



ARTÍCULO ORIGINAL

Cloración y contaminación bacteriana. Aguas turbulentas en los hospitales

Alejandro E. Macías*,** Rebeca Monroy,* Juan M. Muñoz,* Humberto Medina,* Samuel Ponce de León**

* Facultad de Medicina de la Universidad de Guanajuato.

** Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

***Chlorination and bacterial contamination.
Hospitals with troubled waters***

ABSTRACT

Objective. To know the quality of the water from hospitals and the risks that poor chlorination implies. **Methods.** We analyzed 90 water specimens from 15 hospitals (9 from the private and 6 from the public sector). Specimens were obtained from three areas (hospitalization ward, operating room, and kitchen) in two visits. **Results.** By microbiologic analysis, we found 30 (33.3 %) contaminated specimens. By chemical analysis, we found only 49 (54.5 %) specimens with adequate chlorination ($\geq 1 \text{ mg/L}$). Of the 30 contaminated specimens, only 7 (23.3%) had adequate chlorination. On the other hand, of the 60 specimens without contamination, 42 (79%) had adequate chlorination ($\chi^2 = 17.561, p < 0.001$). The significant difference was sustained when the criterion for appropriate chlorination was established at $\geq 0.5 \text{ mg/L}$. **Conclusions.** Hospitals require guidelines for water chlorination and testing to maintain it at $\geq 0.5 \text{ mg/L}$ in every point of use.

Key words. Hospital infection. Water supply. Water microbiology.

INTRODUCCIÓN

El agua de los hospitales debe cumplir requisitos de potabilidad, incluso la que se usa para el aseo de los pacientes y del personal. Lo contrario representa un riesgo para adquirir infecciones que pueden ser fatales, como las bacteriemias por bacilos gramnegativos entéricos, así como la neumonía o infección de herida quirúrgica por gérmenes no convencionales.¹⁻³ La depuración de contaminantes químicos y la eliminación de microorganismos son los objetivos de la potabilización del agua; como parte de este pro-

RESUMEN

Objetivo. Conocer la calidad del agua en hospitales y los riesgos de contaminación bacteriana por cloración insuficiente.

Material y métodos. Analizamos 90 especímenes de agua de 15 hospitales (nueve del sector privado y seis del público). Los especímenes se obtuvieron de tres áreas (hospitalización, quirófano y cocina) en dos visitas diferentes. **Resultados.** Por análisis microbiológico, encontramos 30 de los 90 especímenes contaminados (33.3%). Por análisis químico, encontramos que sólo 49 (54.4%) especímenes tuvieron cloración suficiente ($\geq 1 \text{ mg/L}$). De los 30 especímenes contaminados sólo siete (23.3%) tenían cloración suficiente. Por otro lado, de los 60 especímenes sin contaminación, 42 (79%) tenían cloración suficiente ($\chi^2 = 17.561, p < 0.001$). La significancia se sostuvo al considerar como criterio de cloración suficiente un nivel $\geq 0.5 \text{ mg/L}$. **Conclusiones.** Todo hospital requiere un manual de cloración del agua y verificar que mantenga niveles mínimos de 0.5 mg/L en todas las áreas.

Palabras clave. Agua potable. Agua contaminada. Infección hospitalaria.

ceso, la adición de cloro se usa para destruir los microorganismos mediante una reacción fisicoquímica.

Aunque están definidos los estándares que debe cumplir el agua para consumo humano,⁴⁻⁶ no existe información acerca de la calidad del agua de nuestros hospitales ni normas para definir cuáles deben ser sus estándares mínimos o sus niveles de cloración; es evidente que el agua hospitalaria debe cumplir, al menos, los estándares habituales. El objetivo de este estudio fue obtener dicha información al analizar una muestra constituida por agua de diversos

hospitales públicos y privados, partiendo de los criterios de calidad del agua domiciliaria.

MATERIAL Y MÉTODOS

Entre noviembre de 2002 y enero de 2003, efectuamos un estudio de corte transversal en León, Guanajuato. Analizamos 90 especímenes de agua de 15 hospitales (nueve del sector privado y seis del sector público) elegidos por conveniencia al aceptar sus autoridades la inclusión. Como criterio de inclusión, los hospitales debían contar con quirófano para cirugía mayor, área de cocina y al menos 30 camas censables. De tal modo, nuestra muestra incluyó al 60% de los hospitales con dichas características en la ciudad de León. En apego a la ética y para minimizar los sesgos de selección, los resultados fueron confidenciales y no pudieron utilizarse para fines de regulación sanitaria; las autoridades hospitalarias recibieron sus resultados y recomendaciones al final del estudio. Las muestras de agua fueron tomadas de grifos de las siguientes fuentes: 1) de la cocina; 2) de lavabos de áreas de hospitalización; y 3) del quirófano. Los hospitales fueron visitados en dos ocasiones sin aviso previo al personal, con diferencia mínima de un mes.

Recolección de los especímenes de agua

Efectuamos la recolección del agua de acuerdo con procedimientos reconocidos internacionalmente.^{4,5} Brevemente, las muestras se capturaron en frascos estériles de boca ancha de 125 mL de capacidad, con tapón hermético. Los frascos contenían 0.1 mL de una solución de tiosulfato de sodio al 10% como inactivador del cloro libre. Se limpió la boca de la llave con una torunda de algodón impregnada de solución de hipoclorito de sodio en concentración de 100 mg/L y se talló hasta que no se desprendiera suciedad u óxido. Se abrió el grifo, dejando correr el agua durante tres minutos, se disminuyó la velocidad de salida y se llenó el frasco a dos tercios de su capacidad, dejando espacio para la agitación de la muestra. El transporte al laboratorio se hizo a temperatura de 4 a 8 °C hasta su cultivo, que en ningún caso se retrasó por más de seis horas. La determinación del cloro residual se efectuó en el sitio mismo de la toma.

Procedimientos de análisis del agua

La concentración de cloro residual se determinó por el método colorimétrico de ortotoulidina, con

equipo comparador. Para el efecto, se agregaron cinco gotas de un reactivo estandarizado de ortotoulidina a 5 mL de agua y se comparó visualmente contra una tabla indicadora del nivel de cloro residual libre.

Las muestras fueron sometidas a cultivo mediante el método de filtración por membrana (MFM) para organismos coliformes totales y por el método de siembra en agar vaciado para la cuenta de bacterias aerobias (CBA).⁴⁻⁶ Por el MFM, se incubó a 35 °C por 22 a 24 horas, retirando luego la membrana para colocarla sobre un papel secante. Con ayuda de un microscopio de disección se contaron las colonias que presentaran un color rojo oscuro, con brillo metálico verdoso.⁵ El resultado se informó en unidades formadoras de colonias (UFC)/100 mL. Para la CBA, la incubación se efectuó a 35 °C por 48 horas, contando luego todas las colonias desarrolladas en las placas e informando los resultados en UFC/mL.

Definiciones

Para los fines del estudio y de acuerdo con estudios previos,^{1,2} consideramos que la concentración de cloro residual en el agua debiera ser ≥ 1 mg/L; determinaciones menores se consideraron inicialmente como insuficientes.² Consideramos que el agua se encontraba contaminada por bacterias cuando la cuenta fue ≥ 2 colonias/100 mL por el MFM o de 200 UFC/mL por la CBA.

Análisis estadístico

Para confrontar las proporciones del nivel de cloración contra la proporción de contaminación bacteriana utilizamos la prueba de Chi cuadrada, con nivel α de 0.05. De acuerdo con estudios que han asociado la cloración insuficiente con las infecciones hospitalarias,^{1,2} asumimos que el agua con cloración apropiada tendría una contaminación bacteriana máxima de 10% y que la cloración insuficiente se asociaría con una contaminación mínima de 30%, por lo que consideramos que el análisis de 60 muestras sería suficiente para demostrar dicha diferencia en proporciones, para un nivel α de 0.05 y β de 0.2.

RESULTADOS

Obtuvimos 90 especímenes de agua para análisis, 45 durante cada visita, divididos en 15 por cada una de las tres áreas. El cuadro 1 muestra los resultados globales del estudio. Por análisis microbiológico, encontramos 30 especímenes contaminados (33.3%),

sin diferencia entre las visitas (15 especímenes contaminados en cada visita). Los criterios de contaminación se definieron por el MFM en 25 especímenes, por la CBA en 14, y por ambos en nueve. Por el análisis químico, encontramos que sólo 49 de las 90 muestras tuvieron cloración suficiente (54.4%). No hubo diferencia significativa en la suficiencia de la cloración entre las visitas (24 suficientes en la primera visita y 25 en la segunda).

El cuadro 2 muestra las cifras usadas para el cálculo de los valores de utilidad al considerar la cloración suficiente como una prueba diagnóstica para determinar agua de buena calidad, analizando dos niveles diferentes de cloración. Al considerar como valor satisfactorio de cloración $\geq 1 \text{ mg/L}$, encontramos los siguientes valores de utilidad: sensibilidad (S) de 70, especificidad (E) de 77, valor predictivo positivo (VPP) de 86 y valor predictivo negativo (VPN) de 56. Como se observa en la parte inferior del mismo cuadro 2, encontramos que 51 (56.7%) de los 90 especímenes tuvieron niveles de cloración $\geq 0.5 \text{ mg/L}$. Con este criterio, sólo nueve (30%) de los 30 especímenes contaminados tuvieron una cloración apropiada, contra 42 (70%) de los 60 no contaminados. En este

caso, los valores porcentuales de utilidad de la prueba de cloración suficiente resultaron en S = 70, E = 70, VPP = 82 y VPN = 54.

El análisis de la suficiencia de cloración contra la contaminación microbiana mostró una diferencia significativa. Así, de los 30 especímenes contaminados sólo siete tenían cloración $\geq 1 \text{ mg/L}$ (23.3%). Por el contrario, de los 60 especímenes sin contaminación microbiana, 42 (70%) tenían cloración suficiente ($\chi^2 = 17.561$, $p < 0.001$). La diferencia significativa se sostuvo al considerar como criterio de cloración apropiada un nivel $\geq 0.5 \text{ mg/L}$.

DISCUSIÓN

Existe una asociación significativa entre deficiente calidad del agua e infecciones hospitalarias. Este problema es importante porque la infección de los pacientes puede ocurrir después de procedimientos de invasión a través de la piel contaminada. Estudios realizados en México y Guatemala han encontrado una asociación significativa entre bacteriemia por bacilos gramnegativos y niveles bajos de cloro en el agua hospitalaria.^{1,2} Adicio-

Cuadro 1. Calidad del agua en tres áreas de 15 hospitales de la ciudad de León, considerando como suficiente el nivel de cloración $\geq 1 \text{ mg/L}$.

Área	Calidad del agua	Cloración primera visita		Cloración segunda visita		Totales n (%)
		Suficiente	Insuficiente	Suficiente	Insuficiente	
Hospitalización	Contaminada	1	3	0	5	9 (10)
	Apropiada	7	4	8	2	21 (23.3)
Cocina	Contaminada	2	4	1	2	9 (10)
	Apropiada	7	2	7	5	21 (23.3)
Quirófano	Contaminada	0	5	3	4	12 (13.3)
	Apropiada	7	3	6	2	18 (20)
Las tres áreas en suma	Contaminada	3	12	4	11	30 (33.3)
	Apropiada	21	9	21	9	60 (66.7)
Totales n (%)		24 (26.7)	21 (23.3)	25 (27.8)	20 (22.2)	90 (100)

Cuadro 2. Cifras utilizadas para calcular los valores de utilidad de dos concentraciones diferentes de cloro en agua.

Resultado de la prueba	Agua apropiada	Agua contaminada	Totales
Positiva ($\geq 1 \text{ mg/L}$)	42	7	49
Negativa ($< 1 \text{ mg/L}$)	18	23	41
Total	60	30	90
Positiva ($\geq 0.5 \text{ mg/L}$)	42	9	51
Negativa ($< 0.5 \text{ mg/L}$)	18	21	39
Total	60	30	90

nalmente, el agua contaminada puede ser la fuente de bacilos gramnegativos que contaminan las superficies de los equipos de administración de soluciones parenterales.⁷

En países desarrollados puede considerarse como un delito la provisión de agua contaminada para uso humano.⁸ En los países en desarrollo, por el contrario, la calidad del agua puede ser variable y no existen los mecanismos para asegurar que llegue en buenas condiciones a los puntos de uso. Si bien es riesgoso distribuir agua contaminada para consumo de la población abierta, el riesgo es aún mayor en poblaciones cerradas, como la de los hospitales. A pesar de ello, se sabe poco de la calidad del agua que utilizan los hospitales. Además, no existen elementos para decidir cuál es el mejor método de cultivo para determinar si existe contaminación en el agua hospitalaria. Puesto que es impráctico llevar un control rutinario con cultivos del agua, la vigilancia de los niveles de cloro libre constituye un buen índice subalterno, efectuando cultivos sólo en caso de brotes epidémicos.

En nuestro planteamiento establecimos que el nivel mínimo efectivo de cloración es de 1 mg/L,^{2,7} sin embargo, con los resultados de este estudio pudieramos optar por el nivel ≥ 0.5 mg/L, pues ambos niveles se asocian con agua sin contaminación en más del 90% de los casos. Puesto que es difícil contar con niveles estables de cloración en todas las áreas del hospital, sugerimos clorar los depósitos con niveles de 1.5 mg/L y vigilar que no caigan por debajo de 0.5 mg/L en los puntos de uso. Estos niveles serían eficaces contra los patógenos nosocomiales más comunes como enterobacterias, bacilos no fermentadores y cocos grampositivos. Sin embargo, aun alcanzando los límites permisibles del cloro residual de 1.5 mg/L, podrían escapar a la acción del cloro algunos gérmenes importantes en los hospitales, como *Cryptosporidium* o *Legionella*.^{6,9} Se ha informado que la hipercloración (10 mg/L) es un método más seguro que la cloración convencional, dada su eficacia contra *Legionella*, pero la medida se ve limitada por el efecto corrosivo que provoca en la tubería, además del potencial carcinógeno de los clorados.¹⁰⁻¹²

Si los hospitales de León, Guanajuato, son representativos de otros en países en desarrollo, pudieramos estar sufriendo un grave problema de contaminación del agua y sus infecciones asociadas. En observaciones anteriores no publicadas en seis hospitales hemos encontrado que el agua de la red pública de la ciudad de León arriba con buenos niveles de cloración; la merma en los hospitales pu-

diera explicarse por los depósitos y por la arquitectura de la tubería, que ocasionan estancamiento del agua e impiden la adecuada distribución del cloro. Es posible que el deterioro que sufre la tubería con el tiempo cause fugas que ponen al agua en contacto con las fuentes de contaminación.

En suma, los resultados de nuestro estudio muestran un serio problema de contaminación del agua en nuestros hospitales. Si nuestra muestra es, como pensamos, representativa de los hospitales en otros países en desarrollo, pudieramos estar subestimando un serio problema internacional, pues las instituciones pondrían a sus pacientes en riesgo de graves infecciones nosocomiales asociadas. Por ello sugerimos que todo hospital cuente con un manual de cloración y haga pruebas para verificarla, incluyendo dicha vigilancia en las rutinas del comité para la prevención de infecciones.

REFERENCIAS

1. Pegues DA, Arathoon EG, Samayoa B, et al. Epidemic gram-negative bacteremia in a neonatal unit in Guatemala. *Am J Infect Control* 1994; 22: 163-71.
2. Macias AE, Muñoz JM, Bruckner DA, et al. Parenteral infusions bacterial contamination in a multi-institutional survey in Mexico: Considerations for nosocomial mortality. *Am J Infect Control* 1999; 27: 285-90.
3. Rangel-Frausto S. Agua. In: Wenzel R, Edmond M, Pittet D, et al. (Eds.). Guía para el control de infecciones en el hospital. Boston MA: International Society for Infectious Diseases; 2000, pp. 68-70.
4. Greenberg AE, Clesceri LS, Eaton AD, Franson MAH (Eds.). Standard methods for the examination of water and wastewater. 18a. edición. Nueva York: American Public Health Association; 1992.
5. Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la cuenta de coliformes totales en placa.
6. 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. Modificada en 2000.
7. Macías AE, Muñoz JM, Herrera LE, Medina H, Hernández I, Alcántar D, Ponce de León S. Nosocomial pediatric bacteremia. The role of IV set contamination in developing countries. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2004; 25: 226-30.
8. Emmerson AM. Emerging waterborne infections in healthcare settings. *Emerg Infect Dis* 2001; 7: 272-6.
9. Ashbolt NJ. Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology* 2004; 198: 138-229.
10. Stout JE, Lin YS, Goetz AM, Murdoch RR. Controlling *Legionella* in hospital water systems: Experience with the superheat-and-flush method and copper-silver ionization. *Am J Infect Control* 1998; 17: 12: 911-14.
11. Helms CM, Massanari M, Wenzel RP, Pfaffer MA, Mayer NP, Hall N. Legionnaires' disease associated with a hospital water system: a five year progress report on continuous hyperchlorination. *JAMA* 1998; 259: 2423-7.

12. Swam SH, Waller K, Hopkins B, Windham G, Fester L, Schaefer C, et al. A prospective study of spontaneous abortion: relation to amount and source of drinking water consumed in early pregnancy. *Epidemiology* 1998; 9: 126-33.

Reimpresos:

Dr. Alejandro E. Macías

Facultad de Medicina de León,
20 de Enero 929,
37320, León, Guanajuato
Correo electrónico: aaeemmh@yahoo.com

*Recibido el 22 de febrero de 2006.
Aceptado el 27 de junio de 2006.*