

Estudio de las torres de refrigeración asociadas a brotes comunitarios de legionelosis

Fernando Parrilla Valero^a / Susana Chacón Villanueva^b / Albert Pérez Lleonart^b

^aUnitat de Vigilància Epidemiològica de la Regió Centre, Barcelona, España;

^bServeis Territorials a Barcelona del Departament de Salut, Barcelona, España.

(Study of refrigeration towers associated with community outbreaks of legionellosis)

Resumen

Objetivo: Evaluar los factores de riesgo de las torres de refrigeración asociadas a un brote comunitario de legionelosis según sus características de mantenimiento y la calidad del agua.

Método: Comparar los datos recogidos entre los 4 tipos de torres de refrigeración: control 1, control 2, probable y confirmada. Se han estudiado un total de 184 torres de refrigeración asociadas a 17 brotes comunitarios de legionelosis de la provincia de Barcelona durante el año 2004, de las cuales 112 son control 1, 54 control 2, 8 probables y 10 confirmadas.

Resultados: Las torres confirmadas se caracterizan por: niveles elevados de conductividad, aerobios totales, dureza cálcica, sólidos totales en disolución, temperatura y turbidez; concentraciones de cloro deficientes (< 2 ppm); utilización del hipoclorito como desinfectante en un 10% de las instalaciones; mayor grado de incumplimiento del programa de revisión y limpieza de los elementos internos de las torres (bandeja, relleno y separador de gotas); grado de cumplimiento de las desinfecciones periódicas y de la limpieza de depósitos del 100%. Un 47% de las torres investigadas no utilizan los tratamientos previos del agua a pesar de disminuir los valores de las variables fisicoquímicas.

Conclusiones: Se deberían establecer medidas de prevención de la legionelosis que garanticen una buena calidad del agua y el seguimiento de sus variables fisicoquímicas, unos niveles de cloro superior a 2 ppm, la evaluación del riesgo individual para cada instalación, y el cumplimiento del 100% del programa de revisión de los elementos internos de las torres.

Palabras clave: Torres de refrigeración. Legionelosis. Brote comunitario. *Legionella*. Calidad del agua.

Abstract

Objective: To evaluate the factors of risk of the risk cooling towers associated to a community outbreak of legionellosis according to its characteristics of maintenance and the quality of the water with the purpose of improving the systems of prevention of this one disease.

Method: To compare the piece of information gathered between the 4 types of cooling towers: control 1, control 2, probable and confirmed. A total of 184 cooling towers have been studied associated to 17 community outbreak of legionellosis of the province of Barcelona (Spain) during the year 2004, of which 112 are control 1, 54 control 2, 8 probable and 10 confirmed.

Results: The confirmed towers are characterized by: high levels of conductivity, total aerobes, calcic hardness, total solids in dissolution, temperature and turbidity; low levels of chlorine (< 2 ppm); of use hypochlorite as disinfectant in a 10%; greater degree of breach of the revision program and cleaning of the internal elements of the tower (tray, stuffed and separating of drops); degree of performance of the periodic disinfections and the cleaning of deposits of the 100%. A 47% of the investigated towers do not use the previous treatments of the water in spite of diminishing the parametric values of the quantitatives variables.

Conclusions: Measures of prevention of the legionellosis would be due to guarantee: a good quality of the water and the pursuit of its quantitatives variables; chlorine levels superior to 2 ppm; the evaluation of the individual risk for each installation; the performance of the 100% of the program of revision of the internal elements of the towers.

Key words: Cooling towers. Legionellosis. Community outbreak. *Legionella*. Quality water.

Correspondencia: Fernando Parrilla Valero.
Unitat de Vigilància Epidemiològica de la Regió Centre. Barcelona.
Rafael Casanova, 195, 3.º 3.ª.
08620 Sant Vicenç dels Horts. Barcelona. España.
Correo electrónico: parrilla.valero@cofb.net

Recibido: 29 de agosto de 2006.

Aceptado: 27 de diciembre de 2006.

Introducción

La legionelosis es una enfermedad bacteriana que en su forma neumónica, más habitual, cursa con fiebre alta y tos no productiva, y en los casos más graves con disnea. La forma no neumónica cursa con fiebre, dolor de cabeza, escalofríos, mialgia y malestar general.

Legionella habita en agua superficiales y a través de la red de distribución¹ coloniza instalaciones que acumulan una gran cantidad de agua, donde encuentra las condiciones fisicoquímicas y biológicas óptimas para desarrollarse². La enfermedad se transmite por inhalación de los aerosoles infectados³, producidos por las instalaciones colonizadas; las torres de refrigeración y los condensadores evaporativos son las instalaciones que provocan los brotes comunitarios más importantes^{4,5}.

Con el objetivo de evaluar el riesgo de las torres de refrigeración y los condensadores evaporativos, así como prevenir la aparición de los brotes comunitarios de legionelosis, se estudió el mantenimiento y la calidad del agua de las instalaciones asociadas a los brotes comunitarios de legionelosis en la provincia de Barcelona durante el año 2004⁶.

Métodos

Se diseñó un estudio comparativo para las 4 categorías en que fueron clasificadas las torres de refrigeración asociadas a brotes comunitarios de legionelosis (confirmada, probable, control 1 y control 2) en función de: las distancias entre éstas y los enfermos (el 95% de los casos aparecen a una distancia < 1.000 m); los valores de *Legionella* en el circuito de refrigeración (< 1.000 UFC [unidades formadoras de colonias]/ml son negativos) o de los estudios de epidemiología molecular (coincidencia entre la cepa ambiental y la cepa aislada en el paciente) (tabla 1). Las torres confirmadas tienen concentraciones de *legionella* serogrupo 1 superiores a 10⁴ UFC/ml o confirmación analítica por epidemiología molecular.

Se seleccionaron todas las instalaciones incluidas en la investigación ambiental (n = 184) de los 17 brotes comunitarios que cumplían la condición de tener asociada alguna torre de refrigeración clasificada como probable o confirmada.

Para el seguimiento de las características de mantenimiento y de la calidad del agua se revisó retrospectivamente la documentación disponible para cada instalación de los últimos 12 meses (registros de man-

tenimiento, certificados de limpieza y analíticas fisicoquímicas, microbiológicas y de *Legionella*). Durante la investigación ambiental las analíticas de *Legionella* se realizaron en el laboratorio de referencia de salud pública (Barcelona).

Los datos se recogieron mediante un cuestionario específicamente diseñado para este estudio. Para las variables cualitativas (tipos de productos utilizados, desinfecciones periódicas, programa de revisión, tratamientos previos del agua y limpieza de depósitos) se valoró el grado de cumplimiento o de utilización. Para las variables cuantitativas (aerobios totales, temperatura, turbidez, pH, conductividad, cloro libre, biocida, hierro, dureza cálcica [thca], alcalinidad total [tac], índice de Ryznar, índice de Langelier, sólidos totales en suspensión [tss], sólidos totales en disolución [tds], calcio, cobre, molibdeno, cinc y magnesio), se calculó para cada instalación la media aritmética de los valores paramétricos mensuales durante el período comprendido entre el mes anterior a la declaración del brote y el mes posterior a su finalización, y se compararon con los valores de referencia de la legislación vigente^{7,8} y de las autoridades sanitarias australianas⁹ (únicas recomendaciones que establecen valores de referencia para las variables tss, tds, thca y tac).

Para el estudio estadístico se utilizó el programa SPSS: descripción de las variables de interés, comparación para cada tipo de torre con las variables de interés mediante las pruebas de la χ^2 , t de Student y ANOVA, y la correlación entre las variables cuantitativas.

Resultados y discusión

El número de torres investigadas fue de 184 (tabla 1), aunque sólo se han podido incluir como torres probables 8 y confirmadas 10. A pesar de esta limitación, resulta interesante comprobar si las instalaciones con más concentración de *Legionella* son las que presentan unas condiciones más favorables para el origen de la legionelosis comunitaria.

Los valores de las variables cuantitativas para cada tipo de torre se detallan en la tabla 2. Únicamente se obtuvieron datos suficientes para los parámetros de obligado seguimiento^{7,8} y para las variables thca, tac y tds. Esta limitación impide sacar conclusiones para el resto de variables incluidas en el estudio.

Se observan valores elevados de conductividad (> 1.500 μ S/cm), aerobios totales (> 10.000 UFC/ml), thca (> 180 ppm), tds (> 1.000 ppm) y temperatura (> 20 °C) en los 4 tipos de torre, de turbidez elevada (> 15 UNF [unidades nefelométricas de formacina]) en las torres control 2, probable y confirmada y de cloración deficiente (< 2 ppm) en las torres confirmadas (tabla 2).

Tabla 1. Clasificación de las torres de refrigeración del estudio

Tipo de torre	n = 184	Resultados de <i>Legionella</i> serogrupo 1	Distancia respecto a los casos
Confirmada	10	> 10 ⁴ UFC/ml	< 1.000 m
Probable	8	Entre 10 ³ y 10 ⁴ UFC/ml	< 1.000 m
Control 1	112	< 10 ³ UFC/ml	< 1.000 m
Control 2	54	< 10 ³ UFC/ml	> 1.000 m

UFC: unidades formadoras de colonias

Estos valores se corresponden con unas condiciones de vida favorables para *Legionella*: temperaturas entre 20 y 50 °C, presencia de nutrientes y valores bajos de desinfectantes.

En la tabla 2 también se observa que las torres con mayor presencia de *Legionella* (confirmada > probable > control) tienen valores más elevados de conductividad y temperatura y concentraciones más bajas de cloro y biocida, con diferencias estadísticamente significativas entre las torres control 1 y confirmada para las variables cloro libre ($p = 0,007$) y conductividad ($p = 0,022$). También se observan correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0,01$) entre la conductividad y las variables thca ($r = 0,398$), tac ($r = 0,608$) y tds ($r = 0,874$), que se corresponden con un aumento de las corrosiones y las incrustaciones y, por tanto, con el aporte de nutrientes, y entre la temperatura y las variables biocida ($r = -0,331$) y turbidez ($r = -0,161$), que se corresponden con temperaturas óptimas de desarrollo. El estudio de Ordoñez et al¹⁰ también muestra una asociación estadísticamente significativa entre los valores de cloro y turbidez y la presencia de *Legionella* en las torres de refrigeración. De este modo, las variables temperatura, conductividad, turbidez, cloro y biocida se comportan como factores de riesgo de crecimiento de *Legionella*.

Las condiciones de vida de *Legionella* pueden modificarse utilizando diversas estrategias. En nuestro estudio hemos analizado las siguientes: utilización de productos que modifican las características del agua (biodispersantes, alguicidas, reguladores del pH y anticorrosivos o desincrustantes), tratamiento previo del agua de aporte (filtración, descalcificación o ambos), tipo de desinfectante utilizado (hipoclorito, otro biocida que no sea hipoclorito o la combinación de ambos), grado de cumplimiento de los programas de revisión y limpieza de los elementos internos de la torre, de la limpieza de depósitos y del programa de desinfecciones periódicas.

La utilización de productos biodispersantes ($n = 1$) y alguicidas ($n = 5$) es muy poco frecuente y no permite sacar conclusiones. Los productos reguladores del pH son más utilizados por las torres confirmadas (40%) y en menor medida por el resto de torres (un 6,3% de las torres control 1 y un 1,9% de las torres control 2), posiblemente debido a la necesidad de mejorar la actividad del biocida controlando los niveles de pH. Los productos anticorrosivos o desincrustantes son ampliamente utilizados por los 4 tipos de instalaciones (100, 96,3, 77,7 y 75% de las torres confirmadas, control 2, control 1 y probable, respectivamente).

En el estudio se observa que los tratamientos previos del agua disminuyen los valores de las variables fisicoquímicas por debajo de los valores de referencia: la conductividad es 942 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y los tds son 492,2 ppm cuando se filtra el agua; la turbidez es 11,3 UNF cuando se descalcifica el agua y 8 UNF cuando se realiza la descalcificación y la filtración a la vez. Sin embargo,

Tabla 2. Descripción de las variables cuantitativas de la calidad del agua en torres de refrigeración

Variable (valor recomendado) ^{7,9}	Tipo de torre	n	Media	Desviación estándar	p
pH (6,5-9)	Control 1	100	8,2	0,7	0,007
	Control 2	54	8,5	0,7	0,021
	Probable	7	8,6	0,5	NS
	Confirmada	8	8,0	0,6	0,007
Conductividad ($< 1.500 \mu\text{S}/\text{cm}$)	Control 1	108	3.070,5	2.413,8	0,022
	Control 2	53	3.174,7	1.608,0	NS
	Probable	8	4.250,7	3.386,9	NS
	Confirmada	10	4.963,6	3.114,1	0,022
Aerobios totales ($< 10^4$ UFC/ml)	Control 1	99	140.949,2	607.348,8	NS
	Control 2	52	57.760,1	162.635,0	NS
	Probable	8	65.254,2	177.703,5	NS
	Confirmada	9	10.104,5	26.924,7	NS
Turbidez (< 15 UNF)	Control 1	108	11,6	14,6	NS
	Control 2	53	20,0	71,1	NS
	Probable	8	18,4	19,2	NS
	Confirmada	10	18,3	32,5	NS
Cloro libre (> 2 ppm)	Control 1	61	4,4	8,6	NS
	Control 2	27	3,1	6,9	NS
	Probable	5	3,3	5,4	NS
	Confirmada	9	1,2	0,9	NS
Biocida (según fabricante)	Control 1	59	53,7	81,2	NS
	Control 2	27	108,0	258,4	NS
	Probable	6	28,3	25,4	NS
	Confirmada	3	18,9	11,9	NS
Hierro (< 2 ppm)	Control 1	108	1,1	2,2	0,005
	Control 2	53	0,4	0,5	0,005
	Probable	7	0,3	0,2	NS
	Confirmada	8	0,4	0,3	NS
thca (< 180 ppm)	Control 1	71	592,8	631,3	NS
	Control 2	37	669,7	545,7	NS
	Probable	7	653,7	701,4	NS
	Confirmada	6	276,7	213,3	NS
tac (80-300 ppm)	Control 1	74	434,5	246,6	NS
	Control 2	35	414,3	233,1	NS
	Probable	4	472,6	208,6	NS
	Confirmada	3	278,7	198,4	NS
tds (< 1.000 ppm)	Control 1	62	2.471,1	2.102,0	NS
	Control 2	34	2.505,9	1.779,5	NS
	Probable	4	2.420,8	950,9	NS
	Confirmada	2	1.400,5	70,0	NS
Temperatura (< 20 °C)	Control 1	102	21,4	5,3	NS
	Control 2	52	22,9	5,6	NS
	Probable	8	23,0	6,2	NS
	Confirmada	9	23,4	3,2	NS

NS: no significativo; tac: alcalinidad total; tds: sólidos totales en disolución; thca: dureza cálcica; UFC: unidades formadas de colonias; UNF: unidades nefelométricas de formacina.

un 47% de las torres no utiliza tratamientos previos del agua. Sin duda, un incremento en el uso de los tratamientos de filtración y descalcificación podría contribuir a mejorar significativamente la calidad del agua.

El 100% de las torres estudiadas utilizan un desinfectante, aunque el tipo de desinfectante utilizado varía de forma estadísticamente significativa para cada tipo de torre ($p = 0,021$). Las torres confirmadas son las instalaciones que menos utilizan el hipoclorito (10%), que más utilizan otro biocida (90%) y que menos utilizan la combinación de ambos (0%). Es evidente que los bajos valores de cloro de las torres confirmadas (< 2 ppm) es una consecuencia del uso poco frecuente del hipoclorito. Además, la combinación de hipoclorito y otro biocida sólo se da en las torres control 1 y control 2, instalaciones que tienen unos valores menores de *Legionella*.

El grado de cumplimiento del programa de revisión y limpieza de los elementos internos de las torres de refrigeración es mayor para las torres control 1 y 2 (84,8 y 81,5%, respectivamente) y menor para las torres confirmadas (20%), y difiere de manera estadísticamente significativamente para cada tipo de instalación ($p < 0,01$) y para cada elemento: relleno ($p = 0,066$), bandeja ($p = 0,003$) y separador de gotas ($p = 0,032$). El grado de revisión y limpieza de estos elementos es un buen indicador de las condiciones de mantenimiento de las instalaciones y confirma que las instalaciones con más riesgo (torres confirmadas) son las que tienen un peor mantenimiento.

El grado de cumplimiento de los programas de limpieza anual de los depósitos y desinfecciones periódicas es del 100% para las torres confirmadas y del 87,5, 88,9 y 86,6% para las torres probables, control 2 y control 1, respectivamente. Esta aparente contradicción puede explicarse porque el cumplimiento de estos programas no es garantía suficiente para un correcto mantenimiento de la instalación, ya que el número de limpiezas debería basarse en la evaluación individual del riesgo para cada torre y no de un modo general para todas ellas.

Conclusiones

Para evitar la aparición de la legionelosis comunitaria asociada a torres de refrigeración se proponen adoptar las siguientes medidas: mejorar la calidad del agua realizando tratamientos previos que disminuyan los valores de las variables fisicoquímicas; hacer un seguimiento de todas las variables fisicoquímicas propuestas en el estudio, especialmente de las variables conductividad, temperatura, turbidez y cloro libre; utilizar preferentemente como desinfectante el hipoclorito, ya que ayuda a mantener unos valores elevados de cloro y por su acción bacteriostática o la combinación del hipoclorito con otro biocida, y evaluar el riesgo in-

dividual para cada instalación para que las desinfecciones periódicas de todas las torres sean efectivas; exigir el 100% de cumplimiento del programa de revisión de los elementos internos de las torres.

Agradecimientos

Este estudio contó con una beca concedida por el Colegio Oficial de Farmacéuticos de la provincia de Barcelona.

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Colegio Oficial de Farmacéuticos de la provincia de Barcelona por la financiación del estudio, y al Departament de Salut por la información proporcionada. También queremos agradecer la colaboración de Joan Caylà, Pep Àlvarez y Annabel Pedrol en el diseño del estudio, Andreu Segura y Rosa M. Sala en la revisión de esta publicación, Josep M. Oliva en el soporte informático de la información, Àngel Torres en el asesoramiento y revisión estadística, y los inspectores municipales y del Departament de Salut por su colaboración en la recogida de los datos.

Bibliografía

1. Williams MM, Santo Domingo JW, Meckes MC. Population diversity in model potable water biofilms receiving chlorine or chloramine residual. *Biofouling*. 2005;21:279-88.
2. Storey MV, Ashbolt J, Stenstrom TA. Biofilms, thermophilic amoebae and *Legionella pneumophila*—a quantitative risk assessment for distributed water. *Water Sci Technol*. 2004;50:77-82.
3. Baskerville A, Fizgeorge RB, Broster M, Hambleton P, Dennis PJ. Experimental transmission of legionnaires' disease by exposure to aerosols of *Legionella pneumophila*. *Lancet*. 1981;2:1389-90.
4. García-Fulgueiras A, Navarro C, Fenoll D, García J, González-Diego P, Jiménez-Bunuales T, et al. Legionnaires' disease outbreak in Murcia, Spain. *Emerg Infect Dis*. 2003;9:915-21.
5. Barrufet-Barque MP, Saucá-Subías G, Force-Sanmartín L, Felip-Benach A, Martínez-Pérez E, Capdevila-Morell JA. Estudio de un brote de infección por *Legionella pneumophila*. *Med Clin (Barc)*. 2006;126:178-82.
6. Brots epidèmics declarats a Catalunya l'any 2004. *Butlletí Epidemiològic de Catalunya*. 2005;26:173-85.
7. Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénicos-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
8. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya. Decret 352/2004, de 27 de juliol, pel qual s'estableixen les condicions higienicosanitàries per a la prevenció i el control de la legionel·losi.
9. Department of Human Services. Public Health Division. A guide to developing risk management plans for cooling tower systems. [citado 8 Jun 2007]. Disponible en: <http://www.health.vic.gov.au/environment/downloads/fullrmp.pdf>
10. Ordóñez JM, Pelaz-Antolín C, Ferrer-Simó JB, García-Comas L. Prevalencia de *Legionella* en torres de refrigeración de la Comunidad de Madrid. *Med Clin (Barc)*. 2006; 126:189-95.