

Análisis de la calidad de las aguas de consumo en una región de Senegal. Estudio realizado en el marco de un proyecto de cooperación al desarrollo

DRINKING WATER QUALITY ANALYSIS IN A REGION OF SENEGAL. STUDY CARRIED OUT WITHIN THE FRAMEWORK OF AN DEVELOPMENT COOPERATION PROJECT

Teresa BENÍTEZ ROBREDO¹, Emiliano ROJAS GIL¹, Antonio PRIETO FERNÁNDEZ¹, Carlos GARCÍA BENÍTEZ²

¹ Instituto de Salud Pública de Madrid Salud. Ayuntamiento de Madrid. España.

² Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. España.

Correspondencia: Teresa Benítez Robredo. Pza de la Cancillería, 7. 28008 Madrid. Telf. +34 636212992. FAX: +34 913601536. Correo-e: benitezrmt@madrid.es

RESUMEN

El 80% de todas las enfermedades y más de un tercio de los fallecimientos en los países en desarrollo se deben al consumo de agua contaminada. En Senegal sólo el 65% de la población rural tiene acceso a fuentes mejoradas de agua. El abastecimiento de agua potable, mediante la construcción de pozos, es una de las medidas que más puede contribuir a mejorar la salud, pero es preciso asegurar la calidad del agua suministrada.

El objetivo de este estudio es comprobar la calidad del agua de los pozos construidos en el marco de un proyecto de cooperación al desarrollo. Se analizan muestras de 6 pozos de la región de Tambacounda, en dos laboratorios distintos, uno en Senegal y otro en Madrid, para comprobar los resultados. Se detecta la presencia de *Escherichia coli* en uno de los pozos. Con los criterios de la OMS, el contenido de hierro y manganeso supera al permitido en uno y dos pozos respectivamente. Ninguna de las aguas analizadas contiene cobre, cadmio, cromo, mercurio, plomo o arsénico. El agua de todos los pozos es segura para su utilización por la población. Los agentes de cooperación son responsables de asegurar la adecuada calidad de las fuentes de agua suministradas.

Palabras clave: Abastecimiento de agua, cooperación internacional, exposición a riesgos ambientales, arsénico, mercurio, plomo.

INTRODUCCIÓN

El agua es tan necesaria para la vida que es imposible sobrevivir sin ella más de unos días. Sin embargo, cuando el agua no es potable, su consumo puede acarrear graves problemas de salud y frenar el desarrollo de comunidades y países enteros.

El suministro de agua potable y el saneamiento ambiental son vitales para la protección del medio ambiente, el mejoramiento de la salud y la mitigación de la pobreza. Se estima que el 80% de todas las

enfermedades y más de un tercio de los fallecimientos en los países en desarrollo se deben al consumo de agua contaminada.^{1,2,3}

La meta 10 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) consiste en «reducir a la mitad para el año 2015 el porcentaje de personas sin acceso sostenible al agua potable y al saneamiento básico». Debido a la repercusión que esta medida tiene en un amplio espectro de enfermedades, es una de las metas de los ODM relacionadas con la salud.^{4,5}

Dada la magnitud del problema, la asamblea general de las Naciones Unidas proclamó el periodo 2005-2015 como Década Internacional para la Acción: Agua para la vida.⁶

La población de África subsahariana representa sólo el 11% de la población mundial pero casi la tercera parte de la población sin acceso al agua se encuentra allí.⁷ Según datos de UNICEF,⁸ en Senegal sólo el 65% de la población rural tiene acceso a fuentes mejoradas de agua potable. Por ello, una de las medidas que más puede contribuir a mejorar la salud de la población es el abastecimiento de agua potable mediante la construcción de pozos.

Se trata de una medida eficaz y sostenible que junto con una correcta eliminación de excretas conseguirá disminuir la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua y, especialmente, de enfermedades diarreicas.

Además de proporcionar agua, es preciso asegurar la calidad del agua suministrada. Es este un aspecto muy importante al que se debe prestar atención pues se ha comprobado un aumento de contaminación de las fuentes de agua, como ha ocurrido en Bangladesh,^{9,10} donde, según la OMS, se ha producido el mayor envenenamiento masivo de la historia, con 30 millones de personas afectadas por el arsénico.

La presencia de arsénico en el medio ambiente se debe a fenómenos naturales y también a ciertas actividades humanas (explotación minera, fundición de minerales, centrales eléctricas de carbón...), y no existe terapia contra el envenenamiento por el arsénico presente en el agua potable. La prevención es pues la única arma contra este problema, que afecta a un gran número de países, desde Bangladesh a Estados Unidos, pasando por Argentina, Chile,

China, Ghana, Grecia, Hungría, India o México o España.^{11,12}

En otros casos la contaminación se debe a actividades agrícolas o industriales como ha ocurrido recientemente con el plomo, en Nigeria.¹³ En China más de 26 millones de personas presentan fluorosis dental y más de un millón fluorosis ósea, debido a contaminación del agua de bebida. La OMS ha editado una guía para desarrollar planes de seguridad del agua.^{2,14}

El objetivo de este estudio es comprobar la calidad del agua de los pozos construidos en una región de Senegal, en el marco de un proyecto de cooperación al desarrollo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizan en el laboratorio de Salud Pública del Ayuntamiento de Madrid (España), muestras de agua de 6 pozos construidos por la Asociación Campamentos Solidarios en varios poblados de la región de Kedougou, Senegal (figura 1).

Estos análisis se comparan con los realizados, como requisito previo a su autorización, en los mismos pozos por el Laboratorio de Hidroquímica de la Universidad Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal.

Además de los parámetros químicos incluidos en el primer análisis se determinan otros como Cu, Cd, Cr, Pb Hg y As y se realiza también análisis microbiológico (coliformes, *E. coli*, enterococos y *Clostridium perfringens*).

Los valores paramétricos utilizados se ajustan a las especificaciones reguladas para aguas destinadas a consumo humano en España (RD 140/2003 de 7 de febrero).¹⁵

Las determinaciones analíticas físico-químicas y microbiológicas, se han realizado por métodos acreditados según Norma UNE-EN ISO 17025.

Figura 1. Regiones de Senegal.



RESULTADOS

En la tabla 1 se pueden comparar los datos obtenidos en los análisis realizados en los laboratorios de Senegal y España. En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en el análisis microbiológico y de metales pesados en el laboratorio de España.

Tabla 1. Comparativa de los parámetros analizados en Dakar y Madrid

Localización	Dalakoye		Badian Poblado		Kerekonko		Badian Campamento		Mako		Sibikiling Bassari	
	Dakar	Madrid	Dakar	Madrid	Dakar	Madrid	Dakar	Madrid	Dakar	Madrid	Dakar	Madrid
Laboratorio	Dakar	Madrid	Dakar	Madrid	Dakar	Madrid	Dakar	Madrid	Dakar	Madrid	Dakar	Madrid
Fecha muestra	29/06 2007	24/11 2009	29/06 2007	24/11 2009	29/06 2007	24/11 2009	14/07 2009	24/11 2009	14/07 2009	24/11 2009	14/07 2009	24/11 2009
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	585	749	592	661	535	344	485	402	340	326	185	172,4
pH	7,21	7,59	7,1	6,76	7,25	6,92	7,58	7,15	7,77	7,56	6,89	6,83
Sulfatos (mg/L)	16,72	---	20,98	---	29,61	---	1,83	---	2,93	---	2,75	---
Bicarbonatos (mg/L)	274,5	---	244	---	262,3	---	274,5	---	195,2	---	97,6	---
Carbonatos (mg/L)	0	---	0	---	0	---	0	---	0	---	0	---
Nitritos (mg/L)	---	0,65	---	<0,02	---	<0,02	---	<0,02	---	<0,02	---	<0,02
Nitratos (mg/L)	0	129,4	12,48	110,5	1,54	31,8	0	<1	0	<1	2,51	18,1
Fluoruros (mg/L)	0,12	0,1	0,14	0,07	0,09	0,2	0,02	1,1	0,36	0,4	0,46	0,5
Calcio (mg/L)	38,12	93,9	40,02	63,3	37,4	31,8	48,74	47,6	13,91	14,5	13,88	13,1
Magnesio (mg/L)	38,25	39	22,36	37	25,51	18	15,31	22	23,16	26	3,91	4
Sodio (mg/L)	15,24	17,6	38,06	14	25,23	18	13,86	12,5	18,66	20,5	14,8	16,2
Potasio (mg/L)	1,09	0,98	12,17	1,2	1,75	0,81	0,22	0,73	1,64	1,6	2,45	1,6
Hierro (mg/L)	0,17	0,12	0,18	0,2	0,21	0,89	0,23	<0,1	1,26	0,25	6,05	0,16
Manganeso (mg/L)	---	0,41	---	0,01	---	0,01	---	0,2	---	0,13	---	0,46

El contenido en manganeso es superior al permitido, utilizando los parámetros españoles (0.05 mg/l), en 4 de las muestras analizadas (Dalakoye, Campamento de Badian, Mako y Sibikiling Bassari) o en dos muestras (Dalakoye y Sibikiling Bassari), si utilizamos los parámetros de la OMS (0.4 mg/l). El contenido de hierro es superior en tres muestras (Poblado de Badian, Kerekonko y Mako) según los parámetros utilizados en España (0.2 mg/l) y en una (Kerekonko) con los parámetros de la OMS (0.3 mg/l). En el análisis efectuado en Dakar se halló un contenido muy elevado en hierro en el agua del poblado Sibikiling Bassari que no se comprueba en el análisis realizado posteriormente en España.^{15,16}

En los análisis realizados en España, las concentraciones de nitratos superan a lo permitido en dos de las muestras, a pesar de que estos parámetros tuvieron un valor normal en la determinación realizada en el país de origen.

Ninguna de las aguas analizadas contiene cobre, cadmio, cromo, mercurio, plomo o arsénico, en cantidad superior a la permitida.

En este estudio, además de *Escherichia coli* se han analizado coliformes, enterococos y *Clostridium*. Sólo uno de los pozos (Mako) está libre de estos microorganismos, en el resto se ha detectado la presencia de coliformes y/o enterococos en pequeñas cantidades y en uno de ellos (Campamento de Badian) se ha detectado *E. coli*, también en pequeñas cantidades.

DISCUSIÓN

Para la evaluación de la calidad del agua de consumo se han establecido valores de referencia para las sustancias potencialmente peligrosas. Para mejorar y proteger la salud pública puede ser preciso establecer diferentes prioridades de gestión para

parámetros diferentes. Por lo general, se establece el orden de prioridad siguiente:¹⁶

- » Garantizar un suministro adecuado de agua microbiológicamente inocua y mantener su aceptabilidad para disuadir a los consumidores de consumir agua potencialmente menos segura desde el punto de vista microbiológico.
- » Controlar los principales contaminantes químicos reconocidos como causantes de efectos adversos para la salud.
- » Gestionar otros contaminantes químicos.

Los riesgos para la salud relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Para ello se deben realizar análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, pero también se puede incluir, en algunas circunstancias, la determinación de las concentraciones de patógenos específicos.

La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo incluye el análisis de la presencia de *Escherichia coli*, un indicador de contaminación fecal. No debe haber presencia en el agua de consumo de *E. coli*, ya que constituye una prueba concluyente de contaminación fecal reciente. En ciertos casos, puede ser deseable incluir en los análisis microorganismos más resistentes, como bacteriófagos o esporas bacterianas, por ejemplo cuando se sabe que el agua de origen que se usa está contaminada con virus y parásitos entéricos, o si hay una incidencia alta de enfermedades virales y parasitarias en la comunidad.

Es necesario higienizar el agua para consumo, incluso cuando se haya comprobado en un análisis puntual la ausencia de microorganismos. Esta higienización deberá realizarse con biocidas específicos

Tabla 2. Análisis microbiológico y de metales pesados realizados en Madrid.
Fecha de la muestra: 24/11/2009.

Parámetros	Unidades	Pozos					
		Dalakoye	Badian Poblado	Kerekonko	Badian Campamento	Mako	Sibikiling Bassari
Cobre	mg/l	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
Cadmio	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cromo	µg/l	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Mercurio	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Plomo	µg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Arsénico	µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Coliformes	ufc/100ml	>70	49	<4	>70	0	>70
<i>E. coli</i>	ufc/100ml	0	0	0	13	0	0
Enterococos	ufc/100ml	0	0	0	0	0	>70
<i>Clostridium perfringens</i>	ufc/100ml	0	0	0	0	0	0

como por ejemplo cloro en forma de hipoclorito en concentración residual de 1.5 a 2 mg/l de cloro.

Conductividad

Todas las aguas analizadas presentan unos índices de conductividad que indican débil mineralización, es decir que se trata de aguas blandas o muy blandas.

pH

Aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua, siendo su valor óptimo generalmente de 6,5 a 9,5. Todas las determinaciones realizadas se encuentran en este rango y las variaciones entre los análisis realizados en el país de origen y en el laboratorio de referencia no son significativas.

Sulfatos

La presencia de sulfato en el agua de consumo puede generar un sabor apreciable y en niveles muy altos provocar un efecto laxante en consumidores no habituados. No se ha determinado ningún valor de referencia basado en efectos nocivos sobre la salud para el sulfato. A pesar de haberse realizado esta determinación en los análisis efectuados en el país de origen, no se ha considerado necesario realizar la determinación en el laboratorio de referencia.

Nitratos y nitritos

El nitrato y el nitrito son iones de origen natural que forman parte del ciclo del nitrógeno. El nitrato se utiliza principalmente en fertilizantes inorgánicos, y el nitrito sódico como conservante alimentario, especialmente para las carnes curadas. La concentración

de nitrato en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtración o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares.

En este estudio se han detectado concentraciones elevadas de nitratos en los pozos de Dalakoye y Poblado de Badian, será preciso comprobar si se debe al uso de fertilizantes, aunque es muy poco probable dado el escaso desarrollo agrario de la zona, o a contaminación por excretas animales o humanas.

Las diferencias entre los resultados de los análisis de Dakar y Madrid en algunas muestras son probablemente debidas al distinto momento en la recogida de las muestras.¹⁷

Hierro

En niveles por encima de 0,3 mg/l, el hierro mancha la ropa lavada y los accesorios de fontanería. Por lo general, no se aprecia ningún sabor en aguas con concentraciones de hierro menores que 0,3 mg/l, aunque pueden aparecer turbidez y coloración. No se ha determinado ningún valor de referencia basado en efectos nocivos sobre la salud para el hierro.

En las aguas subterráneas anaerobias puede haber concentraciones de hierro ferroso de hasta varios miligramos por litro sin que se manifieste alteración alguna del color ni turbidez al bombearla directamente desde un pozo. Sin embargo, al entrar en contacto con la atmósfera, el hierro ferroso se oxida a férrico, tiñendo el agua de un color marrón rojizo. En los análisis efectuados en Madrid, sólo el pozo de Kerekonko presenta concentraciones algo más elevadas de hierro pero no se han comprobado problemas para su utilización por la población. Es

importante conocer esta situación para poder explicar la inocuidad de su uso en caso de que se produzca un rechazo al consumo. La cifra tan elevada de hierro obtenida en la muestra del pozo de Sibikiling Bassari en el análisis realizado en Senegal, puede deberse al hierro de las tuberías de perforación porque la muestra fue tomada en el momento de la construcción del pozo.

Manganeso

Con respecto al contenido de manganeso sólo los pozos de Dalakoye y Sibikiling Bassari superan ligeramente los límites establecidos por la OMS (0.4mg/l), la presencia de Mn en el agua produce un sabor desagradable y mancha la ropa y los utensilios lavados con ella, es importante informar a la población sobre este problema, insistiendo en la seguridad de su uso.

Cobre

El cobre es un nutriente esencial y, al mismo tiempo, un contaminante del agua de consumo. En estudios recientes se ha definido el umbral de concentración de cobre en el agua de consumo que produce efectos sobre el aparato digestivo, pero todavía hay ciertas dudas respecto a los efectos del cobre a largo plazo en poblaciones sensibles, como los portadores del gen de la enfermedad de Wilson o los afectados por otros trastornos metabólicos de la homeostasis del cobre. Actualmente, el valor de referencia provisional, basado en efectos sobre la salud, es de 2 mg/l, ninguna de las determinaciones realizada supera esta cantidad.

Cadmio

La absorción de los compuestos de cadmio depende de su solubilidad. El cadmio se acumula principalmente en los riñones y su semivida biológica en el ser humano es prolongada, de 10 a 35 años. Hay pruebas de que el cadmio es cancerígeno por inhalación, no obstante, no hay pruebas de que sea cancerígeno por vía oral.¹⁸ Todas las aguas analizadas tienen un contenido de cadmio menor de 0.003 mg/l, cantidad aceptada para el agua de consumo.

Cromo

El cromo es un elemento distribuido extensamente en la corteza terrestre, actualmente no se han constatado sus efectos tóxicos para el riñón o su capacidad cancerígena, sí se conoce la capacidad cancerígena del cromo hexavalente por inhalación. En este estudio ninguna de las aguas analizadas tenía un contenido en cromo superior al permitido (0.05 mg/l)

Mercurio

Los alimentos son la fuente principal de mercurio en las poblaciones que no están expuestas por motivos laborales. Los efectos tóxicos de los compuestos inorgánicos de mercurio se observan principalmente a nivel renal.

En este estudio se investigó específicamente la presencia de mercurio porque se sabe que este mineral se utiliza en esta zona para la extracción de oro. El trabajo en las minas de oro es una de las ocupaciones principales de la población de esa zona de Senegal, en ella participan hombres, mujeres y niños y es causa de accidentes y enfermedades y responsable de muchas muertes. Se pensó que podría estar dando lugar a una contaminación ambiental que no se ha comprobado en los análisis efectuados.

Plomo

El plomo es una sustancia tóxica general que se acumula en el esqueleto. Los lactantes, los niños y las mujeres embarazadas son las personas más vulnerables a sus efectos adversos. El plomo es tóxico tanto para el sistema nervioso central como para el periférico e induce efectos neurológicos extraencefálicos y efectos cognitivos y conductuales, afectando al desarrollo mental.

La contaminación por plomo es un importante problema de salud pública en lugares con instalaciones antiguas que utilizaron este material. El plomo que se encuentra en el agua proviene principalmente de instalaciones de fontanería domésticas que contienen plomo en las tuberías. Dado que las aguas analizadas han sido extraídas directamente de los pozos y que no existe red de distribución de agua en la zona no se esperaba detectar este contaminante.

Arsénico

Una exposición prolongada al arsénico, aunque sea a niveles muy bajos de concentración, puede provocar cánceres y otros efectos nocivos en la salud humana.

Cuando hace varias décadas el Gobierno de Bangladesh inició junto a varias organizaciones internacionales y empresas privadas un esperanzador proyecto de canalización de aguas subterráneas en el país, nadie imaginaba las consecuencias que esta medida podría tener. La extracción de agua de pozos subterráneos se perfilaba entonces como la mejor solución que tenía el país para reducir la incidencia de las enfermedades diarreicas provocadas por el consumo de agua de ríos y lagunas, no se vio que este agua contenía altos niveles de arsénico,⁸⁻¹⁰ lo que ha dado lugar a un envenenamiento masivo pues, según datos de la OMS, 30 millones de personas están afectadas por el arsénico en este país.

No se ha detectado arsénico en ninguno de los análisis realizados. Aunque no parecía probable el hallazgo de este tóxico en Senegal, se consideró conveniente realizar su determinación para evitar las graves consecuencias que esto podría tener, pues a los efectos nocivos de la intoxicación hay que sumar la desconfianza de la población para el consumo del agua proporcionada y el descrédito para las organizaciones de ayuda al desarrollo que participan en la creación de estas infraestructuras.

Los proveedores de agua de consumo son responsables de la calidad y la inocuidad del agua que producen. Para que los programas de gestión de la calidad del agua de consumo comunitaria sean eficaces y sostenibles, es preciso que cuenten con el apoyo activo y la participación de las comunidades locales.

Éstas deben participar en todas las etapas de dichos programas: los estudios iniciales; las decisiones sobre la ubicación de pozos, la ubicación de los puntos de extracción de agua o la creación de zonas de protección; el monitoreo y la vigilancia de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo; la notificación de averías, la realización de tareas de mantenimiento y adopción de medidas correctoras; y las actividades de apoyo, incluidas las relativas a prácticas de saneamiento e higiene.¹⁶

Se puede concluir que el agua de todos los pozos tiene una calidad muy aceptable y es segura desde el punto de vista microbiológico lo que facilita su aceptación y utilización por la población. Los valores de los parámetros analizados en ambos laboratorios tales como conductividad, pH, nitratos, flúor, calcio, magnesio, sodio, potasio y hierro presentan variaciones que, en la mayoría de los casos, se pueden atribuir al diferente momento de recogida de las muestras.

Las determinaciones efectuadas en el país de origen, previas a la autorización de los pozos, son fiables pero incompletas, dado que no incluyen análisis microbiológico ni varios parámetros químicos nocivos para la salud.

Si no existen suficientes garantías de que se realicen controles periódicos para asegurar la adecuada calidad de las aguas a nivel de las comunidades locales, será responsabilidad de los agentes de cooperación comprobar la calidad de las fuentes de agua suministradas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Programa 21 de Naciones Unidas, Sección II, Capítulo 18. Conservación y Gestión de los Recursos para el Desarrollo, Protección de la Calidad y el Suministro de los Recursos de Agua Dulce: Aplicación de Criterios Integrados para el Aprovechamiento, Ordenación y uso de los Recursos de Agua Dulce. Disponible en: http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/res_agenda21_18.shtml
2. Organización Mundial de la Salud. Relación del agua, el saneamiento y la higiene con la salud. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/es/
3. Prüss A, Kay D, Fewtrell L, Bartram J. Estimating the burden of disease from water, sanitation, and hygiene at a global level. *Environ Health Perspect.* 2002; May;110:537-42.
4. Objetivos de Desarrollo del Milenio. Informe 2010. Naciones Unidas. Nueva York 2010. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/reports.shtml>
5. Hutton G, Bartram J. Global costs of attaining the Millennium Development Goal for water supply and sanitation. *Bulletin of the World Health Organization*, January 2008, 86 (1). Disponible en: <http://www.who.int/bulletin/volumes/86/1/07-046045-ab/en/>
6. ONU- Agua. Informe "El agua, fuente de vida. 2005-2015". Disponible en: <http://www.un.org/waterforlifedecade/background.html>
7. UNICEF. Informe "Progreso para la Infancia. Un balance sobre Agua y Saneamiento" 2006. Disponible en: http://www.unicef.org/spanish/wash/index_36021.html
8. UNICEF. Informe sobre el Estado mundial de la infancia 2009. Disponible en: <http://www.unicef.org/spanish/sowc09/>
9. Alex Heikens. Arsenic contamination of irrigation water, soil and crops in Bangladesh: Risk implications for sustainable agriculture and food safety in Asia. FAO 2006. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/ag105e/ag105e00.pdf>
10. Kinley DH and Zabed H. Poisoned waters. 2003 January/February World Watch magazine. Disponible en: <http://www.worldwatch.org/node/529>
11. UNICEF. Arsenic mitigation in Bangladesh. Disponible en: http://www.unicef.org/bangladesh/Arsenic_Mitigation_in_Bangladesh.pdf
12. Aragonés Sanz N, Palacios Díez M, Avello de Miguel A, et al. Nivel de Arsénico en abastecimientos de agua de consumo de origen subterráneo en la Comunidad de Madrid. *Rev. Esp. Salud Pública* 2001; 75: 421-32
13. Más de 100 niños nigerianos mueren envenenados por plomo al buscar oro. *El País.* 6 de junio 2010; p. 10 (col.1-5)
14. Bartram J, Corrales L, Davison A, et al. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2009. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/publication_9789241562638/es/index.html
15. RD 140/2003 de 7 de febrero. Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano
16. Guías para la calidad del agua potable. Tercera edición. Organización Mundial de la Salud, 2006. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/index.html
17. Muñoz H, Armienta MA, Vera A y Ceniceros N. Nitrato en el agua subterránea del Valle de Huamantla, Tlaxcala, México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 2004; 20: 91-7.
18. Blanco Hernández AL, Alonso Gutierrez D, Jiménez de Blas O, et al. Estudio de los niveles de Plomo, Cadmio, Zinc y Arsénico, en aguas de la provincia de Salamanca. *Rev. Esp. Salud Pública* 1998; 72:53-65