

**PROYECTO UNESCO SOBRE PREVENCIÓN DEL
HIDROARSENICISMO CRÓNICO REGIONAL ENDÉMICO A
TRAVÉS DEL CONTROL DEL CONTENIDO DE ARSÉNICO EN EL
AGUA DE BEBIDA**

***JORNADA DE DIFUSIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL ARSÉNICO EN EL AGUA
DE BEBIDA DESTINADA A FUNCIONARIOS Y PROFESIONALES MUNICIPALES
DE LAS ÁREAS DE SALUD, PLANEAMIENTO, OBRAS PÚBLICAS Y AMBIENTE Y
FUNCIONARIOS DE COOPERATIVAS DE PROVISIÓN DE AGUA.***

Villa Carlos Paz, Provincia de Córdoba, 26 de agosto de 2005

CONCENTRACIONES ADMISIBLES DE ARSÉNICO EN EL AGUA

Ing. Rubén Goransky

**Programa de Calidad del Agua
Dirección Nacional de Conservación y Protección de los Recursos Hídricos
Subsecretaría de Recursos Hídricos
Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios**

I) EXPRESIONES RELACIONADAS CON LA CALIDAD DEL AGUA

Previamente a efectuar consideraciones sobre la significación de la concentración del arsénico en el agua, es importante distinguir conceptualmente tres expresiones que se utilizan en relación con la calidad del agua.

NIVEL GUIA DE CALIDAD O CRITERIO DE CALIDAD

ES UNA EXPRESIÓN BASADA EN EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO QUE ESTABLECE LA CONDICIÓN QUE DEBERÍA OBSERVAR UNA CARACTERÍSTICA DE CALIDAD (PARÁMETRO DE CALIDAD) EN RELACIÓN CON UN USO DEL AGUA

OBJETIVO DE CALIDAD

ES UNA EXPRESIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PARAMETRO DE CALIDAD RESPECTO A UN USO DEL AGUA QUE ADEMÁS DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO PUEDE CONSIDERAR LA CALIDAD ACTUAL DE LA MISMA Y LAS RESTRICCIONES TECNOLÓGICAS Y SOCIOECONÓMICAS PARA SU MODIFICACIÓN

ESTÁNDAR DE CALIDAD

ES UNA EXPRESIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PARÁMETRO DE CALIDAD RESPECTO A UN USO DEL AGUA FIJADA CON CARÁCTER MANDATORIO, ES DECIR, DE CUMPLIMIENTO OBLIGATORIO

Para el arsénico, las expresiones de calidad antedichas conllevan la especificación de concentraciones admisibles para cada uso considerado, revistiendo tal especificación modos diversos.

Como se ha dicho, uno de los insumos para especificar una concentración admisible es la información científica. En el caso del agua de bebida humana, tal información concierne a la relación entre la exposición oral al arsénico, es decir, la ingesta del mismo, y sus efectos sobre la salud.

En tal sentido, la información disponible permite, por una parte, establecer umbrales de concentración para la manifestación de determinados efectos del arsénico sobre la salud (efectos tóxicos con umbral), como por ejemplo lesiones de la piel (hiperpigmentación y queratosis) y complicaciones circulatorias periféricas, que fueron mencionados con anterioridad. Sobre la base de tales umbrales de concentración es factible especificar

concentraciones para el arsénico en el agua de bebida que se consideran protectivas para la salud humana en cuanto a evitar los efectos mencionados.

Por otra parte, la información disponible señala que las manifestaciones cancerígenas del arsénico no están asociadas a un umbral de concentración, sino que el riesgo de tales manifestaciones existe a cualquier concentración, incrementándose a medida que la concentración de exposición es mayor. De tal manera, la especificación de la concentración admisible de arsénico basada en la evidencia científica sobre su carcinogenicidad se hace a partir de asumir un determinado riesgo individual como aceptable. La Organización Mundial de la Salud acepta en general como tal el siguiente valor: 1 caso adicional de cáncer por cada 100.000 personas expuestas al arsénico en el agua de bebida durante toda la vida (WHO, 2004).

II) NIVELES GUÍA Y ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AGUA DE BEBIDA HUMANA CORRESPONDIENTES A ARSÉNICO

En el Cuadro 1 se exponen niveles guía y estándares para arsénico en agua de bebida humana establecidos por organismos de países extranjeros y organizaciones internacionales.

CUADRO 1 - NIVELES GUÍA Y ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AGUA DE BEBIDA HUMANA PARA ARSÉNICO ESTABLECIDOS POR ORGANISMOS DE PAÍSES EXTRANJEROS Y ORGANIZACIONES INTERNACIONALES

ORGANISMO	VALOR	OBSERVACIONES
Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.	0,01 mg/l (Concentración Máxima Admisible)	Estándar que entra en vigencia en enero de 2006 (U.S. EPA, On line)
Subcomité Federal-Provincial sobre Agua de Bebida, Canadá	0,025 mg/l	Nivel Guía Provisional (Federal-Provincial Subcommittee on Drinking Water, 1998)
Comunidad Económica Europea	0,01 mg/l (Concentración Máxima Admisible)	Estándar (The Council of the European Union, 1998)
Organización Mundial de la Salud	0,01 mg/l	Nivel Guía Provisional (WHO, 2004)

Los valores expuestos en el Cuadro 1, dos de ellos correspondientes a estándares y los otros dos a niveles guía, resultan de considerar la naturaleza cancerígena del arsénico. El estándar anteriormente fijado por la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (Concentración Máxima Admisible: 0,05 mg/l), que databa de 1975 y fue adoptado a partir de

un estándar establecido en 1942 por el Servicio de Salud Pública de los EE.UU, estaba basado en la consideración de efectos tóxicos con umbral.

En el Cuadro 2 se exhiben estándares argentinos de calidad de agua de bebida humana correspondientes a arsénico.

CUADRO 2 - ESTÁNDARES ARGENTINOS DE CALIDAD DE AGUA DE BEBIDA HUMANA CORRESPONDIENTES A ARSÉNICO

FUENTE	VALOR	OBSERVACIONES
Código Alimentario Argentino	0,05 mg/l	Estándar (Código Alimentario Argentino, On line)
Provincia de Santa Fe	0,1 mg/l (Concentración máxima transitoria) 0,05 mg/l (Concentración máxima)	Estándar (Provincia de Santa Fe, Ley 11220)
Provincia de La Pampa	0,15 mg/l (Concentración permitida) 0,18 mg/l (Concentración máxima tolerable)	Estándar (Provincia de La Pampa, Ley 1027)
Provincia de Córdoba	0,1 mg/l (Concentración máxima provisoria)	Estándar (Provincia de Córdoba, Resolución 608/93)

El Código Alimentario Argentino, que tiene vigencia en el marco de la Ley 18284/1969, precisa condiciones para el agua de bebida humana en su Capítulo XII- Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificada. De acuerdo a la Resolución N° 494 del entonces Ministerio de Salud y Acción Social, emitida el 7/7/94, en el Artículo 982 del capítulo antedicho del Código Alimentario Argentino, que corresponde a Agua Potable, se especifica para arsénico una concentración máxima igual a 0,05 mg/l (Código Alimentario Argentino, On line). Este estándar nacional coincide con el previamente adoptado por la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU., según se comentó anteriormente.

Si bien las especificaciones del Artículo 982 constituyen estándares nacionales de calidad de agua de bebida, dicho artículo, luego de describir las características químicas que el agua potable debe observar, explicita que “*la autoridad sanitaria competente podrá admitir valores distintos si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario*”. Esto se corresponde con los valores de los

estándares de las Provincias de Santa Fe, La Pampa y Córdoba, según puede observarse en el Cuadro 2.

III) NIVELES GUÍA NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA AMBIENTE PARA ARSÉNICO

Desde 1998, la Subsecretaría de Recursos Hídricos ha acometido la elaboración de niveles guía de calidad de agua ambiente, los cuales constituyen criterios nacionales de calidad de agua ambiente. En este marco se han establecido niveles guía correspondientes a arsénico para los siguientes propósitos: protección de las fuentes de provisión de agua para consumo humano, protección de la biota acuática, riego de cultivos y bebida de animales.

III.1) NIVELES GUÍA DE CALIDAD PARA FUENTES DE PROVISIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

La metodología de cálculo de los niveles guía de calidad para fuentes de provisión de agua para consumo humano demanda en primer lugar el cálculo del nivel guía de calidad para el agua de bebida humana. El resultado de tal cálculo para arsénico es expuesto en el Cuadro 3.

CUADRO 3 - NIVEL GUÍA DE CALIDAD PARA AGUA DE CONSUMO HUMANO CORRESPONDIENTE A ARSÉNICO

NIVEL GUÍA		BASES
Agua para consumo humano	$\leq 0,01$ mg/l , expresado como arsénico total, interino (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2005)	Estudios epidemiológicos de Tseng (1977) y Tseng et al. (1968). Cuantificación del potencial carcinogénico del arsénico por vía oral asociado a manifestaciones en piel (U.S. EPA, IRIS, 1998). Consideraciones de la Organización Mundial de la Salud sobre el límite práctico de cuantificación del arsénico (WHO, 2004).

El nivel guía antedicho resulta de considerar las manifestaciones de cáncer de piel asociadas a la exposición al arsénico en el agua de bebida.

A partir del nivel guía de calidad de agua de bebida calculado para arsénico y de las eficiencias de remoción de este último esperables para las diversas tecnologías de tratamiento de aguas, que se exhiben en el Cuadro 4 y que más adelante son desarrolladas con mayor amplitud, se calculan los niveles guía de calidad para fuentes de provisión de agua para consumo humano correspondientes a arsénico que se exponen en el Cuadro 5.

CUADRO 4 - REMOCIÓN DE ARSÉNICO. EFICIENCIAS DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	REMOCIÓN ESPERABLE	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
Convencional para agua superficial con coagulación en condiciones apropiadas	Arsénico (+5): > 80 % Arsénico (+3): 20 - 80 %	Coagulación con sales de hierro: pH = 6 - 8 Coagulación con sales de aluminio: pH = 6 - 7	U.S. EPA, 1990
Ablandamiento con cal	Arsénico (+5): 70 % Arsénico (+5): 90 % Arsénico (+3): 70 %	pH = 10 - 10,5 pH > 10,8 pH > 10,5	U.S. EPA, 1990
Ósmosis inversa	Arsénico (+5): > 70 % Arsénico (+3): > 70 %	En plantas apropiadamente operadas pueden alcanzarse remociones mayores que 90 %	U.S. EPA, 1990
Intercambio iónico	Es aplicable a la remoción de arsénico (+5) y arsénico (+3). Para arsénico (+5) son dobles eficiencias mayores que 90 %	Con resinas de intercambio aniónico	U.S. EPA, 1990, 1979
Alúmina activada	Es aplicable a la remoción de arsénico (+5) y arsénico (+3). Para arsénico (+5) son dobles eficiencias mayores que 90 %		U.S. EPA, 1990, 1979

Nota:

Con respecto al arsénico (+3), para tratamientos de eficiencia moderada, se ha indicado la conveniencia de su oxidación previa a arsénico (+5) mediante agentes tales como cloro, ozono o permanganato de potasio (U.S. EPA, 1990; CCME, 1996).

CUADRO 5 - NIVELES GUÍA DE CALIDAD PARA FUENTES DE PROVISIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CORRESPONDIENTES A ARSÉNICO

NIVEL GUÍA		BASES
Fuente superficial con tratamiento convencional	≤ 0,05 mg/l expresado como arsénico total, referido a la muestra de agua filtrada; interino	Preeminencia del arsénico pentavalente en las condiciones típicas de las aguas superficiales y verificación de condiciones de proceso que permitan satisfacer remociones de arsénico total no menores que 80 % (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2005).
Fuente superficial con tratamientos especiales	≤ 0,1 mg/l expresado como arsénico total, referido a la muestra de agua filtrada; interino	Verificación de remociones de arsénico total no menores que 90 % (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2005).
Fuente subterránea con aptitud microbiológica para consumo directo o que requiera un tratamiento de desinfección	≤ 0,1 mg/l expresado como arsénico total, referido a la muestra de agua sin filtrar; interino	No modificación de la presencia de arsénico (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2005).
Fuente subterránea con tratamientos especiales	≤ 0,033 mg/l expresado como arsénico total, referido a la muestra de agua filtrada; interino	Verificación de remociones de arsénico total no menores que 70 % (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2005).
Fuente subterránea con tratamientos especiales	≤ 0,1 mg/l expresado como arsénico total, referido a la muestra de agua filtrada; interino	Verificación de remociones de arsénico total no menores que 90 % (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2005).

III.2) NIVEL GUÍA DE CALIDAD PARA LA PROTECCIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA (APLICABLE A AGUA DULCE)

En el Cuadro 6 se expone el nivel guía de calidad para protección de la vida en ambientes de agua dulce correspondiente a arsénico. El mismo resulta de un procedimiento de cálculo que toma como insumo información proveniente de ensayos de toxicidad realizados con diversas especies animales y vegetales.

CUADRO 6 - NIVEL GUIA DE CALIDAD PARA LA PROTECCIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA CORRESPONDIENTE A ARSÉNICO (APLICABLE A AGUA DULCE)

NIVEL GUÍA	BASES
≤ 0,015 mg/l expresado como arsénico total, referido a la muestra de agua filtrada	Información ecotoxicológica (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2005).

III.3) NIVELES GUÍA DE CALIDAD PARA RIEGO DE CULTIVOS

En el Cuadro 7 se exhiben niveles guía de calidad para riego de cultivos correspondientes a arsénico. Dichos niveles resultan de un procedimiento de cálculo que toma como insumo datos surgidos de ensayos de toxicidad realizados con diversas especies vegetales.

CUADRO 7 - NIVELES GUÍA DE CALIDAD PARA RIEGO DE CULTIVOS CORRESPONDIENTES A ARSÉNICO

NIVEL GUÍA	BASES
≤ 0,245 mg/l expresado como arsénico total, referido a la muestra de agua sin filtrar, para tasas de riego anuales hasta 3500 m ³ /ha; interino	Información fitotoxicológica (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2005).
≤ 0,123 mg/l expresado como arsénico total, referido a la muestra de agua sin filtrar, para tasas de riego anuales entre 3500 m ³ /ha y 7000 m ³ /ha; interino	
≤ 0,072 mg/l expresado como arsénico total, referido a la muestra de agua sin filtrar, para tasas de riego anuales entre 7000 m ³ /ha y 12000 m ³ /ha; interino	

III.4) NIVELES GUÍA DE CALIDAD PARA BEBIDA DE ANIMALES

En el Cuadro 8 se exponen niveles guía de calidad para bebida de animales correspondientes a arsénico. Los mismos resultan de un procedimiento de cálculo que toma como insumo datos toxicológicos provenientes de estudios realizados con diversas especies animales.

**CUADRO 8 - NIVELES GUÍA DE CALIDAD PARA BEBIDA DE ANIMALES
CORRESPONDIENTES A ARSÉNICO**

NIVEL GUÍA	BASES
$\leq 0,067$ mg/l expresado como arsénico total, referido a la muestra de agua sin filtrar, para producción animal conformada por mamíferos	Información toxicológica (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2005).
$\leq 0,195$ mg/l expresado como arsénico total, referido a la muestra de agua sin filtrar, para producción animal conformada por aves	
$\leq 0,067$ mg/l expresado como arsénico total, referido a la muestra de agua sin filtrar, para producción animal conformada por mamíferos y aves	

Referencias:

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). December 1996. Canadian Water Quality Guidelines.

Código Alimentario Argentino. Capítulo XII. Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificada. On line: <http://www.anmat.gov.ar/codigoa/caal.htm>

Federal-Provincial Subcommittee on Drinking Water. 1998. Summary of Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. April, 1998. En: CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 1999. Canadian Environmental Quality Guidelines.

Provincia de Córdoba. Resolución de la Dirección Provincial de Agua y Saneamiento (DIPAS) N° 68/93.

Provincia de La Pampa. Ley N° 1027/81.

Provincia de Santa Fe. Ley N° 11220. Anexo A.

Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Julio 2005. Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente. República Argentina. On line: http://www.obraspublicas.gov.ar/hidricos/calidad_del_agua_actividades.htm

The Council of the European Union. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. Official Journal of the European Communities 5.12.98. On line: http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/1998/l_330/l_33019981205en00320054.pdf

Tseng, W-P. 1977. Effects and dose-response relationship of skin cancer and Blackfoot disease with arsenic. Environ. Health Perspect. 19: 109-119. En: U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). April 1998. 0278. Arsenic, inorganic. On line: <http://www.epa.gov/iris/>

Tseng, W-P., H-M. Chu, S-W. How, J-M. Fong, C-S. Lin and S. Yen. 1968. Prevalence of skin cancer in an endemic area of chronic arsenicism in Taiwan. J. Natl. Cancer Inst. 40(3): 453-463. En: U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). April 1998. 0278. Arsenic, inorganic. On line: <http://www.epa.gov/iris/>

U. S. EPA. List of Drinking Water Contaminants & MCLs. National Primary Drinking Water Regulations. On line: <http://www.epa.gov/safewater/mcl.html#mcls>

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). August 1979. Municipal Environmental Research Laboratory. Estimating Water Treatment Costs. Volume 1. Summary. EPA-600/2-79-162 a.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). IRIS (Integrated Risk Information System). April 1998. 0278. Arsenic, inorganic. On line: <http://www.epa.gov/iris/>

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.

World Health Organization. 2004. WHO Guidelines for drinking-water quality, third edition. Volume 1 – Recommendations. On line: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3/en/