

# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA QUE SURTEN LA CIUDAD DE GUATEMALA

Maricruz Álvarez de Mejía, María Beatriz López y Carlos Enrique Mendoza  
Unidad de Entrenamiento e Investigación en Entomología Médica MERTU/G-CDC-UVG, Laboratorio de Análisis Bacteriológico de Agua

## INTRODUCCION

Alrededor del 75% de la población mundial vive en países en vías de desarrollo, donde los recursos hídricos y las fuentes de agua accesibles son cada vez más escasos y altamente contaminados (Chaudhuri y Sattar, 1990). De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud el consumo de agua *per cápita* en las áreas rurales oscila entre 35 a 90 litros por día, mientras que en las áreas urbanas el consumo puede ser mayor de los 150 litros diarios (Banks, 1988).

Se calcula que 40% de los hogares de los países de América Latina y el Caribe reciben en la actualidad agua que se desinfecta de manera inadecuada o no se desinfecta en absoluto, lo que da lugar al consumo de agua microbiológicamente insegura (Geldreich y Craun, 1996). Se define como agua segura aquella que se encuentra libre de sustancias químicas dañinas y microorganismos en concentraciones que puedan causar enfermedad de cualquier forma (Briscoe, 1987).

El consumir esta agua no segura es la causa de la alta tasa de enfermedades de origen entérico en estas regiones. Aún el agua del área urbana que se supone tiene acceso a las facilidades para tratamiento, no siempre está libre de contaminación, ya sea por un tratamiento inadecuado o por contaminación en el transcurso de su distribución (Chaudhuri y Sattar, 1990).

En Guatemala, desde la fundación de la ciudad capital a finales del siglo XVIII hasta los años treinta del siglo XX, la distribución de agua se efectuó por medio de un sistema primario a presión. Este sistema estaba constituido por tuberías de barro cocido y un sistema secundario sin presión, formado por una serie de canalizaciones, también tuberías de barro cocido o ladrillos del mismo material que conducían agua a cada usuario (EMPAGUA, 2000).

Los dos principales acueductos de la época transportaban el agua de Mixco y Pinula hasta un sistema primario de distribución que alimentaba una serie de cajas elevadas llamadas "alcantarillas" colocadas en ciertas esquinas de las calles. Estas

alcantarillas daban origen al sistema secundario de distribución y se usaban además para regular el caudal servido a cada usuario, utilizando un tallo de paja para medir el orificio por el cual salía el agua.

De esta forma se constituyó el derecho "regulado" conocido como "paja de agua", para el uso público del agua, la cual se suministraba sin presión y no tratada. Y es hasta 1930 que se inicia el servicio de agua potable a presión, por medio de dos redes independientes.

Puesto que el valle de la Ciudad de Guatemala está dividido para su administración política en varias municipalidades, existen varias entidades autónomas que prestan este servicio. La principal entidad que suministra agua a la ciudad es la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), que cubre la demanda de agua en prácticamente la totalidad del municipio y algunas áreas aledañas.

EMPAGUA tiene a su cargo seis plantas de tratamiento de agua, que son abastecidas cada una por diferentes fuentes: de agua superficiales y subterráneas; y ríos vecinos de la capital. Estas plantas de tratamiento surten de agua a una población de aproximadamente 1.5 millones de habitantes y las mismas tienen un control regular basado en exámenes bacteriológicos y físico-químicos básicos.

La calidad del agua que se toma y si ésta es segura para su consumo ha sido un tema olvidado en Guatemala. Las entidades responsables del abastecimiento de agua se limitan a realizar el tratamiento y efectuar algunos exámenes rutinarios, por lo que se desconoce realmente la calidad microbiológica del agua que es distribuida en la ciudad.

Este estudio pretende dar una idea de la calidad microbiológica del agua de todas las plantas de tratamiento de agua de EMPAGUA en la ciudad capital de Guatemala. Ya que el agua que ingresa en las plantas de tratamiento de agua proviene de una o varias fuentes no protegidas, ríos generalmente, su calidad microbiológica la hace no apta para consumo humano. Debido a la importancia de conocer la

calidad del agua que ingresa y egresa de las plantas de tratamiento, esta evaluación pretende documentar la calidad microbiológica del agua antes y después de ser sometida al tratamiento.

## ANTECEDENTES

El agua contiene una gran cantidad de contaminantes químicos y biológicos que deben ser removidos de forma eficiente para producir agua segura y con características organolépticas aceptables por el consumidor. Los contaminantes químicos incluyen nitratos, metales pesados y pesticidas entre otros. De igual manera el agua debe encontrarse libre de microorganismos patógenos, además de no presentar turbidez, olor, color y sabor (Csuros y Csuros, 1999).

Los microorganismos patógenos que pueden estar presentes en el agua, son:

- a) **Bacterias:** *Salmonella*, *Vibrio cholerae*, *Shigella*, *Escherichia coli*, *Yersinia*, *Campylobacter jejuni*, entre otras.
- b) **Parásitos:** *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum*, *Entamoeba histolytica* y Helminthos.
- c) **Virus:** Hepatitis, virus entéricos y rotavirus.

Estos patógenos son causa de enfermedades para el ser humano y los síntomas, dependiendo del microorganismo infeccioso, pueden ser: gastroenteritis con diarrea y vómitos, escalofríos, fiebre, disenteria y en algunos casos puede sobrevenir la muerte.

Puesto que la detección de microorganismos patógenos es difícil, tediosa y costosa, los análisis microbiológicos de rutina que generalmente se realizan consisten en detectar microorganismos conocidos como indicadores. Estos microorganismos presentan características que los hacen útiles, pues se relacionan de forma directa con los patógenos presentes en el agua. Los criterios para que un microorganismo sea considerado indicador son los siguientes:

1. Debe ser parte de la microflora del intestino del hombre o animales de sangre caliente.
2. Debe encontrarse presente cuando los patógenos se encuentran presentes y ausente si la muestra no está contaminada.
3. Debe estar presente en números mayores que los patógenos.
4. Su sobrevivencia y resistencia en el agua deben ser similares a la de los patógenos.
5. No debe multiplicarse en el medio ambiente.
6. Su detección debe ser fácil, rápida y económica.
7. Un indicador no debe ser patógeno.

Puesto que no existe el indicador perfecto, los indicadores más comúnmente utilizados en agua, porque cumplen con la mayoría de los criterios, son las bacterias del grupo coliforme. Estas bacterias se caracterizan por ser bacilos que no forman esporas, fermentan la lactosa y son Gram negativo. Incluyen diversos géneros como *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Citrobacter*. De éstas, únicamente la especie *Escherichia coli* se encuentra estrictamente ligada al tracto digestivo y detectar su presencia revela contaminación de origen fecal. Existen muchos otros microorganismos indicadores, como *Streptococcus faecalis*, *Lostridium perfringens* y algunos indicadores de más reciente utilización como los virus conocidos como bacteriófagos (Bitton, 1994). En Guatemala únicamente se utilizan como microorganismos indicadores de rutina, a las bacterias coliformes y la *Escherichia coli* como indicador de contaminación microbiológica y fecal, según la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR).

Para detectar la presencia de parásitos y virus es necesario utilizar métodos más complicados y costosos, por lo que actualmente no se realiza este análisis de manera rutinaria. En las plantas de tratamiento de agua éstos análisis son importantes puesto que es necesario remover a las bacterias así como a los parásitos y virus.

Estos microorganismos pueden ser removidos físicamente o mediante procesos de desinfección que minimizan el riesgo de contaminación por patógenos, y la verificación de su efectividad es de gran importancia para evaluar la eficacia del tratamiento del agua (Geldreich y Craun, 1996).

Ya que existen diferentes tipos de fuentes de agua tales como ríos, lagos, nacimientos y agua subterránea, por mencionar las principales, el tratamiento debe ser diferente dependiendo de la fuente. Por ejemplo, el tratamiento de desinfección es suficiente si se aplica a una fuente de agua protegida; sin embargo lo más común es combinar la desinfección con los procesos de floculación y filtración (Bitton, 1994).

La **desinfección** del agua consiste en agregar a la misma un compuesto químico, como por ejemplo cloro o yodo, el cual mata los microorganismos que se encuentran presentes en el agua. Los agentes desinfectantes actúan oxidando la pared celular de las bacterias o dañando el material genético de los virus; los parásitos son, sin embargo, los microorganismos más resistentes a la desinfección, pues algunos coccideos como *Cryptosporidium parvum* y *Cyclospora cayetanensis* resisten la acción del cloro.

Para lograr la eliminación de los parásitos es necesario llevar a cabo el proceso de **floculación** o



coagulación, que consiste en mezclar el agua con un agente coagulante como el sulfato de aluminio, cloruro férrico o sulfato férrico. Esto produce que la materia orgánica que se encuentra en el agua así como los microorganismos, precipiten en forma de coágulos. Estos coágulos son finalmente tratados utilizando **filtración**, que consiste en pasar el agua a través de filtros que retienen sólidos suspendidos, las partículas floculadas y también los microorganismos.

Existen dos categorías de plantas de tratamiento de agua, las plantas convencionales, que utilizan coagulación, filtración y posteriormente desinfección; y las plantas que utilizan lo que se conoce como suavizado, el cual ayuda a remover la dureza del agua ocasionada por el calcio o magnesio, aplicando posteriormente filtración y desinfección (Bitton, 1994).

A continuación se enumeran las seis plantas de tratamiento de agua de la ciudad capital de Guatemala y se detallan las fuentes de abastecimiento, su producción diaria y las áreas o zonas abastecidas por cada una de ellas:

#### 1. Planta Ojo de agua

Esta planta se encuentra localizada en la zona 12 de la ciudad capital y se abastece de agua de 11 pozos de 2 lugares distintos. La planta tiene una producción de  $3,561.02 \text{ m}^3/\text{hora}$ , que es enviada a un tanque en la zona 8. Por medio de bombeo, este tanque distribuye agua para las zonas 12, 13, 14, 8, 4 y 9. Esta planta utiliza cloro gaseoso como único tratamiento para el agua.

#### 2. Planta Las Ilusiones

Construida en 1971, se encuentra al nor-este de la ciudad en la zona 18 y tiene una producción de  $21,000 \text{ m}^3$  diarios. Su principal fuente de abastecimiento lo constituye la Estación de Bombeo el Atlántico, la cual capta el caudal de los ríos Los Ocotes, Teocinte y Blijague.

Esta planta trata agua por decantación y no por floculación / sedimentación. De abajo hacia arriba sale el agua limpia a través del lodo. El agua se purifica con cloro gaseoso e hipoclorito de sodio y abastece a las zonas 6,17 y 18 de la ciudad capital.

#### 3. Planta Santa Luisa

Está situada en la zona 16, y fue construida en 1938. Actualmente tiene una producción del orden de  $28,000 \text{ m}^3$ . Sus fuentes de abastecimiento son los caudales de los ríos: Acatán, Teocinte y Canalitos, además de un pozo perforado en las instalaciones de la planta. El agua del pozo llega muy limpia. En esta planta el agua se trata por medio de pre-cloración y luego filtración a través de seis filtros de arena y por

último la cloración utilizando cloro gaseoso. Surte agua a las zonas 1,5, 6 y 10 (con apoyo de otros sistemas) y las zonas 16 y parte de la 17 (directamente).

#### 4. Planta El Cambray

Está situada en la zona 10 y fue construida en 1942 con una producción actual del orden de  $14,000 \text{ m}^3$  diarios. Es abastecida por los caudales de las presas Pinula y Las Minas, la Estación de Bombeo Hincapié y un nacimiento denominado "Agua Bonita". Abastece a las zonas 10,14 y 15 de la ciudad directamente.

#### 5. Planta La Brigada

Situada al oeste de la ciudad, al límite de la zona 7, fue construida en 1945 y tiene actualmente una producción promedio de  $5,000-6,000 \text{ m}^3$  diarios. Las fuentes de abastecimiento de la planta son los ríos y riachuelos: el Milagro, Las Limas, Yumar, Pansalic, Las Flores, Pancocha y La Brigada. Apoya la red Lo de Coy en surtir de agua a las zonas 11 y 7.

#### 6. Planta Lo de Coy

Es la planta más importante, con una producción media que se acerca actualmente a los  $100,000 \text{ m}^3$  diarios, se encuentra dentro de la jurisdicción del municipio de Mixco y es la más recientemente construida (1979). La fuente de abastecimiento principal la constituyen los caudales procedentes del Acueducto Nacional Xayá-Pixcayá. Distribuye agua a las zonas 7,11 y 19 de forma directa y parte de las zonas 2, 3 y 8. Esta planta trata el agua utilizando los métodos de floculación por medio de sulfato de aluminio. Luego de sedimentar se utiliza filtración por grava, arena y antracita para finalmente desinfectar el agua.

### OBJETIVOS

#### General

El objetivo global del presente trabajo fue analizar el nivel de bacterias indicadoras de contaminación fecal y de parásitos en el agua que ingresa y egresa de las plantas de tratamiento de agua de la ciudad de Guatemala.

#### Específicos

1. Analizar muestras de agua de las seis distintas plantas de tratamiento en la ciudad de Guatemala, para las bacterias indicadoras Coliformes totales y *Escherichia coli* y los parásitos, *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia*, antes y después del tratamiento.

2. Conocer los métodos de tratamiento de agua que se están utilizando actualmente dentro de las plantas de tratamiento de agua, para colaborar con las entidades que se encargan de la distribución del agua potable en la ciudad de Guatemala.

## METODOLOGIA

Se visitaron las seis plantas de tratamiento previamente descritas y se tomaron muestras de agua para análisis bacteriológico y para análisis de parásitos antes y después del tratamiento. La toma de muestras fue llevada a cabo por el equipo técnico entrenado del laboratorio.

La metodología utilizada para el análisis de bacterias fue el método modificado del Número Más Probable, basado en la tecnología del sustrato definido. Este método utiliza la reacción enzima-sustrato para detectar simultáneamente las bacterias coliformes totales y *Escherichia coli* y se encuentra aprobado por los Métodos Estándar para el Análisis de Agua y Aguas residuales (1998). El método se basa en el hecho que las bacterias poseen enzimas específicas que las caracterizan. Estas enzimas reaccionan con el medio de cultivo deshidratado, que contiene los nutrientes y los sustratos correspondientes para identificar cada bacteria.

Las muestras fueron colectadas en recipientes estériles, y transportadas al laboratorio a 4°C en un intervalo de tiempo de 2 a 4 horas. En el laboratorio se agregó el medio de cultivo deshidratado, los nutrientes y sustratos requeridos para su crecimiento, y se incubaron a 37°C por 24 horas. Al cumplirse el tiempo de incubación se interpretaron los resultados.

Para el análisis de parásitos se utilizó el método de Inmunofluorescencia (IFA por sus siglas en inglés), aprobado por la Regla de Recolección de Información (ICR por sus siglas en inglés), de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA por sus siglas en inglés) (De León, *et al.*, 1992), que consiste en utilizar anticuerpos específicos para cada parásito, los cuales están ligados a una sustancia que desarrolla color (cromógeno), y que fluoresce al observarla bajo el microscopio de fluorescencia.

Para llevar a cabo este análisis se filtraron 100 litros de agua por muestra, a través de un filtro de polipropileno con un tamaño de poro de 1 micra (mm). Una vez en el laboratorio se cortó el filtro y se procedió a remover (eluir) los parásitos del mismo con una solución de elución (amortiguador, detergente y antiespumante). Las fibras del filtro se lavaron con la solución de elución, la muestra se concentró por

centrifugación y el sedimento se resuspendió en una solución de formalina al 10%, para preservarla, como indica De León *et al.* (1992).

Las muestras preservadas fueron almacenadas en refrigeración para ser enviadas al Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Arizona donde se purificaron, separando los parásitos del sedimento por gradiente de densidad. Posteriormente se examinaron al microscopio de fluorescencia alicuotas de las muestras concentradas para detectar la presencia de quistes y ooquistes de los parásitos *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum*.

El total de muestras procesadas fue de 12, que corresponde a 2 muestras por planta de tratamiento.

## RESULTADOS

Los resultados (Tabla 1) indican que los niveles de bacterias y parásitos del agua que ingresa en las plantas de tratamiento son elevados en la mayoría de los casos, y superan lo recomendado por la norma. Sin embargo al analizar el agua ya tratada que egresa de la planta y de la cual se abastece la ciudad capital, los niveles de bacterias y parásitos cumplen con la norma y son adecuados para considerar el agua potable desde el punto de vista microbiológico.

## DISCUSION

Detectar contaminación fecal en el agua es común en fuentes de agua que no se encuentran protegidas del contacto de animales y seres humanos. En estudios recientes que se han llevado a cabo dentro de la Unidad de Investigación y Entrenamiento en Entomología Médica (UVG) se han tomado muestras de diversas fuentes de agua, que utilizan distintas comunidades del interior del país (proyecto en marcha, 1998-) y se ha detectado que la mayoría de los nacimientos y ríos muestran presencia de bacterias coliformes totales y *Escherichia coli*, así como parásitos en algunos casos.

En este estudio, de acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que efectivamente los recuentos bacterianos de las fuentes de agua que surten a tres de las plantas estudiadas (Lo de Coy, La Brigada y El Cambray) para coliformes totales y para *Escherichia coli* son sumamente altos, lo que indica que el agua que llega a estas plantas no es microbiológicamente apta para consumo humano (COGUANOR, 1999).

El agua que surte al resto de las plantas es de muy buena calidad microbiológica y puede



No. Muestra	Fecha de análisis	Planta	C.Totales <sup>1</sup> (NMP/100 ml)	<i>Escherichia coli</i> <sup>2</sup> (NMP/100 ml) (en 100 L)	Quistes de <i>Giardia lamblia</i> <sup>3</sup> (en 100 L)	Ooquistes de <i>Cryptosporidium parvum</i> (en 100 L)
001-PE	16/4/99	La de Coy (entrada)	$3.5 \times 10^7$	$1.5 \times 10^6$	$1.9 \times 10^2$	<0.1
001-PS	16/4/99	La de Coy (salida)	<1	<1	<0.5	<0.6
002-PE	16/4/99	La Betzada (entrada)	$5.7 \times 10^5$	$7.9 \times 10^4$	$2 \times 10^4$	<212.7
002-PS	16/4/99	La Betzada (salida)	<1	<1	<0.52	<0.52
003-PE	22/4/99	El Cambray (entrada)	$9.0 \times 10^5$	$1.1 \times 10^6$	$4.4 \times 10^3$	128
003-PS	22/4/99	El Cambray (salida)	<1	<1	<1.04	<1.04
004-PE	22/4/99	Las Ilusiones (entrada)	<1	<1	$4.4 \times 10^2$	205.3
004-PS	22/4/99	Las Ilusiones (salida)	<1	<1	<1.28	<1.28
005-PE	22/4/99	Ojo de Agua (entrada)	<1	<1	<1.2	<1.2
005-PS	22/4/99	Ojo de Agua (salida)	<1	<1	<1.3	<1.3
006-PE	30/4/99	Santa Luisa (entrada) <sup>a</sup>	3	2	$4.4 \times 10^2$	<251.8
006-PS	30/4/99	Santa Luisa (salida)	<1	<1	<0.60	<0.65

Tabla 1. Recuentos de bacterias y parásitos detectados en las muestras de agua que ingresa y egresa de las plantas de tratamiento de agua en la ciudad capital de Guatemala.

NMP/100ml= Número Más Probable de Bacterias por 100ml de agua analizada.

El signo < indica que se determinó ausencia del microorganismo objetivo, no es correcto indicarlo como 0 (Métodos Estándar para el Análisis de Agua y Aguas residuales, 1998).

Para muestras positivas se calcula el número de quistes u ooquistes por 100ml de muestra. Para muestras donde no se detectaron quistes u ooquistes se calcula el límite de detección, que es distinto para cada muestra, pues depende del volumen de agua que pasó a través del filtro, el sedimento obtenido (varía entre muestras) y el porcentaje de sedimento examinado al microscopio. (en 100 L)

considerarse potable de acuerdo a la norma. Sin embargo es importante notar que estas plantas (Las Ilusiones, Ojo de Agua y Santa Luisa) a diferencia de las tres anteriores, se abastecen principalmente de agua que viene de pozos y se encuentra más protegida. Es necesario mencionar que aunque las bacterias coliformes son útiles para indicar la calidad del agua, no siempre se encuentran en relación directa con los microorganismos patógenos, como es el caso de los parásitos estudiados. En la Tabla 1 se observa que las plantas Las Ilusiones y Santa Luisa, muestran un recuento de *Giardia lamblia* del orden de 10<sup>3</sup> quistes/100L, mientras que coliformes totales y *Escherichia coli* se encuentran ausentes.

La detección de parásitos en agua no es una práctica regular en los laboratorios de Guatemala, e incluso no se encuentra normada. *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* son unos de los parásitos más estudiados mundialmente, ya que pueden sobrevivir durante meses y son muy resistentes a la desinfección por cloro (Craun, 1996). Son causantes además de enfermedades como gastroenteritis; *Cryptosporidium* puede causar la muerte en individuos de grupos de alto riesgo como ancianos, niños y personas inmunodeprimidas.

De igual manera el agua que surte a estas plantas mostró elevadas concentraciones de *Giardia lamblia*, mientras que solamente en dos plantas (El Cambray y Las Ilusiones) se encontró *Cryptosporidium parvum* en el agua analizada. Es interesante observar sin embargo que al final, cuando el agua egresa de la planta, ésta se encuentra libre de bacterias y parásitos, lo cual indica que el tratamiento es efectivo y se asegura así agua potable apta para consumo humano, desde el punto de vista microbiológico.

Además de bacterias y parásitos, los virus son uno de los contaminantes más importantes del agua, que pueden ser causa de enfermedades, por lo que es necesario que empiecen a estudiarse en el agua de Guatemala. Si bien es cierto que los métodos para su detección son costosos y muy largos, actualmente existen alternativas como el uso de virus que infectan bacterias (bacteriófagos) que pueden ayudar a evaluar la contaminación viral del agua.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se puede concluir que los sistemas usados en las plantas de tratamiento que surten a la ciudad

de Guatemala son efectivos para eliminar bacterias y parásitos produciendo agua de buena calidad desde el punto de vista microbiológico. Sin embargo hay que tomar en cuenta que en la tubería o red de distribución pueden existir fallas (filtraciones y / o falta de continuidad), que no garantiza que en todas las viviendas el agua tenga la misma calidad con la que egresa de la planta.

2. Es recomendable realizar estudios posteriores, tomando muestras en distintos puntos de la ciudad que confirmen que el agua distribuida llega en las condiciones microbiológicas ideales a la población.

3. De igual manera se recomienda que se inicie la evaluación de parásitos en agua en los laboratorios de Guatemala, así como el estudio de virus en agua.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración del Laboratorio del Departamento de Suelo, Agua y Ciencias Ambientales de la Universidad de Arizona, en especial al Lic. Jaime Naranjo por su valiosa ayuda para analizar las muestras de parásitos. Al Ingeniero Otto Otoy de la Empresa Municipal de Agua, EMPAGUA, por toda su colaboración al permitirnos coleccionar las muestras y muy especialmente al personal que labora en las plantas por su excelente atención al momento de visitar cada una de ellas.

## LITERATURA CITADA

Banks, P.A. 1988. Rural water supply and sanitation. En: Dangerfield, B.J. (ed.) *Water supply and sanitation in developing countries*. 239-261pp. London, England.

Briscoe, J. 1987. A role of water supply and sanitation in the child survival revolution. PAHO Bulletin 21:93-105.

Bitton, G. 1994. *Wastewater microbiology*. Wiley-Liss., New York, USA.

Chaudhuri, M. y S. Sattar. 1990. Domestic water treatment for developing countries. En: McFeters, G.A. (ed.) *Drinking water microbiology*. Springer Verlag, USA.

Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). Norma guatemalteca obligatoria para agua potable: Especificaciones. 1-14pp., NGO 29001/99, CDN 637:148

Craun, F.G. 1996. Enfermedades transmitidas por el agua en los Estados Unidos de América. En: Castro, R. (ed.) *La calidad del agua potable en América Latina: ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química*. ILSI Press., Washington, D.C., USA.

Csuros, M., y C. Csuros. 1999. *Microbiological examination of water and wastewater*. Lewis Publishers, USA.

De León, R., C.P. Gerba, y J.B. Rose. 1992. *Manual de vigilancia de parásitos en el agua*. Universidad de Arizona, Tucson, Arizona.

Dirección de Operación y Mantenimiento. Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA). *El recurso de agua en Guatemala*. 2000. 1-19pp. Guatemala.

Franson, M.A., 1998. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 18th ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington, USA.

Geldreich, E.E., y G.F. Craun, 1996. Barreras múltiples para la protección y el tratamiento del abastecimiento de agua potable: un método probado de prevención de la propagación de las enfermedades transmitidas por el agua. En: Castro, R. (ed.) *La calidad del agua potable en América Latina: ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química*. 1-6pp. ILSI Press., Washington, D.C., USA.

Pepper, I.L., C.P. Gerba, y J.W. Breckenfeld. 1995. *Environmental microbiology: a laboratory manual*. Academic Press, New York, USA.

Witt, V.M., y F.M. Reiff. 1996. Tecnologías de desinfección del agua para comunidades pequeñas y zonas rurales. En: Castro, R. (ed.) *La calidad del agua potable en América Latina: ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química*. 1-6pp. ILSI Press., Washington, D.C., USA.