

Criterios para la vigilancia de la calidad química y microbiológica del agua para hemodiálisis

Criteria for the surveillance of chemical and biological quality of water used for hemodialysis

Dra. C. Maricel García Melián, Dra. C. María Isabel González González, MSc. María de los Ángeles Mariné Alonso

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. La Habana, Cuba.

RESUMEN

La calidad química y microbiológica del agua es uno de los principales requisitos del tratamiento de hemodiálisis. La presencia de contaminantes en el agua puede provocar complicaciones tanto agudas como crónicas en los pacientes. El presente trabajo tiene como objetivo describir la guía para el control químico y microbiológico de la calidad del agua para hemodiálisis, elaborada para ser empleada por las autoridades sanitarias en la evaluación de este tipo de agua en Cuba. Los criterios para el control sanitario se elaboraron a partir de revisión de bibliografía nacional e internacional, de resultados de mediciones de contaminantes y de consulta a expertos. Se presentan los valores de la guía para los contaminantes químicos y microbiológicos del agua y se realiza la descripción de los puntos de muestreo y de la periodicidad de los análisis. La guía cubana contribuye a perfeccionar la vigilancia de la calidad del agua para hemodiálisis a nivel nacional.

Palabras clave: agua para hemodiálisis, calidad del agua, contaminantes químicos, contaminantes microbiológicos.

ABSTRACT

The chemical and biological quality of water is one of the principal requirements in the treatment of hemodialysis. The presence of contaminants in water can cause both acute and chronic complications in patients. The objective of the present work is to describe the guide for chemical and microbiological control of the quality of water used for hemodialysis and elaborated to be used by health authorities in the assessment of this type of water in Cuba. Criteria for sanitary control were elaborated from the review of national and international bibliography, results of measurements of contaminants and expert consultation. Guidance values for chemical and microbiological contaminants in water are presented and the

description of sampling points and periodicity of analysis are conducted. The Cuban guide contributes to the improvement of the surveillance of the quality of water used for hemodialysis at a national level.

Key words: water for hemodialysis, water quality, chemical contaminants, microbiological contaminants.

INTRODUCCIÓN

La calidad química y microbiológica del agua es uno de los principales requisitos del tratamiento de hemodiálisis. La presencia de contaminantes en el agua puede provocar complicaciones, tanto agudas como crónicas, en los pacientes.

En un trabajo realizado a mediados de la década de los años 90 se evaluó la calidad del agua destinada a hemodiálisis en Cuba, procedente de diferentes tipos de sistemas de tratamiento: ósmosis inversa, desionizadores y descalcificadores.¹ Posteriormente, los sistemas de tratamiento menos eficientes fueron sustituidos por equipos de ósmosis inversa.

El subprograma de vigilancia de la calidad del agua incorporó en esa década el estudio del agua para hemodiálisis.² Se consideraron los tipos de sistemas de tratamiento existentes. Posteriormente, en la Guía Cubana de Buenas Prácticas de Hemodiálisis se incluyeron valores de referencia para contaminantes químicos y microbiológicos en agua.³

La calidad del agua que se emplea para el tratamiento en las unidades de hemodiálisis es controlada por la red de Centros y Unidades de Higiene, Epidemiología y Microbiología del país. Desde que fueron establecidos los valores de referencia citados, diversos hechos han ocurrido que hacen que la situación actual sea diferente: se han modificado los sistemas de tratamiento de agua empleados en el país, han cambiado algunas de las recomendaciones internacionales sobre los niveles de contaminantes en agua y ha sido destacada la importancia de extender los valores guía del agua tratada para hemodiálisis a la que se emplea para preparar el concentrado de bicarbonato de sodio en las unidades y a la utilizada en el reprocesamiento de materiales para su reuso.

De acuerdo con lo planteado anteriormente, se identificó la importancia de que las autoridades sanitarias dispusieran de una herramienta cubana para evaluar la calidad del agua para hemodiálisis que se emplea en el país, considerando las características y experiencias nacionales y la seguridad de los pacientes. En el año 2010 se desarrolló una guía para el control sanitario de la calidad del agua con el fin de perfeccionar la vigilancia de esta y contribuir a la mejora continua de los servicios de hemodiálisis, la cual fue resultado del proyecto ramal del MINSAP titulado "Impacto de factores ambientales en el desarrollo de complicaciones clínicas en pacientes de insuficiencia renal crónica terminal con tratamiento de hemodiálisis", ejecutado en el Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM).

Este trabajo tiene como objetivo describir la guía para el control químico y microbiológico de la calidad del agua para hemodiálisis, elaborada para ser empleada por las autoridades sanitarias en la evaluación de este tipo de agua en Cuba.

PRINCIPALES CRITERIOS PARA EL CONTROL QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA HEMODIÁLISIS CONSIDERADOS EN LA GUÍA

Los criterios incluidos en la guía se elaboraron tomando en consideración las siguientes fuentes de información:

- La guía de la Asociación para el Avance de Instrumentos Médicos (AAMI): *Water Treatment Equipment for Hemodialysis Applications (ANSI/AAMI RD62:2006)*.⁴
- Resultados de análisis realizados a agua para hemodiálisis en el marco del proyecto "Impacto de factores ambientales en el desarrollo de complicaciones clínicas en pacientes de insuficiencia renal crónica terminal con tratamiento de hemodiálisis", concluido en el INHEM en el 2010.
- Revisiones bibliográficas nacionales e internacionales.

La guía fue sometida a consulta con diversas instituciones, como la Dirección Nacional de Salud Ambiental y la de Epidemiología del Ministerio de Salud Pública, el Centro de Ingeniería Clínica y Electromedicina (CICEM), la Empresa de Mantenimiento a la Industria Farmacéutica (Ministerio de la Industria Básica), los Centros Provinciales de Higiene, Epidemiología y Microbiología (CPHEM) del país y el Instituto de Nefrología.

El documento guía elaborado para la calidad del agua se estableció para dializadores de bajo flujo. Los niveles de contaminantes químicos y microbiológicos fijados, según grupos de importancia, se presentan en las tablas 1 y 2.

La transgresión de estos valores indica la necesidad de aplicar acciones correctivas con el fin de mejorar la calidad del agua tratada, garantizando la menor afectación posible a la prestación del servicio médico.

No existe un consenso internacional sobre los puntos de muestreo de agua en la unidad de hemodiálisis, ni sobre la periodicidad con que debe realizarse el análisis químico y microbiológico del agua; de ahí que los criterios incluidos en el documento, relativos a estos aspectos, se basaron fundamentalmente en la experiencia nacional. Los puntos mínimos de muestreo y la periodicidad establecida en la guía para el análisis del agua se presentan en la tabla 3.

En el análisis químico mensual del agua se incluye, además, la determinación de la conductividad eléctrica. Existen casos especiales que requieren un muestreo adicional:

Tabla 1. Valores guía para el análisis de contaminantes químicos en agua para hemodiálisis

Grupos	Contaminantes	Agua tratada por ósmosis inversa
1. Contaminantes que producen efectos adversos comprobados en los pacientes	Fluoruro (mg/L)	0,2
	Cobre (mg/L)	0,1
	Zinc (mg/L)	0,1
	Aluminio (mg/L)	0,01
	Plomo (mg/L)	0,005
	Nitrato (NO ₃) (mg/L)	8,86*
	Sulfato (mg/L)	100
	Cloro libre (mg/L)	0,5
	Cloraminas (mg/L)	0,1
2. Sustancias fisiológicas que pueden causar daño a los pacientes si se encuentran en altas concentraciones	Calcio (mg/L)	2,0
	Magnesio (mg/L)	4,0
	Sodio (mg/L)	70
	Potasio (mg/L)	8
3. Agentes tóxicos que pueden estar presentes en el agua de los acueductos	Antimonio (mg/L)	0,006
	Berilio (mg/L)	0,0004
	Bario (mg/L)	0,1
	Arsénico (mg/L)	0,005
	Plata (mg/L)	0,005
	Cadmio (mg/L)	0,001
	Cromo total (mg/L)	0,014
	Selenio (mg/L)	0,09
	Talio (mg/L)	0,002
	Mercurio total (mg/L)	0,0002

* El valor reflejado en la guía corresponde a nitrato, por lo que su equivalente expresado como N-NO₃ es 2 mg/L.

Fuente: Guía cubana para la vigilancia de la calidad físicoquímica y microbiológica del agua para hemodiálisis, 2011.

Tabla 2. Valores guía para el análisis microbiológico de agua para hemodiálisis

Parámetros	Agua tratada por ósmosis inversa
Conteo total de bacterias heterótrofas (UFC/mL)	≤ 200 *
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (NMP/100 mL)	< 2

UFC: unidades formadoras de colonias.
NMP: número más probable.

* Se establece un nivel de alerta de 50 UFC/mL para acometer acciones de desinfección.

Fuente: Guía cubana para la vigilancia de la calidad físicoquímica y microbiológica del agua para hemodiálisis, 2011.

a) Cuando se utilice una fuente de abastecimiento por primera vez, o esta sufra una modificación, debe hacerse un análisis químico y microbiológico del agua en la fuente de abastecimiento y a la entrada a la institución de salud. En el agua tratada por ósmosis inversa (salida de la ósmosis inversa y el retorno del sistema de distribución) se realizará el análisis de los contaminantes relacionados anteriormente.

b) Cuando ocurre una modificación en la planta de tratamiento de agua se realiza un procedimiento similar al descrito en el inciso a), con excepción de lo referente a la fuente de abastecimiento.

Esta guía se modificará con el tiempo acorde con la nueva información técnica que se genere, tanto a nivel nacional como internacional, así como con el desarrollo de la metodología analítica y la tecnología de tratamiento dialítico.

Tabla 3. Puntos mínimos de muestreo, periodicidad y tipos de análisis para la vigilancia de la calidad del agua para hemodiálisis por la red de Centros y Unidades de Higiene, Epidemiología y Microbiología

Punto de muestreo	Análisis químico		Análisis microbiológico	
	Periodicidad	Tipo de análisis	Periodicidad	Tipo de análisis
Agua a la entrada de la planta de tratamiento en la institución de salud	Mensual	Cloro libre, cloraminas y dureza total	Cada quince días	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)
	Semestral	Nitrato y sulfato		
	Anual	Todos los contaminantes químicos incluidos en la tabla 1		
Agua tratada por ósmosis inversa (salida de la ósmosis inversa y retorno del sistema de distribución)	Mensual	Cloro libre, cloraminas y dureza total	Cada quince días	Cuento total de bacterias heterótrofas (UFC/mL) <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (NMP/100 mL)
	Semestral	Nitrato y sulfato		
	Anual	Todos los contaminantes químicos incluidos en la tabla 1		

Fuente: Guía cubana para la vigilancia de la calidad físicoquímica y microbiológica del agua para hemodiálisis, 2011.

IMPORTANCIA DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS INCLUIDOS EN LA GUÍA

En la guía, la importancia de los contaminantes químicos se incrementa de la siguiente forma: grupo 1 > grupo 2 > grupo 3.

Grupo 1. Contaminantes que producen efectos adversos comprobados en los pacientes: entre noviembre de 1998 y octubre de 1999, en el INHEM se realizó una investigación sobre los niveles de fluoruro en agua en localidades de 1 000 o más habitantes. Se analizaron un total de 4 588 muestras. El 1,96 % de estas presentó concentraciones de fluoruro iguales o superiores a la norma cubana de agua potable (1,5 mg/L).⁵

En Cuba, un estudio de 387 fuentes de abastecimiento de 186 acueductos en poblaciones mayores de 5 000 habitantes del país (de las cuales el 82,9 % correspondió a fuentes subterráneas) y 118 fuentes de acueductos de menos de 5 000 habitantes, evidenció que entre el 96,8 y 99,5 % de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, de los acueductos mantenía valores de nitrato inferiores a 45 mg/L (valor normalizado en agua potable), incluso inferiores a 15 mg/L.⁶ El valor reflejado en la guía de calidad del agua para hemodiálisis

corresponde a nitrato, por lo que su equivalente expresado, como N-NO₃ es 2 mg/L. El factor de conversión que se emplea es: 1 mg/L de N-NO₃= 4,43 mg/L de NO₃.

En 310 fuentes de abastecimiento de agua de más de 5 000 habitantes del país se realizó un estudio de los niveles de plomo. En tres de estas fuentes, solo en una ocasión fueron encontrados niveles superiores a la norma cubana de calidad sanitaria del agua (0,05 mg/L). Tales fuentes fueron sometidas posteriormente a análisis periódico y no volvieron a detectarse estos niveles.⁷

En un estudio de plomo total y biodisponible en muestras de sedimentos de 10 ríos que abastecen a 11 localidades de más de 5 000 habitantes de varias provincias del país, solo el 27,4 % de las muestras tenían plomo biodisponible, correspondientes a cuatro ríos, pero en ningún caso el agua de estos presentó valores del metal superiores a 0,05 mg/L.⁸

No se poseen datos de alcance nacional sobre las concentraciones de cobre, aluminio, sulfato y zinc en agua potable. Las concentraciones de cobre, aluminio, sulfato y zinc en agua tratada por ósmosis inversa obtenidas en la investigación sobre hemodiálisis, concluida en el 2010 referida anteriormente, no representaron un peligro, pero existe evidencia internacional de la toxicidad de estos contaminantes para los pacientes en hemodiálisis,⁹ por lo cual fueron incluidos en el documento guía.

Grupo 2. Sustancias fisiológicas que pueden causar daño a los pacientes si se encuentran en altas concentraciones: el subsuelo y los lechos fluviales del país lo constituyen en su gran mayoría sales de calcio, como rocas calizas y las dolomías [CaMg(CO₃)₂] o calizas dolomíticas, sales que son capaces de disolverse en el agua que entra en contacto, y alteran su contenido salino.¹⁰

El magnesio es el séptimo elemento más abundante en la corteza terrestre; sin embargo, no se encuentra libre, aunque entra en la composición de más de 60 minerales. Entre los más importantes industrialmente se encuentran los depósitos de dolomía y dolomita.

La condición de insularidad de Cuba determina una interacción permanente con las aguas marinas y costeras, equilibrio que puede afectarse por causas antropogénicas, lo que aumenta el contenido de sodio y cloruro en aguas subterráneas y superficiales.¹⁰

Se ha reportado internacionalmente que el potasio se encuentra en bajas concentraciones en aguas naturales (menos de 10 mg/L), ya que las rocas que lo contienen son relativamente resistentes a la erosión, pero las sales de potasio son empleadas en la industria y en fertilizantes para la agricultura, por lo que pueden entrar al agua por descargas de residuales industriales y por escorrentía superficial de tierras cultivadas. Las sales de potasio son altamente solubles.¹¹ El potasio solo se puede eliminar químicamente mediante intercambio iónico o por ósmosis inversa. Si está presente en el líquido de diálisis en altas concentraciones puede producir hiperkaliemia en los pacientes.¹²

Entre los parámetros incluidos en el control de la calidad química del agua está la dureza total, para la cual se estableció un nivel guía en el agua tratada para hemodiálisis de 21,57 mg/L de CO₃Ca.

Grupo 3. Agentes tóxicos que pueden estar presentes en el agua de los acueductos. La razón de incluir los contaminantes de este grupo en las regulaciones de calidad de agua para hemodiálisis son las siguientes:⁴

- La exposición al agua de los pacientes es muy superior a la de las personas que no están en tratamiento de hemodiálisis.
- Estas sustancias pueden unirse a las proteínas de la sangre.
- La excreción renal de estas sustancias en pacientes con tratamiento de hemodiálisis es muy limitada.

En la norma de la AAMI, los valores de los contaminantes en el Grupo 3 son inferiores a la norma para agua potable establecida por la *Environmental Protection Agency* de los Estados Unidos de América (EE.UU. EPA),¹³ con excepción del antimonio y del talio, que son iguales, teniendo en cuenta las limitaciones analíticas y el selenio, que es mayor, ya que se ha considerado que no es necesario fijar un nivel más bajo que el que tiene posibilidad de pasar del líquido de diálisis a la sangre.⁴

En el estudio de 310 fuentes de abastecimiento de agua de más de 5 000 habitantes del país referido anteriormente, se estudió el contenido de mercurio, el arsénico y el cadmio, y se obtuvieron los siguientes resultados:

- En el agua del 3,7 % de las fuentes de abastecimiento subterráneas se detectó frecuentemente la presencia de mercurio en concentraciones ligeramente superiores a la norma cubana de agua potable (0,001 mg/L). En nueve de las fuentes de abastecimiento superficiales, se detectaron ocasionalmente valores de mercurio en agua superiores al normalizado.¹⁴
- El agua de las fuentes de abastecimiento estudiadas cumplió con el requerimiento sanitario establecido en el país para el arsénico en agua potable (0,05 mg/L). El 2 % de las muestras de agua subterráneas y el 0,7 % de las superficiales presentaron valores iguales o superiores a 0,01 mg/L.¹⁵
- El 0,6 % de las muestras de agua subterránea y el 0,7 % de la superficial presentó valores de cadmio superiores a la norma para agua potable (0,005 mg/L).¹⁶ En un estudio realizado en diez ríos, cuyas aguas se destinan al consumo humano, las concentraciones de cadmio en los sedimentos fueron inferiores a 1,1 µg/g y las encontradas en agua no excedieron la cifra de 0,005 mg/L.¹⁷ No se dispone de datos a nivel nacional de las concentraciones de antimonio, berilio, bario, plata, cromo total, selenio y talio en agua potable.

Con respecto al antimonio, el berilio, el bario, la plata y el talio, la Organización Mundial de la Salud (OMS) solo ha establecido valores guía en el agua potable para el antimonio y el bario.¹⁸ En la norma cubana de agua potable no fueron incluidos estos últimos porque no se dispone de referencias de que en el país puedan encontrarse en concentraciones altas en el agua de las fuentes de abastecimiento. Por otra parte, un gran número de países no ha considerado a estos elementos dentro de sus normativas sanitarias para el agua potable.^{19,20}

La *International Organization for Standardization* (ISO) y la Farmacopea Europea, al igual que la AAMI, incluyen a estos cinco contaminantes en los requisitos de calidad del agua para hemodiálisis, por lo que se decidió incorporarlos en el control sanitario de este tipo de agua en el país.^{21,22}

Es importante destacar que, aunque no fue reflejado explícitamente en el documento guía, los operarios de las plantas de tratamiento de agua para hemodiálisis realizan controles diarios al agua a la entrada a la planta y a la salida de cada componente, así como al agua tratada. Estos consisten en:

- Conductividad eléctrica.
- Cloro y cloraminas.
- Dureza total. En este caso se ha fijado un nivel máximo para el agua a la salida de los descalcificadores de 17,24 mg/L de CO₃Ca y de 21,57 mg/L de CO₃Ca en el agua tratada por ósmosis inversa, como se refirió anteriormente.

Los resultados de estas determinaciones son registrados diariamente por el operario de la planta de tratamiento de agua y revisados por el jefe de servicio de hemodiálisis de cada institución de salud.

Actualmente no existe una armonización internacional en los criterios con respecto a los límites microbiológicos recomendados para agua de hemodiálisis, los medios de cultivo empleados en los análisis, así como los tiempos de incubación. Por ejemplo, el límite de microorganismos fijado por la AAMI (conteo total de bacterias heterótrofas) es el doble que el establecido por la farmacopea europea; sin embargo, se espera en los próximos años una mejor unificación de estos tópicos, lo cual es el objetivo fundamental de ISO.

Pseudomonas aeruginosa representa un problema importante de salud en centros hospitalarios, especialmente cuando se trata de pacientes con cáncer, quemados y con tratamiento de hemodiálisis. Es una bacteria invasiva, aunque tiene un potencial de generación de endotoxinas relativamente bajo.²³

Una vez que se establece la infección, *Pseudomonas aeruginosa* produce una serie de compuestos tóxicos que causan no solo daño tisular extenso, sino adicionalmente interfieren con el funcionamiento del sistema inmune. La razón de la elevada patogenicidad que la caracteriza no está completamente esclarecida; sin embargo, se considera que la amplia variedad de factores de virulencia que produce incide directamente sobre la elevada tasa de mortalidad asociada a esta.

Es sumamente difícil eliminar la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en el sistema de tratamiento de agua para hemodiálisis y tiene la posibilidad de colonizar biopelículas (biofilm bacteriano). El desarrollo de biofilm bacteriano en el circuito hidráulico de las unidades de hemodiálisis se previene con el uso frecuente de una variedad de estrategias de desinfección química y de calor.

El análisis de *Pseudomonas aeruginosa* no ha sido incluido en las normativas de la AAMI, pero en algunos países existe una recomendación especial para esta bacteria (< 1 UFC/50 mL en Austria, < 1UFC/100 mL en Alemania y < 1 UFC/250 mL en Italia).²⁴ En Hispanoamérica también hay países que la contemplan en sus programas como son Uruguay y Argentina, entre otros.

En Cuba se han desarrollado varias investigaciones en las cuales se ha realizado el análisis de *Pseudomonas aeruginosa* en el agua tratada para hemodiálisis, para evaluar la calidad microbiológica de esta.²⁵⁻²⁸ También fue estudiada su presencia en la investigación sobre hemodiálisis concluida en el 2010 en el INHEM.

Según los elementos planteados anteriormente, se decidió incluir en la guía la determinación de *Pseudomonas aeruginosa*.

CONSIDERACIONES FINALES

La guía cubana para la vigilancia de la calidad física, química y microbiológica de agua para hemodiálisis elaborada da respuesta a una necesidad de las autoridades sanitarias de contar con una herramienta cubana para evaluar la calidad del agua para hemodiálisis que se emplea en el país, tomando en consideración las características y experiencias nacionales. Este documento contribuye a perfeccionar la vigilancia de la calidad de las aguas para hemodiálisis, a nivel nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García Melián M, Terry Berro CC. Características químicas de las aguas destinadas a la hemodiálisis en Hospitales de Cuba. Rev Cubana Hig Epidemiol [Internet]. 1997 [citado: 20 de junio de 2011]; 35(1): 7-10 . Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30031997000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
2. Subprograma de Control sanitario del Agua. Infomed. Salud ocupacional. La Habana: Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas; 1999-2011 [actualizado 1ro. de febrero de 2011; citado: 20 de junio de 2011]. Disponible en: <http://www.aps.sld.cu/bvs/materiales/programa/otros/proagua.pdf>
3. INEF. Guía de buenas prácticas de hemodiálisis [Internet]. La Habana: INEF; 2003 [citado: 10 de junio de 2011]. Disponible en: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/nefrologia/guia_de_buenas_practica_clinicas_en_hemodialisis_1.pdf
4. AAMI: Water Treatment Equipment for Hemodialysis Applications (ANSI/AAMI RD62:2006). American National Standard. Arlington (VA): AAMI, 2006.
5. García Melián M, Sosa M, Cuéllar L, Rodríguez L, Cangas Rancaño R. Sistema de vigilancia de fluoruro en aguas de consumo en Cuba. Rev Cubana Hig Epidemiol [Internet]. 2002 [citado: 20 junio 2011]; 40(2):136-42. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032002000200009&lng=es
6. García Roche M, García Melián M, Cañas Pérez R. Nitratos, nitritos y compuestos de N-nitroso. En: Biblioteca electrónica: Publicaciones del Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (ECO). 1997. Lima: CEPIS, agosto de 2007 (REPINDEX No. 92).
7. García M, Hernández MT. Estudio de los niveles de plomo en agua de consumo en Cuba. Salud Pública de México, 2003; 45(Supl. 2):26-4.
8. Hernández MT, García M, Cañas R, Sardiñas O. Fracciones biodisponibles de arsénico, plomo, cadmio y mercurio en sedimentos de corrientes superficiales. En: Biblioteca electrónica sobre arsénico y sus consecuencias en la salud y el ambiente. Lima: CEPIS; 2005 (REPINDEX,85).

9. Amato R. Water Treatment for Hemodialysis - Updated to Include the Latest AAMI Standards for Dialysate (RD52: 2004). *Nephrol Nurs J.* 2005;32(2):151-69.
10. Alonso Domínguez G, Pérez de los Reyes R, coordinadores. Estado del medio ambiente. En: Fernández Márquez A, Pérez de los Reyes R, editores GEO Cuba. Evaluación del medio ambiente cubano. Capítulo II [Internet]. La Habana; 2009 [citado: 13 de diciembre de 2011]. Disponible en: <http://www.medioambiente.cu/Sitio%20web%20GEO/files/Capitulo%20II.pdf>
11. UNEP, UNESCO, WHO. Water Quality Assessments. A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring. Cambridge: University Press, 1996.
12. Ahmad S. Essentials of water treatment in hemodiálisis. *Hemodialysis International.* 2005;9(2):127-34.
13. Drinking Water Contaminants. National Primary Drinking Water Regulations [Internet]. Washington, DC: EPA USEPA; 2011 [citado: 13 de diciembre de 2011]. Disponible en: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm>
14. García M, Castanedo I, Sánchez R, Sardiña O. Evaluación sanitaria del mercurio en agua destinadas al consumo. *Rev Cubana Hig Epidemiol.* 1992;30(2):114-8.
15. García Melián M, Sánchez González R, Castanedo Rojas I, Zamora Elorriaga MC. Arsénico, carcinógeno potencial en agua de consumo. En: *Arsénico en el agua para consumo humano.* Lima: CEPIS; 2001 (REPINDEX No. 73).
16. García M, Castanedo I, Sardiña O, Martínez C, Valmaña J. Conocimiento de la distribución de frecuencias de las concentraciones de As, Cd y Pb encontradas en agua de la zona de captación de fuentes de abastecimiento de acueductos de más de 5 000 habitantes seleccionadas. En: *Memorias de XXII Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.* Vol. 1. Abastecimiento de Agua. San Juan: AIDIS, 1990:112-32.
17. García Melián M, Hernández Peñalver MT. Cadmium in river sediments. En: IAEA. *Proceeding Series. International Symposium on Harmonization of Health Related Environmental Measurements Using Nuclear and Isotopic Techniques.* STI/PUB. Viena: IAEA; 1997. p. 607-9.
18. WHO. *Guidelines for Drinking-water Quality. Incorporating the first and second addenda.* Vol 1. Recommendations. Geneva: WHO; 2008.
19. Prieto Díaz V, González González MI, García Melián M, Cepero Martín JA, Terry Berro CC, Rivera Díaz F. Actualización de los requisitos sanitarios del agua potable [DVD]. En: *Programa Ramal de Ciencia e Innovación Tecnológica: Protección del Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible Cubano, 1999-2009.* La Habana: CITMA; 2009.
20. Organización Panamericana de la Salud. Calidad del agua de bebida. Normas de calidad [Internet]. Washington, DC: OPS; 2006 [citado: 13 de diciembre de 2011]. Disponible en: <http://www.bvsde.opsoms.org/bvsacg/e/cd-cagua/index.html>
21. European Pharmacopoeia: Haemodialysis solutions, concentrated, water for diluting. 01/2003:1167. Strasbourg: European Pharmacopoeia, 2003: 3049.

22. ISO 13959: 2002. Water for hemodialysis and related therapies. Geneva: ISO; 2002.
23. Nystrand R. The microbial world and fluids in dialysis. Biomedical Instrumentation and & Technology. 2008(3-4): 150-9.
24. Nystrand R. Microbiology of Water and Fluids for Hemodialysis. J Chin Med Assoc. 2008;7(5): 223-29.
25. Torres VT, Esnard S, Sánchez G, Díaz O. Estudio microbiológico del agua para hemodiálisis. Rev Cubana Hig Epidemiol. 1999;37(1): 21-4.
26. Gómez D´Angelo Y, González González MI, Chiroles Rubalcaba S, García Cruet C. Calidad microbiológica del agua utilizada en la Unidad de Hemodiálisis del Instituto de Nefrología. Rev Cubana Hig Epidemiol [Internet]. 2006 [citado: 18 de febrero de 2010];44(1). Disponible en:
http://bvs.sld.cu/revistas/hie/vol44_1_06/hie03106.htm
27. Delgado M, Rodríguez A, Moreno E, Debrosse Z. Determinación de antibiotipos de *Pseudomonas aeruginosa* en estudios ambientales de la unidad de hemodiálisis del Hospital Docente Clínico Quirúrgico "Dr. Miguel Enríquez". Rev Mex Patol Clin. 2004;51(4): 226-30.
28. Rodríguez AU, Delgado M, Dujarric MD. Vigilancia químicobacteriológica de las aguas de sistemas de hemodiálisis en instituciones seleccionadas. Rev Cubana Hig Epidemiol [Internet]. 2007 [citado: 18 de febrero de 2010];45(3). Disponible en:
http://www.bvs.sld.cu/revistas/hie/vol45_3_07/hie06307.htm

Recibido: 27 de diciembre de 2011.
Aprobado: 18 de mayo de 2012.

Dra. C. *Maricel García Melián*. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Calle Infanta # 1158 e/ Clavel y Llinás. Municipio Centro Habana. La Habana, Cuba. Correo electrónico: maricel.garcia@infomed.sld.cu/isa@inhem.sld.cu