

REMOCIÓN DE HIERRO Y MANGANESO EN LA PLANTA POTABILIZADORA DEL RAMAL PEÑÓN-TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

Patricia Flores Ordeñana, Juana Vázquez Ocampo

Gerencia Técnica

Gerencia Regional de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala

Comisión Nacional del Agua

Av. José Loreto Fabela No. 868 Col. San Juan de Aragón. C. P. 07950, México, D. F.
Tel: 21-58-10-00 Ext. 4849 E-mail: patricia.flores@cna.gob.mx; juana.vazquez@cna.gob.mx

RESUMEN

Los problemas por turbiedad, hierro y manganeso, son frecuentes en el país, tanto en aguas superficiales como en fuentes subterráneas, con las consecuentes quejas por parte de los usuarios. Tal es el caso de algunas colonias de la zona noreste de la Ciudad de México, particularmente Ciudad Nezahualcóyotl.

Derivado de lo anterior, la Gravamex y SC, decidió construir la “Planta Potabilizadora del Ramal Peñón – Texcoco”, ubicada en el kilómetro 5+040 de la Autopista Federal de Cuota Ramal Peñón Texcoco, Municipio de Texcoco, Estado de México.

Con la puesta en marcha de la Planta Potabilizadora, se ha logrado remover el hierro y manganeso de tal forma que se cumpla con la norma de agua potable. Los resultados indican que el influente de la Planta presenta concentraciones promedio de hierro y manganeso de 0.038 mg/l y 0.50 mg/l, respectivamente; mientras que en el efluente en algunas ocasiones no se han detectado, lo que implica remociones por arriba del 95 %.

INTRODUCCIÓN

En México y en el mundo gran parte de las fuentes de abastecimiento de agua subterránea se ven afectadas por la presencia de hierro (Fe) y manganeso (Mn), los cuales se encuentran en forma soluble que al oxidarse, ya sea al momento de la cloración o con el oxígeno del aire, se precipitan generando un color oscuro que provoca el rechazo de los consumidores, manchan la ropa, obstruyen tuberías, accesorios y bombas. Hasta el momento no se conocen efectos nocivos de estos elementos para la salud, sin embargo, las concentraciones elevadas de mangane-

so pueden acelerar el crecimiento biológico en los sistemas de distribución y contribuir a los problemas de sabor y olor en el agua, así mismo aumentan la demanda de cloro u otros oxidantes aplicados en la desinfección.

Por su parte, el agua de abastecimiento que actualmente se suministra del Ramal Peñón-Texcoco a la zona noreste de la ciudad de México, contiene cloruros, sodio, hierro y manganeso en concentraciones que exceden la Norma Oficial Mexicana para agua potable NOM-127-SSA1-2000. El sistema de abastecimiento del mismo Ramal consta de 14 pozos profundos conectados a una línea de conducción de los cuales 7 pozos se encuentran ubicados en plataformas dentro del Lago Nabor Carrillo y los 7 pozos restantes se localizan en el camellón sobre la carretera federal de la autopista México-Texcoco.

Estudios previos realizados por la Gerencia Regional de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala (Gravamex y SC) de la Comisión Nacional del Agua, indican que el origen de la contaminación del agua subterránea que alimenta a dicho ramal, es natural. El hierro y manganeso son elementos que se encuentran comúnmente en rocas y suelos, de donde son fácilmente disueltos o acarreados por las aguas, en especial si son ácidas.

En el agua subterránea estos materiales se disuelven y se convierten en bicarbonatos de hierro y manganeso, estado en el que no presentan coloración alguna. Cuando el líquido se extrae del pozo, absorbe oxígeno del aire y el ión ferroso se oxida a férrico, confiriendo al agua un color café rojizo que resulta inaceptable para los consumidores. A concentraciones por arriba de la norma de agua potable (0.3 mg/l), mancha la ropa lavada con esa agua y a concentraciones por arriba de los 0.5 mg/l, produce incrustaciones visibles en los ademes y tuberías y, disminuye el rendimiento de los pozos.

Desde el punto de vista de salud, el hierro y manganeso no representan riesgos para la población como ya se mencionó; sin embargo, provocan problemas de aceptación por parte de los consumidores. En México, en el Diario Oficial de la Federación del 18 de enero de 1996, se publicó la Norma Oficial Mexicana, NOM-127-SSA1-1994, (última actualización realizada en el año 2000) en la que se establecen los límites permisibles de calidad de agua para uso y consumo humano, así como el tratamiento a que se debe someter para su potabilización, tomando como referencia las guías propuestas por la Organización Mundial de la Salud (1985; 1990; 1992) y la Organización Panamericana de la Salud (1987), de tal manera que se consideran no solamente aquellos contaminantes que inciden de manera directa sobre la salud humana, sino también aquellos que afectan la acep-

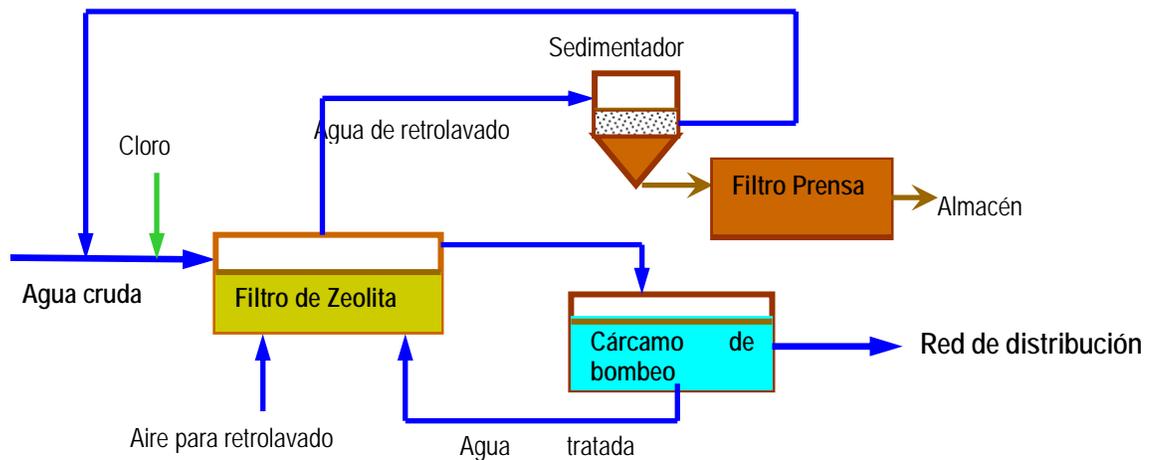
tación del abastecimiento, debido a su capacidad para conferirles color, olor y sabor desagradables: turbiedad, hierro y manganeso.

Derivado de lo anterior, la Gravamex y SC decidió en el año de 1999 construir la "Planta Potabilizadora del Ramal Peñón – Texcoco", ubicada en el kilómetro 5+040 de la Autopista Federal de Cuota Ramal Peñón - Texcoco, Municipio de Texcoco, Estado de México; comenzando a operar en el año 2003.

El esquema de tratamiento (Figura No.1) de la Planta Potabilizadora consta de:

- Cloración y filtración rápida en zeolita verde tipo *clinoptilolita* (ocho filtros de 5 X 4.1 m, y 0.7 m de lecho filtrante)
- Oxidación de Mn (II) y Fe (II) durante la cloración
- Sedimentación del agua de retrolavado de filtros (sedimentador de 457 m³)
- Generación, prensado y almacenamiento de los lodos generados.
- Almacenamiento y bombeo de agua para retrolavado y para la red de distribución.

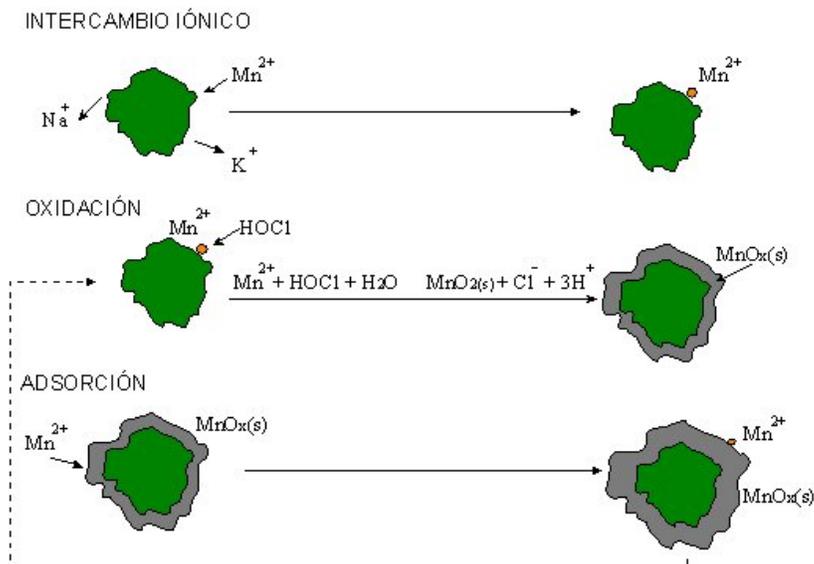
Figura No. 1 Esquema de tratamiento de la Planta Potabilizadora



La tecnología para la remoción de hierro y manganeso está basada en un proceso de adsorción con zeolita que consiste en la combinación de tres procesos:

1. Intercambio iónico como fase inicial, donde el manganeso disuelto se fija en la superficie de la zeolita;
2. Oxidación del manganeso sobre la superficie del medio, la cual permite la formación de una película de óxidos ($MnOX_{(s)}$) sobre el grano del material y
3. Remoción del manganeso disuelto en el agua, por adsorción sobre la película de óxidos formada sobre el grano del material.

Figura No. 2 Etapas del proceso de formación de la capa de óxidos de manganeso



Esta película es altamente selectiva de los iones de manganeso (Mn(II)), seguida de los iones de hierro (Fe(II)). Oxidando el manganeso adsorbido en la superficie del grano, se regenera la capacidad de adsorción del medio asegurando una continua remoción de hierro y manganeso durante la filtración. Debido a la oxidación se forma una nueva superficie cuya composición varía continuamente, y la cual tiene propiedades diferentes que el adsorbente original (zeolita).

La dosis de oxidante necesaria para mantener la capacidad de adsorción del medio de contacto se determina con base en la demanda de cloro, más 0.5-0.7 mg/L de cloro residual libre, o su equivalente en el caso de utilizar otro tipo de oxidante. La aplicación del oxidante en línea, en el influente del filtro, garantiza la remoción de los dos contaminantes, la regeneración del medio y largas carreras de filtración sin mermar la calidad del filtrado.

El medio de contacto se prepara triturando zeolita natural en fracciones comprendidas entre 0.86 y 2.0 mm, ya que esta granulometría permite operar a altas tasas de filtración (del orden de $15\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$) sin ocasionar grandes pérdidas de carga hidráulica.

Para acondicionar la zeolita, ésta se pone en contacto con agua que contenga manganeso en forma disuelta, el cual se retendrá sobre la zeolita por intercambio iónico. El siguiente paso es oxidar el Mn(II) adsorbido sobre la superficie de la zeolita con la finalidad de formar la película sorbente de óxidos de manganeso. Como oxidante se puede aplicar hipoclorito de sodio (NaHOCl) y alternativamente tam-

bién ácido clorhídrico (HCl), permanganato de potasio (KMnO₄), cloro (Cl₂) u ozono (O₃).

La “Planta Potabilizadora del Ramal Peñón – Texcoco”, cuenta con un sistema de retrolavado de los filtros basado en aire y agua, cuenta además con un sedimentador cuyo volumen funcional es de 276.75 m³, de geometría circular, con un diámetro de 12 m. El agua clarificada se bombea desde el sedimentador a la línea de agua cruda y los lodos se evacúan por bombeo a unos filtros prensa.

OBJETIVO

Determinar la eficiencia de remoción de hierro y manganeso en la “Planta Potabilizadora del Ramal Peñón – Texcoco” y verificar que cumpla con los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2000, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano.

METODOLOGÍA

Se llevaron a cabo muestreos de la calidad del agua del influente y efluente de la Planta. La toma de muestras se hizo de acuerdo al “Standar Methods for the examination of Water and Wastewater” Edition 19, año 1995.

Se han realizado análisis fisicoquímicos (cloro residual, hierro, manganeso y sólidos disueltos, entre otros) y bacteriológicos (coliformes totales y fecales), a partir del inicio de operación de la Planta, midiéndose a su vez los caudales tratados.

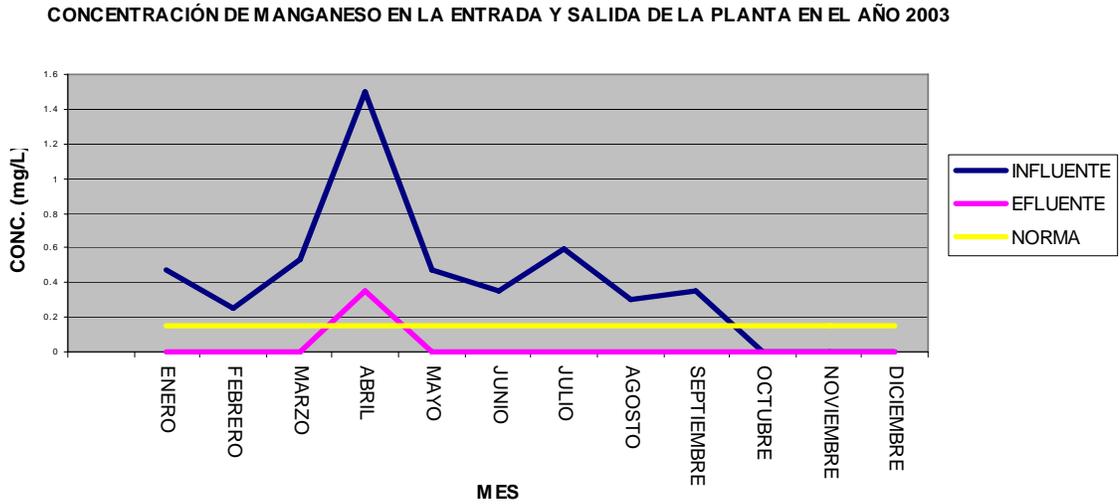
Adicionalmente se realizaron en campo las siguientes determinaciones:

- pH
- Temperatura del agua y ambiente
- Conductividad

RESULTADOS

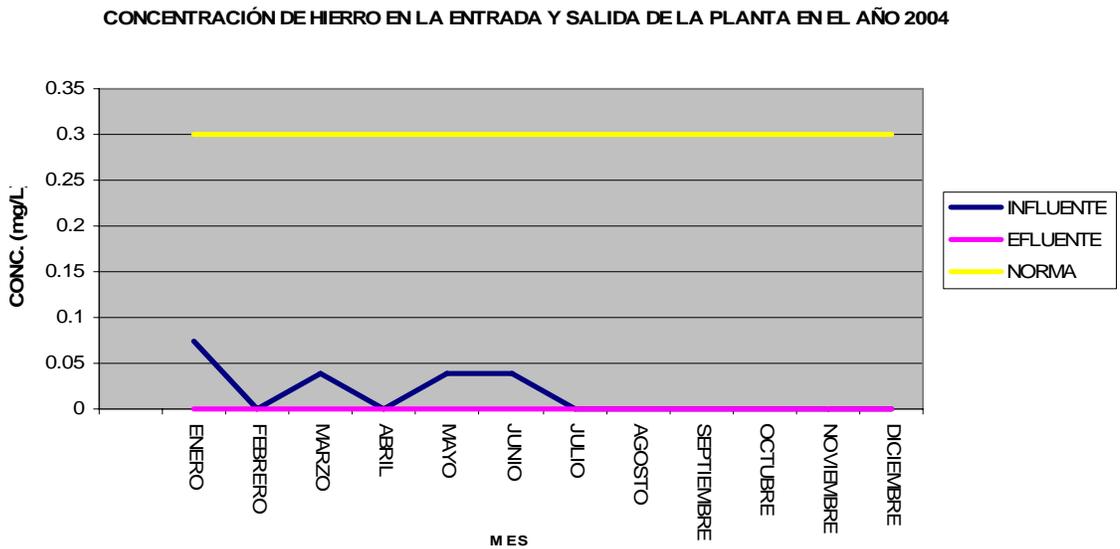
Los caudales promedio tratados en la Planta, fluctúan entre 640 y 680 l/s. En la Figura No. 3, se muestran los resultados de la concentración de manganeso a la entrada y salida de la Planta Peñón – Texcoco en el año 2003. Teniéndose una concentración máxima a la entrada de 1.5 mg/L y a la salida de 0.35 mg/L. En cuanto a la concentración de hierro para ese año no fue posible detectar la concentración a la entrada, por ser esta menor al límite de detección del aparato analítico empleado.

Figura No. 3 Comportamiento del manganeso en el año 2003



En la Figura No. 4, se presenta la concentración de hierro a la entrada y salida de la planta en el año 2004. Se observa que las concentraciones encontradas a la entrada son inferiores a lo que señala la norma, siendo la mínima de 0.038 mg/L y la máxima de 0.075 mg/L.

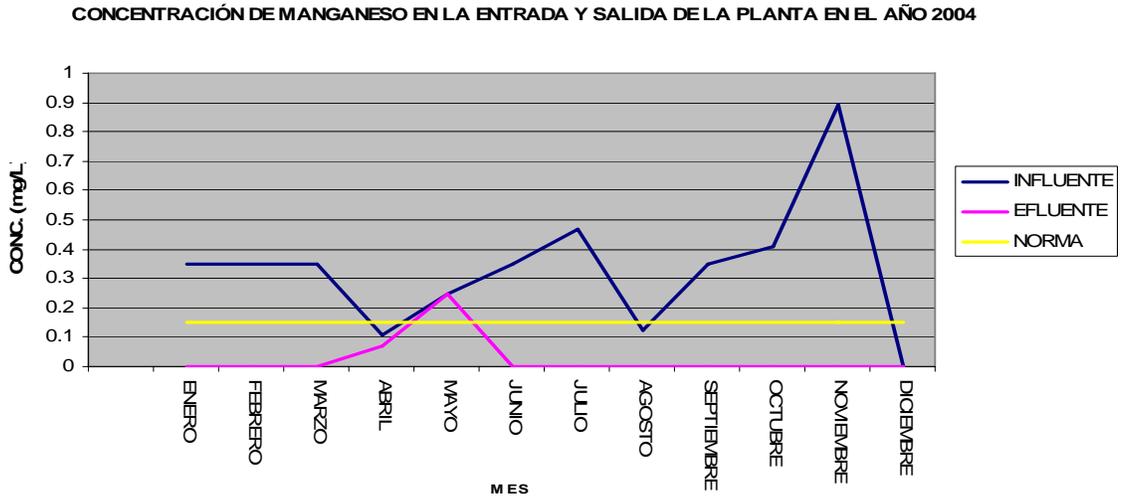
Figura No. 4 Comportamiento del hierro en el año 2004



En la Figura No. 5, se presenta el comportamiento del manganeso en el año 2004. Se observa que la máxima concentración en el influente es de 0.890 mg/L, muy por arriba de la norma; mientras que a la salida la concentración máxima encon-

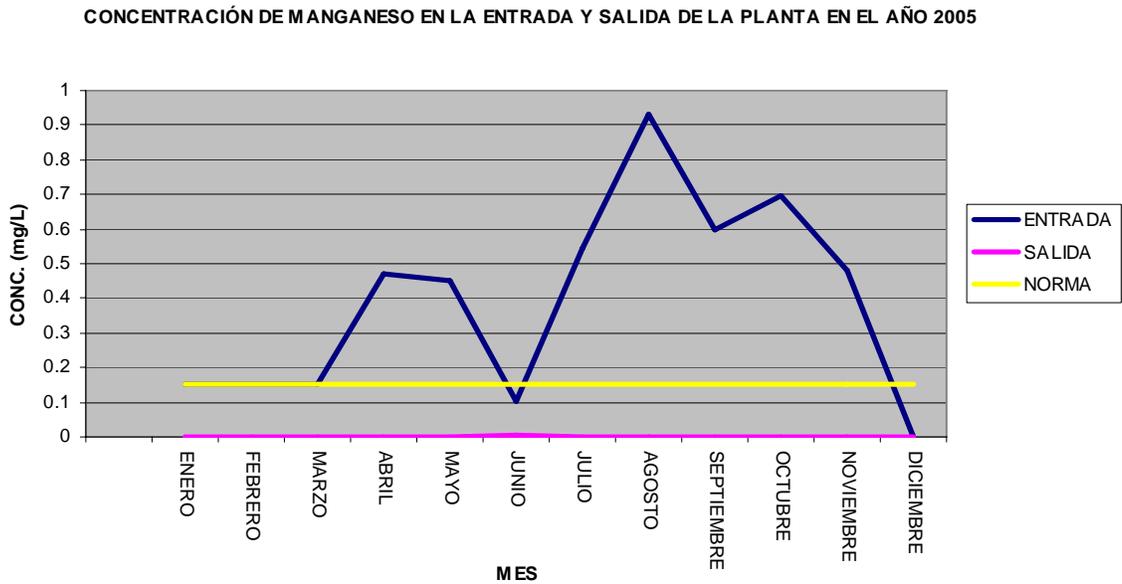
trada es de 0.07 mg/L. Por otra parte, la concentración máxima encontrada de hierro a la entrada en ese mismo año, fue de 0.075 mg/L , por lo que a la salida sólo se detectaron trazas, concentración por debajo del límite de detección del aparato analítico empleado.

Figura No. 5 Comportamiento del manganeso en el año 2004



En la Figura No. 6, se presenta la concentración de manganeso en el influente y efluente de la Planta en el año 2005.

Figura No. 6 Comportamiento del manganeso en el año 2005



En esta gráfica se observa que la concentración máxima de manganeso de entrada a la Planta, es de 0.930 mg/L y a la salida la concentración máxima encontrada es de 0.006 mg/L, muy inferior a la norma.

En cuanto a la concentración de hierro en la entrada esta fue muy inferior al límite de detección del aparato analítico empleado.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos del monitoreo de la calidad del agua influente y efluente de la “Planta de Remoción de Hierro y Manganeso del Ramal Peñón – Texcoco”, se comprueba la alta eficiencia de la tecnología desarrollada por el IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) para la remoción de hierro y manganeso disueltos.

Las concentraciones obtenidas en el agua tratada, cumplen con los límites máximos permisibles que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2000, *Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*.

Debido a que el proceso se regenera en línea sin la necesidad de interrumpirlo, se obtienen largas carreras de operación sin afectar la calidad del efluente, garantizando un agua libre de hierro y manganeso con un porcentaje de remoción por arriba del 95 %.

La aplicación de esta tecnología es efectiva para la remoción de hierro y manganeso, y resulta una buena alternativa si se considera que el costo por m³ de agua tratada es de \$ 3.50 promedio.

El filtrante empleado, zeolita, es abundante en el país y de fácil regeneración. Hasta el momento ya no se han reportado quejas por parte del Organismo Operador.

Actualmente se está buscando un método alternativo para emplear el manganeso obtenido de los lodos producto de la potabilización del agua.

RECOMENDACIONES

Con el fin de eficientar el proceso de remoción de hierro y manganeso, así como el uso de los filtros y la obtención de manganeso, se pretenden instalar desarenadores a la entrada de la planta y eliminar la mayor cantidad de sólidos.

BIBLIOGRAFÍA

Flores, LM y Piña, M (1998). "Manual de evaluación de plantas potabilizadoras"; Cap. "Filtración". IMTA, CNA, *Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua, Subcoordinación de Potabilización*.

Piña, M. (1997) "Remoción de hierro y manganeso en Navojoa, Sonora", *Informe interno de la Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua, Subcoordinación de Potabilización*, IMTA.

Proyecto Ejecutivo de la Planta de remoción de manganeso del ramal Peñón- Texcoco, Estado de México" (1997). Convenio: GRAVAMEX-IMTA, V2; *Informe Final*, Vol. II, Tomo 5, Memoria de Cálculo.

Sommerrfeld, E. (1999) "Iron and Manganese Removal Handbook", *American Water Works Association*.

Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.