroxy carbofuran, under flooded rice culture. J. Environ. Qual. 8(1): 23-26. En: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 1999. Canadian Environmental Quality Guidelines.
- Erickson, D., G.M. Pulishy, W.E. Kortsch and W.A. Charnetski. 1977. Carbofuran degradation in southern Alberta pond and lake water. Alberta Environment, Edmonton. En: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 1999. Canadian Environmental Quality Guidelines.
- Fisher, S.W., M.J. Lydy, J. Barger and P.F. Landrum. 1993. Quantitative Structure-Activity Relationships for Predicting the Toxicity of Pesticides in Aquatic Systems with Sediment. Environ. Toxicol. Chem. 12: 1307-1318.
- FMC Corporation. 1976. MRID N° 00092826. Available from EPA. Write to FOI, EPA. Washington, DC 20460. En: U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). December 3, 2002. 0218. Carbofuran.
- FMC Corporation. 1983. MRID N° 00129507. Available from EPA. Write to FOI, EPA. Washington, DC 20460. En: U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). December 3, 2002. 0218. Carbofuran.
- Geiger, D.L., L.T. Brooke and D.J. Call. 1990. Acute Toxicities of Organic Chemicals to Fathead Minnows (*Pimephales promelas*), Vol. 5 Center for Lake Superior Environmental Studies, University of Wisconsin, Superior, WI:332 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.



- Goldenthal, E.I. 1980a. A two-year dietary toxicity study in rats. Middleport, NY, FMC Corporation, Agricultural Chemical Group (unpublished study submitted to WHO). En: WHO (World Health Organization). 1996. Guidelines for drinking-water quality. Volume 2. Health criteria and other supporting information.
- Goldenthal, E.I. 1980b. A two-year dietary toxicity and carcinogenicity study in mice. Middleport, NY, FMC Corporation, Agricultural Chemical Group (unpublished study submitted to WHO). En: WHO (World Health Organization). 1996. Guidelines for drinking-water quality. Volume 2. Health criteria and other supporting information.
- Goldenthal, E.I. 1980c. Three-generation reproduction study in rats. Middleport, NY, FMC Corporation, Agricultural Chemical Group (unpublished study submitted to WHO). En: WHO (World Health Organization). 1996. Guidelines for drinking-water quality. Volume 2. Health criteria and other supporting information.
- Hartman, W.A. and D.B. Martin. 1985. Effects of four agricultural pesticides on *Daphnia pulex*, *Lemna minor* and *Potamogeton pectinatus*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 35: 646-651. En: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 1999. Canadian Environmental Quality Guidelines.
- HSDB (Health and Safety Data Base). 1998. En: Hickox, W.H. and J.E. Denton. August 2000. Carbofuran Public Health Goals for Chemical in Drinking Waters. California Environmental Protection Agency and Office of Environmental Health Hazard Assessment.
- Hejduk, J. and Z. Svobodova. 1980. Acute Toxicity of Carbamate-Based Pesticides for Fish. Acta Vet. Brno 49(3/4): 251-257. 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.
- Hickox, W.H. and J.E. Denton. August 2000. Carbofuran Public Health Goals for Chemical in Drinking Waters. California Environmental Protection Agency and Office of Environmental Health Hazard Assessment.
- Holden, P. 1986. Pesticides and ground water quality: issues and problems in four states. Washington, DC, National Academy Press, 1986. En: WHO (World Health Organization). 1996. Guidelines for drinking-water quality. Volume 2. Health criteria and other supporting information.
- Johnson, B.T. 1986. Potential Impact of Selected Agricultural Chemical Contaminants on a Northern Prairie Wetland: A Microcosm Evaluation. Environ. Toxicol. Chem. 5(5): 473-485.
- Johnson, W.W. and M.T. Finley. 1980. Handbook of Acute Toxicity of Chemicals to Fish and Aquatic Invertebrates. Resour. Publ. 137, Fish Wildl. Serv., U.S.D.I., Washington, D.C. 98 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.
- Karnak, R.E. and W.J. Collins. 1974. The Susceptibility to Selected Insecticides and Acetylcholinesterase Activity in a Laboratory Colony of Midge Larvae, *Chironomus tentans*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 12(1): 62-69.
- Kaur, K. and A. Dhawan. 1993. Variable Sensitivity of *Cyprinus carpio* Eggs, Larvae, and Fry to Pesticides. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 50(4): 593-599. 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.
- Krawchuk, B.P. and G.R.B. Webster. 1987. Movement of pesticides to ground water in an irrigated soil. Water Pollut. Res. J. Can. 22(1): 129-146. En: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 1999. Canadian Environmental Quality Guidelines.
- Liong, P.C, W.P. Hamzah and V. Murugan. 1988. Toxicity of Some Pesticides Towards Freshwater Fishes. Fish. Bull. Dep. Fish. (Malays.) No.57: 13 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.
- Mayer, F.L. and M.R. Ellersieck. 1986. manual of acute toxicity: interpretation and data base for 410 chemicals and 66 species of freshwater animals. U.S. Fish. Wildl. serv. resour. Publ. 160. U.S. department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, DC. En: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 1999. Canadian Environmental Quality Guidelines.
- Metcalf, R.L., T.R. Fukuto, C. Collins, K. Borck, S.A. El-Aziz, R. Muñoz and C.C. Cassil. 1968. Metabolism of 2,2-dimethyl-2,3-dihydrobenzofuranyl-7 N-methylcarbamate (Furadan) in plants, insects and mammals. Jour. Agric. Food Chem. 16: 300-311. En: Eisler, R. 2000. Carbofuran (chapter 12). Handbook of chemical risk assessment. Volume 2. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.



Parsons, J.T. and G.A. Surgeoner. 1991 a. Effect of exposure time on the acute toxicities of Permethrin, Fenitrothion, Carbaryl and Carbofuran to mosquito larvae. Environ. Toxicol. Chem. 10: 1219-1227. 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.

Parsons, J.T. and G.A. Surgeoner. 1991 b. Acute toxicities of Permethrin, Fenitrothion, Carbaryl and Carbofuran to mosquito larvae during single- or multiple-pulse exposures. Environ. Toxicol. Chem. 10: 229-1233. 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.

Pawar, K.R. and M. Katdare. 1984. Toxic and Teratogenic Effects of Fenitrothion, BHC and Carbofuran on Embryonic Development of the Frog *Microhyla ornata*. Toxicol. Lett. 22(1): 7-13. 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.

Poirier, S. 1990. Memorandum. Center for Lake Superior Environmental Studies, University of Wisconsin, Superior, WI:12 p. (Memo to R. Spehar, U.S. EPA, Duluth, MN Sánchez, F.A.A. and M. de Ariz. 1997. Carbofuran acute and sublethal toxicity on freshwater algae and fish. Pages 743-764 in P.N. Chermisinoff, ed. Ecological issues and environmental impact assessment. Gulf Publishing, Houston, TX. En: Eisler, R. 2000. Carbofuran (chapter 12). Handbook of chemical risk assessment. Volume 2. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.

SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria). 1998. Límites máximos de residuos de plaguicidas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación.

Stephenson, R.R., S.Y. Choi and A. Olmos-Jerez. 1984. Determining the Toxicity and Hazard to Fish of a Rice Insecticide. Crop Prot. 3(2): 151-165. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.

Trotter, R.K., R.A. Kent and M.P. Wong. 1991. Aquatic fate and effect of carbofuran. Crit. Rev. Environ. Contro 21: 137-176. En: Eisler, R. 2000. Carbofuran (chapter 12). Handbook of chemical risk assessment. Volume 2. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1989 a. Carbofuran. Special review technical support document. EPA, Office of Pesticides and Toxic Substances. Washington, DC. 243 pp. En: Eisler, R. 2000. Carbofuran (chapter 12). Handbook of chemical risk assessment. Volume 2. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 1989 b. Pesticide fact sheet. Carbofuran. Fact Sheet Numb. 189. 6 pp. En: Eisler, R. 2000. Carbofuran (chapter 12). Handbook of chemical risk assessment. Volume 2. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). December 3, 2002. 0218. Carbofuran.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). March 1990. Office of Drinking Water. Technologies for Upgrading Existing or Designing New Drinking Water Treatment Facilities. EPA/625/4-89/023.

Verma, S.R., I.P. Tonk, A.K. Gupta and M. Saxena. 1984. Evaluation of an Application Factor for Determining the Safe Concentration of Agricultural and Industrial Chemicals. Water Res. 18(1): 111-115.

Verma, S.R., S. Rani, S.K. Bansal and R.C. Dalela. 1981. Evaluation of the Comparative Toxicity of Thiotox, Dichlorvos and Carbofuran to Two Fresh Water Teleosts *Ophiocephalus punctatus* and *Mystus...* Acta Hydrochim. Hydrobiol. 9(2): 119-129. 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.

WHO (World Health Organization) DATA SHEET ON PESTICIDES N° 56. CARBOFURAN. Internet: http://www.inchem.org/documents/pds/pds/pest56_e.htm a octubre de 2002.

WHO (World Health Organization). 1996. Guidelines for drinking-water quality. Volume 2. Health criteria and other supporting information.

Zinkl, J.W., S. Lickhart, S. Kenny and F. Ward. 1991. Effects of cholinesterase-inhibiting insecticides on fish. In Cholinesterase-inhibiting insecticides-Impacts on wildlife and the environment (P. Mineau, Ed.), pp. 233-254. Elsevier Science, Amsterdam. The Netherlands. En: Heath, A.G.; J.J. Cech; L. Brink; P. Moberg and J.G. Zinkl. 1997. Physiological responses of fathead minnow larvae to rice pesticides. Ecotoxicology and Environmental Safety 37: 280-288.



XI) HISTORIAL DEL DOCUMENTO

Fecha de edición original	Junio 2003
Actualización diciembre 2003	Incorporación de Sección IX