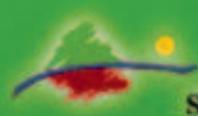


IX Congreso Nacional de Sanidad Ambiental

"Los Retos de la Salud Ambiental en el contexto de la Unión Europea"



Sevilla 2007
28, 29 y 30 Noviembre.



SESA

Volumen VI
Número 1 y 2
Junio-diciembre 2006
Valencia

REVISTA DE

SALUD AMBIENTAL

REVISTA DE SALUT AMBIENTAL • REVISTA DE SAÚDE AMBIENTAL • INGURUGIRO-OSASUNEKO ALDIZKARIA

LAS OBRAS
DE
HIPPOCRATES

I Jornadas sobre prevención y control de legionelosis

M.A.S. SELEKTAS
I.USTRADAS
POR EL D.^a ANDRÉS PIQUER,
Medico de S. M. y su Proto-Medico de Casti-
lla, Cathedratico de Anatomia de la Univer-
sidad de Valencia, Socio de la Regia Sociedad
de Sevilla, y Vice-Presidente de la Real
Academia Medica-Matritense
por S. M.

Madrid, 14 y 15 de junio de 2006

TOMO SEGUNDO.

CON PRIVILEGIO.

MADRID. En la Oficina de Joachin Ibarra, calle de las Urofás.
Año M. DCC. LXI.

SOCIEDAD ESPAÑOLA



DE SANIDAD AMBIENTAL

Rev. salud ambient. 2006;6(1-2): 1-94

REVISTA DE SALUD AMBIENTAL**Revista de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental**

La *Revista de Salud Ambiental*, órgano de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental, pretende actuar como publicación científica en el ámbito de las disciplinas destinadas a proteger la salud de la población frente a los riesgos ambientales y, a su vez, permitir el intercambio de experiencias, propuestas y actuaciones entre los profesionales de la Sanidad Ambiental y disciplinas relacionadas como son la Higiene Alimentaria, la Salud Laboral, los Laboratorios de Salud Pública, la Epidemiología Ambiental o la Toxicología Ambiental.

Periodicidad: 2 números al año**Correspondencia científica:**

Revista de Salud Ambiental

Apartado de correos 108, 46110 Godella, Valencia

Comité de Redacción:

Direcció General de Salut Pública

C/ Micer Mascó 33, 46010 Valencia

Suscripciones

Secretaría administrativa de SESA: TILES A OPC, S.L.

C/ Londres, 17; 28028 MADRID

TELF: 913 612 600; FAX: 913 559 208; Email: sesa@tilesa.es**Precios suscripciones**

Para los miembros de la SESA la suscripción está incluida en la cuota de socio

Suscripción anual: **25 €**Ejemplar suelto: **16 €**Ejemplar doble: **28 €**

Para el extranjero los precios son los mismos más los gastos de envío.

D. L.: V-2.644-2001

ISSN: 1577-9572

Imprime: Federico Domenech, S. A.

Este número monográfico de *REVISTA DE SALUD AMBIENTAL* se ha publicado con el apoyo del Ministerio de Sanidad y Consumo

COPYRIGHT Cuando el manuscrito es aceptado para su publicación, los autores ceden de forma automática el Copyright a la Sociedad Española de Sanidad Ambiental. Ninguno de los trabajos publicados en la *Revista de Salud Ambiental*, podrá ser reproducido, total o parcialmente, sin la autorización escrita de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

REVISTA DE SALUD AMBIENTAL

Sociedad Española de Sanidad Ambiental

TIPOS DE ARTÍCULOS:

La Revista consta de las siguientes secciones:

- **Originales.** Trabajos de investigación, artículos de revisión y estudios de casos y análisis de actuaciones sobre Salud y Medio Ambiente (Sanidad Ambiental, Higiene Alimentaria, Salud Laboral, Laboratorios de Salud Pública y Toxicología) Tendrán la siguiente estructura: resumen, palabras clave, texto (introducción, material y métodos, resultados y discusión), agradecimientos y bibliografía. La extensión máxima del texto será de doce hojas tamaño DIN-A4, mecanografiadas a doble espacio, utilizando letra Arial 11, admitiéndose un máximo de seis figuras y seis tablas. Es aconsejable que el número de autores no sobrepase los seis.

- **Colaboraciones Especiales.** El texto tendrá una extensión máxima de quince hojas de tamaño DIN-A4, mecanografiadas a doble espacio, utilizando letra Arial 11 La bibliografía no será superior a las cien citas. Opcionalmente el trabajo podrá incluir tablas y figuras.

- **Noticias SESA.** sección dedicada a las actividades y proyectos concretos de la Sociedad y a proporcionar a los asociados información de interés técnico o normativo.

- **Otras Secciones.** La *Revista de Salud Ambiental* incluye otras secciones tales como Editoriales, Cartas al director, reseñas de libros, etc.

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

Las siguientes normas de publicación son un resumen de los "Requisitos de uniformidad para manuscritos presentados a revistas biomédicas" (estilo Vancouver) 5ª edición, elaborados por el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, publicadas en: Rev Esp Salud Pública 1997; 71:89-102.

Los manuscritos, con la correspondiente numeración, se presentarán de acuerdo al siguiente orden: página del título, resumen, texto, bibliografía, tablas, pies de figuras y figuras

Página del título. **En esta página se indicarán los siguientes datos:**

Título del artículo (conciso pero informativo)

Nombre y dos apellidos de cada uno de los autores.

Nombre completo del centro de trabajo de cada uno de los autores

Nombre y dirección completa, del responsable del trabajo o del primer autor, incluyendo número de teléfono y del telefax y dirección del correo electrónico si dispone de ella.

Becas o ayudas para la subvención del trabajo y otras especificaciones, cuando se considere necesario.

Resumen y palabras clave Se incluirá en la segunda página, con una extensión máxima de 250 palabras. Se describirá de forma concisa el motivo de la investigación, la manera de llevar a cabo la misma, los resultados más destacados y las principales conclusiones del trabajo.

Debajo del resumen se especificarán de tres a diez **palabras clave** que identifiquen el contenido del trabajo para su inclusión en los repertorios y bases de datos

Tanto el título como el resumen y las palabras clave deben ir acompañadas de su traducción al inglés.

Texto

Las páginas siguientes serán las dedicadas al texto del artículo. Los artículos originales deben ir divididos en los siguientes apartados: Introducción, Material y métodos, Resultados y Discusión. Algún tipo de artículos, como revisiones, presentaciones de casos, etc., puede precisar otro formato diferente.

Introducción. Debe indicar con claridad y de forma resumida los fundamentos del trabajo y la finalidad del mismo, no incluyendo datos o conclusiones del trabajo que se publica

Material y métodos. Debe describir claramente la metodología utilizada, incluyendo la selección de personas o material estudiado, indicando los métodos, aparatos y/o procedimientos con suficiente detalle par permitir reproducir el estudio a otros investigadores. Se expondrán los métodos estadísticos y de laboratorio empleados.

Cuando se trate de trabajos experimentales en los que se hayan utilizado grupos humanos o animales, indicar las normas éticas seguidas por los autores. Los estudios experimentales en humanos deberán contar con la correspondiente aprobación.

Cuando se haga referencia a productos químicos o medicamentos debe indicarse el nombre genérico.

Resultados. Los resultados deben ser concisos y claros, incluyendo el mínimo necesario de tablas y figuras, de modo que no exista repetición de datos en el texto, y en las figuras y tablas.

Discusión. Se considerarán los resultados presentados comparándolos con otros publicados, así como las conclusiones y aplicaciones. No deberán repetirse con detalle los resultados del apartado anterior y las conclusiones se apoyarán en los resultados del trabajo.

Agradecimientos. Cuando se considere necesario se citará a las personas, centros o entidades que hayan colaborado en la realización del trabajo sin llegar a la calificación de autor.

Bibliografía. Las referencias bibliográficas se presentarán según el orden de aparición en el texto con la correspondiente numeración correlativa en números arábigos en superíndices. A continuación citamos algunos ejemplos :

Artículos de Revistas

Vega KJ, Pina I, Krevsky B. Heart Transplantation is associated with an increased risk for pancreatobiliary disease. Ann Intern Med 1996;124:980-3.

Libros y Otras Monografías

Ringsven MK, Bond D. Gerontology and leadership skills for nurses. 20 ed. Albany (NY): Delmar Publishers;1996.

Institute of Medicine (US). Looking at the future of the Medicaid programme. Washington (DC): The Institute; 1992.

Capítulo de libro

Phillips SJ, Whisnant JP. Hypertensión and stroke. En: Laragh JH, Brenner BM, editores. Hypertensión: pathophysiology, diagnosis and management. 20 ed. Nueva York: Raven Press;1995. p. 465-78.

Actas de conferencias

Kimura J, Shibasaki H, editors. Recent advances in clinical neurophysiology. Proceedings of the 10th International Congress of EMG and Clinical Neurophysiology; 1995 Oct 15-19; Kyoto, Japón. Amsterdam: Elsevier; 1996.

Documentos legales

Real Decreto 202/2000, de 11 de febrero, por el que se establecen las normas relativas a los manipuladores de alimentos. BOE núm. 48, de 25 de febrero

Internet

Donaldson L, May R. Health implications of genetically modified foods. 1999, Disponible en: www.doh.gov.uk/gmfood.htm.

Tablas

Las tablas se presentarán en hojas aparte del texto, una hoja por tabla, numeradas correlativamente con números arábigos, título en la parte superior y con las pertinentes notas explicativas al pie

Figuras

Deberán ir numeradas consecutivamente, según el orden de aparición en el texto, en números arábigos. El pie contendrá la información necesaria para interpretar correctamente la figura sin recurrir al texto.

PRESENTACIÓN DE MANUSCRITOS Y PROCESO EDITORIAL

Los manuscritos se enviarán por triplicado a la *Revista de Salud Ambiental*, mecanografiados a doble espacio, utilizando letra tipo Arial 11, en folios DIN A4, dejando márgenes laterales, superior e inferior de 2,5 cm. Se acompañarán de una carta de presentación, firmada por todos los autores, en la que se solicitará la evaluación de los mismos para su publicación en alguna de las secciones de la Revista, con indicación expresa de tratarse de un trabajo original, no haber sido difundido ni publicado anteriormente, excepto en forma de resumen, y únicamente ser enviado a la *Revista de Salud Ambiental* para su evaluación y publicación

La redacción de la *Revista de Salud Ambiental* acusará recibo a los autores de los trabajos que le lleguen y posteriormente informará de su aceptación o rechazo.

Los manuscritos serán revisados de forma anónima por evaluadores externos. La redacción de la *Revista de Salud Ambiental* se reserva el derecho de rechazar los artículos que no juzgue apropiados para su publicación, así como el de introducir modificaciones de estilo para adaptarse a las normas de publicación, comprometiéndose a respetar el contenido del original.

El manuscrito definitivo será enviado por los autores por duplicado, incluyendo el correspondiente disquete e indicando el programa utilizado

Cuando el artículo se halle en prensa, el autor recibirá las pruebas impresas para su corrección, que deberá devolver a la redacción de la revista dentro de las 72 horas siguientes a su recepción

La *Revista de Salud Ambiental* no devolverá los manuscritos originales, hayan sido aceptados o no para su publicación.

Una vez publicado cada número de la *Revista de Salud Ambiental*, los autores de los trabajos publicados en él recibirán cada uno dos ejemplares del mismo.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Se incluirá el permiso de publicación por parte de la institución que haya financiado la investigación, si procede.

El envío del manuscrito implica que este no ha sido publicado anteriormente y que no está considerándose para su publicación en otra revista, libro, etc.

La responsabilidad de obtener los correspondientes permisos para reproducir parcialmente material de otras publicaciones corresponde a los autores.

La *Revista de Salud Ambiental* declina cualquier responsabilidad sobre posibles conflictos derivados de la autoría de los trabajos que se publiquen

La *Revista de Salud Ambiental* no acepta la responsabilidad de las afirmaciones realizadas por los autores.

COPYRIGHT Cuando el manuscrito es aceptado para su publicación, los autores ceden de forma automática el Copyright a la Sociedad Española de Sanidad Ambiental. Ninguno de los trabajos publicados en la *Revista de Salud Ambiental*, podrá ser reproducido, total o parcialmente, sin la autorización escrita de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental.

REVISTA DE

Volumen VI
Número 1 y 2
Junio-diciembre 2006
Valencia

SALUD AMBIENTAL

REVISTA DE SALUT AMBIENTAL • REVISTA DE SAÚDE AMBIENTAL • INGURUGIRO-OSASUNEKO ALDIZKARIA

I Jornadas sobre prevención y control de legionelosis

Madrid, 14 y 15 de junio de 2006

SOCIEDAD ESPAÑOLA



DE SANIDAD AMBIENTAL

I Jornadas sobre prevención y control de legionelosis

Madrid, 14 y 15 de junio de 2006

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente:

José María Ordóñez Iriarte

Secretaria:

Margarita Palau Miguel

Tesorero:

José Jesús Guillén Pérez

Vocales:

José Frutos García García
María Elisa Gómez Campoy
Ricardo Iglesias García
Guadalupe Martínez Juárez

COMITÉ CIENTÍFICO

Presidenta:

María Elisa Gómez Campoy

Secretaria:

Covadonga Caballo Diéguez

Vocales:

Isable Abad Sanz
José Añó Sais
Rosa Cano Portero
Fernando Carreras Vaquer
Olivia Castillo Soria
Eduardo de la Peña de Torres
Ángeles Hernández Aguado
Isable Marín Rodríguez
María Eugenia Martínez Domínguez
Rosa Monterde Martínez
José María Ordóñez Iriarte
Carmen Pelaz Antolín
Loreto Santa Marina Rodríguez
María Saquero Martínez

SALUD AMBIENTAL

REVISTA DE SALUT AMBIENTAL • REVISTA DE SAÚDE AMBIENTAL • INGURUGIRO-OSASUNEKO ALDIZKARIA

SUMARIO

PRÓLOGO	
Fernando Carreras Vaquer.....	3
PRESENTACIÓN	
Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA).....	4
EDITORIAL	
La legionelosis: ¿un problema de salud pública o para la salud pública? José M ^a Ordóñez Iriarte.....	5
PONENCIAS	
Vigilancia epidemiológica de legionelosis. Rosa Cano Portero y Carmen Martín Mesonero.....	7
Sistemas de información geográfica en salud pública: su aplicación al programa de vigilancia y control de la legionelosis. Emiliano Aránguez Ruiz, Miriam Arribas García, Alicia Estirado Gómez, Isabel Abad Sanz y M ^a José Soto Zabalgoageazcoa.....	11
Modelo de control y vigilancia en sanidad ambiental basados en sistemas de autocontrol. Loreto Santa Marina Rodríguez y Elena Serrano Ibarra.....	17
Influencia de los factores meteorológicos y geográficos en la difusión y transportes de sustancias contaminantes. Julio Díaz Jiménez y Cristina Linares Gil.....	20
Enfriadores evaporativos, humidificadores y otras instalaciones ¿presentan un menor riesgo de legionelosis tal y como contempla su clasificación en el Real Decreto 865/2003? Gregorio de Dios de Dios.....	25
Tratamientos y diseños alternativos de las instalaciones de riesgo de proliferación de Legionella Neumophila. José Macías Macías.....	30
Materiales de construcción de las redes de agua caliente y fría sanitaria y resistencia frente a los tratamientos de desinfección. Jorge Marcó Gratacós.....	43
Estudio sobre la efectividad para la prevención de la legionelosis del sistema de calentamiento instantáneo, instalado en la red de agua sanitaria de un hospital. África López Guillén, Josep M ^a Oliva Sole, Laura Gavalda Mestre y Teresa Pellicer Formatger.....	51
Biocidas. Eficacia. Criterios para su evaluación y autorización. Covadonga Caballo Diéguez.....	56
Limpieza y Desinfección: Riesgo Toxicológico. Sebastián Sánchez-Fortún Rodríguez.....	61
Análisis sobre la normativa de las aguas minero-medicinales. Posibles tratamientos. María del Mar Corral Lledó, Miguel Abolafia de Llanos y Juan Antonio López Geta.....	69
Capacitación del personal que realiza las operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones de riesgo frente a Legionella. Milagros Fernández de Lezeta Sáez de Jáuregui.....	73
Situación de las empresas de mantenimiento higiénico-sanitario de instalaciones de riesgo de legionelosis en la Comunidad de Madrid. Consuelo de Garrastazu Díaz.....	76
Métodos analíticos para el estudio de Legionella Carmen Pelaz Antolín.....	80
La técnica de PCR: ¿En qué fase de desarrollo técnico se encuentra? Vicente Catalán Cuenca.....	85
Criterios microbiológicos y de muestreo establecidos en la legislación vigente para el control de Legionella. Isabel Inza Rojas y M ^a José Figueras Salvat.....	89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
José M ^a Ordóñez Iriarte, M ^a Elisa Gómez Campoy, María Saquero Martínez y Comité Científico.....	92

CONTENTS

FOREWORD	
Fernando Carreras Vaquer.....	3
PRESENTATION	
Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA).....	4
EDITORIAL	
Legionellosis: Is it a public health problem or a problem for the public health? José M ^a Ordóñez Iriarte.....	5
REPORTS	
Epidemiologic surveillance of Legionellosis. Rosa Cano Portero y Carmen Martín Mesonero.....	7
GIS in public health: applications in the legionnaires' disease prevention programme. Emiliano Aránguez Ruiz, Miriam Arribas García, Alicia Estirado Gómez, Isabel Abad Sanz y M ^a José Soto Zabalgoageazcoa.....	11
Control and surveillance in environment health based on self-control systems. Loreto Santa Marina Rodríguez y Elena Serrano Ibarra.....	17
Influence of the meteorological and geographical factors in the diffusion and transportation of pollutants in the air. Julio Díaz Jiménez y Cristina Linares Gil.....	20
Evaporative coolers, humidifiers and other systems, have less risk of Legionella proliferation as it show their classification in the Spanish law (RD 865/2003)? Gregorio de Dios de Dios.....	25
Alternatives treatment in the installations for legionellosis risk reduction. José Macías Macías.....	30
Construction materials for hot water and drinking water systems and its resistance in front of disinfection treatments. Jorge Marcó Gratacós.....	43
Effectiveness study of a pasteurization system in controlling contamination with Legionella installed in a hospital's hot water system África López Guillén, Josep M ^a Oliva Sole, Laura Gavalda Mestre y Teresa Pellicer Formatger.....	51
Biocides. Efficacy. Criteria for its assessment and authorization. Covadonga Caballo Diéguez.....	56
Cleaning and Disinfection: Toxicological Risk. Sebastián Sánchez-Fortún Rodríguez.....	61
Analysis of mining-medical waters regulation. Possible treatments. María del Mar Corral Lledó, Miguel Abolafia de Llanos y Juan Antonio López Geta.....	69
Professional training for hygienic and sanitation maintenance of systems and equipments with risk of legionellosis. Milagros Fernández de Lezeta Sáez de Jáuregui.....	73
Situation of the companies of hygienic maintenance of facilities of risk of legionellosis in Madrid. Consuelo de Garrastazu Díaz.....	76
Methods for Legionella detection. Carmen Pelaz Antolín.....	80
PCR technology: In which stage of technical development is? Vicente Catalán Cuenca.....	85
Microbiological and sampling criteria established in the present Spanish legislation for the control of Legionella. Isabel Inza Rojas y M ^a José Figueras Salvat.....	89
CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	
José M ^a Ordóñez Iriarte, M ^a Elisa Gómez Campoy, María Saquero Martínez y Comité Científico.....	92

REVISTA DE SALUD AMBIENTAL
Sociedad Española de Sanidad Ambiental

COMITÉ DE REDACCIÓN

Editor:

José Vicente Martí Boscà
Dirección General de Salud Pública.
Valencia
marti_josboc@gva.es

Editores adjuntos:

Encarna Santolaria Bartolomé
Dirección General de Salud Pública
Valencia
santolaria_enc@gva.es

José María Ordoñez Iriarte
Dirección General de Salud Pública y Alimentación
Madrid
josemaria.ordonez@salud.madrid.org

COMITÉ EDITORIAL

La Junta Directiva de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental

Presidente:

José Vte. Martí Boscà

Vicepresidente:

José M^a Ordóñez Iriarte

Secretario:

Ricardo Iglesias García

Tesorero:

José Jesús Guillén Pérez

Vocales:

Eduardo de la Peña de Torres
María Elisa Gómez Campoy
Guadalupe Martínez Juárez
José Frutos García García
Covadonga Caballo Diéguez
Saúl García Dos Santos
María Jesús Pérez Pérez
Isabel Marín Rodríguez

PRÓLOGO

FOREWORD

Fernando Carreras Vaquer

Subdirector general de Sanidad Ambiental y Salud Laboral. Ministerio de Sanidad y Consumo

Entre el Ministerio de Sanidad y Consumo y la Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA) se viene manteniendo una excelente línea de colaboración que ha aportado aspectos muy beneficiosos a ambas instituciones, por lo que nos sentimos especialmente satisfechos.

Por ello, cuando en la reunión 99 de la Comisión de Salud Pública, del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud, se promovió la conveniencia de realizar unas Jornadas técnicas sobre *Legionella*, desde la Dirección General de Salud Pública se consideró que la organización del evento por la Sociedad Española de Sanidad Ambiental aportaría un importante valor añadido, por ser un foro que aglutina a profesionales y científicos relacionados con la Salud Ambiental.

En este sentido, por parte del Departamento se solicito su colaboración y de la aceptación de la propuesta nacieron las primeras Jornadas sobre Prevención y Control de Legionelosis.

El control de la proliferación y dispersión de *Legionella* es un problema complejo en el que hay que tener en cuenta múltiples factores y que debe ser abordado desde una visión multidisciplinar. Sin olvidar que la legionelosis suele venir acompañada de un gran impacto mediático, asociado a los brotes comunitarios que produce.

En este sentido, el programa definido por el Comité Organizador de las Jornadas y perfectamente orientado por su Comité Científico, abarcó una revisión de todos los aspectos que influyen en la proliferación y diseminación de *Legionella*. Comenzando por la biología y la ecología de la bacteria, los sistemas de información; la influencia del diseño y el mantenimiento en las instalaciones de riesgo; los tratamientos de desinfección y por último abordando la vigilancia de la legionelosis en salud pública. Recogiendo las principales inquietudes surgidas de la aplicación de la Legislación actual, con objeto de permitir profundizar en nuevos avances para la prevención de la enfermedad y desarrollar nuevos criterios de control.

Quiero, por último, agradecer a la Sociedad Española de Sanidad Ambiental el haber aceptado el difícil reto de la organización de las Jornadas, pudiendo afirmar que fueron un completo éxito, tanto en los aspectos de la convocatoria y organización, como en lo referente a la labor realizada por el Comité Científico, habiendo acertado plenamente en la selección de los temas tratados y en la elección de los ponentes.

Con la publicación de este monográfico en la Revista Salud Ambiental se aglutinan los aspectos técnicos más significativos debatidos en las Jornadas, siendo un magnífico colofón a las mismas.

PRESENTACIÓN

PRESENTATION

Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA)

El Ministerio de Sanidad y Consumo encargó a la Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA) la realización de las primeras Jornadas de Prevención y Control de la Legionelosis que presentamos en este monográfico de la Revista Salud Ambiental. La ocasión no pudo ser más propicia, viendo cómo la legionelosis visita, en forma de brotes más o menos agresivos, a todas las Comunidades Autónomas de nuestro país, que por otro lado son las responsables de lidiar con este tema de salud pública.

En primer lugar, la Sociedad quiere manifestar su agradecimiento al Ministerio y más en concreto al Director General de Salud Pública por, al menos, tres aspectos:

- Por la sensibilidad en querer organizar unas Jornadas sobre un tema, la Legionelosis, que sigue despertando gran interés. Sirva de ejemplo que se recibieron más de 600 solicitudes de inscripción, de las cuáles sólo se pudieron aceptar 200, que es el aforo de la sala.
- Por haber conseguido llevar a las Jornadas, a pesar del escaso tiempo que han tenido, las Guías de Legionelosis, Guías que sin duda van a contribuir a mejorar la toma de decisiones en nuestro trabajo diario, y por último,
- Por la confianza depositada en SESA para organizar estas Jornadas.

Estas Jornadas pretendieron ser un punto de encuentro técnico para intentar dar respuesta a los interrogan-

tes que se plantean los Técnicos de Salud Pública en el día a día con respecto a la prevención de la Legionelosis. Se sabe que *Legionella* es una bacteria "joven", pero también se sabe que las vigentes normativas, tanto estatal como autonómicas, están redactadas a la luz del actual conocimiento científico.

Para que estas Jornadas fuesen útiles, el Comité Científico presidido por Elisa Gómez Campoy, Jefa de Servicio de Sanidad Ambiental de Murcia, decidió, recoger a través de los Delegados de SESA, las dudas que tenían los Técnicos de Sanidad Ambiental de todas las CCAA sobre el tema de la Legionelosis; estas dudas fueron trasladadas a los diferentes Ponentes para que las respondieran, lo que hicieron de forma excelente tanto en lo que fueron las exposiciones orales como los artículos escritos que se pueden leer a continuación.

El Comité Organizador, dirigido por el Vicepresidente de SESA, José M^º Ordóñez Iriarte, no quiere dejar pasar la ocasión de dar las gracias a todos los que contribuyeron a que las Jornadas pudiesen ser un éxito. Muchos son los que colaboraron, pero al menos se quiere reseñar a tres especialmente: a Fernando Carreras Vaquer, Subdirector General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral, Margarita Alonso Capitán y, cómo no, siempre estuvo al quite Margarita Palau Miguel, todos ellos de la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo.

Gracias a todos.

LA LEGIONELOSIS: ¿UN PROBLEMA DE SALUD PÚBLICA O PARA LA SALUD PÚBLICA?

LEGIONELOSIS: IS IT A PUBLIC HEALTH PROBLEM OR A PROBLEM FOR THE PUBLIC HEALTH?

José M^a Ordóñez Iriarte

Dirección General de Salud Pública y Alimentación. Comunidad de Madrid.

La *enfermedad del legionario* se refiere a un brote de neumonía que afectó a 221 personas y provocó 34 fallecimientos durante la Convención de la Legión Americana en el hotel Bellevue-Stratford, de Filadelfia, durante los meses de julio y agosto de 1976⁽¹⁾. Descrito inicialmente como *agente de la enfermedad del legionario*, McDade y sus colaboradores evidenciaron que se estaba ante una nueva especie de bacteria a la que bautizaron con el nombre de *Legionella pneumophila*⁽¹⁾⁽²⁾. Por serotipación se descubrió que este agente había sido responsable de epidemias anteriores de neumonía, incluidos 20 casos de neumonía grave entre los asistentes a una Convención en el mismo hotel de Filadelfia, en 1974. Además, en julio de 1968, en 144 empleados y visitantes del edificio del Departamento de Salud, en Pontiac, Michigan, apareció una enfermedad que consistía en fiebre, mialgias, cefalea y malestar que se curó espontáneamente, y fue llamada fiebre de Pontiac. Posteriormente se reconoció que el brote de Pontiac estuvo causado por una especie distinta del mismo género *Legionella* (*L. micdadei*)⁽³⁾. Otros brotes que pudieron ser explicados de forma retrospectiva datan de 1965, en un Hospital psiquiátrico de Washington y, en 1957 en una planta de envasado de alimentos, en Filadelfia⁽⁴⁾.

En España el primer brote identificado, también de forma retrospectiva, ocurrió en un hotel de Benidorm que presentó nuevos casos en años sucesivos⁽⁵⁾⁽⁶⁾, si bien, la aparición de esta enfermedad, en forma de brotes con gran afectación, en cuanto a magnitud e impacto social y mediático, no comenzó hasta más tarde, en la década de los años 90 y comienzos del siglo XXI, con los brotes de Alcalá de Henares (Madrid)⁽⁷⁾ y de Murcia⁽⁸⁾, como más paradigmáticos.

La enfermedad del legionario, con su manifestación típica de neumonía, tiene una presentación en forma de casos esporádicos y de brotes epidémicos, con una mayor afectación en inmunodeprimidos, individuos de edad avanzada, fumadores o con broncopatía crónica. En la comunidad, la mayor parte de los casos son esporádicos sin relación con brotes conocidos⁽⁹⁾, cuyas fuentes de infección raramente son identificadas. La mejora en su diagnóstico de laboratorio está permitiendo empezar a valorar su magnitud⁽¹⁰⁾, de tal forma que puede decirse que "la dificultad en llegar al diagnóstico ha sido determinante en la historia de la enfermedad de los legionarios hasta nuestros días"⁽¹⁰⁾.

Legionella encuentra su reservorio natural en ambientes acuáticos naturales y en el suelo húmedo, en simbiosis con protozoos de vida libre, siempre a bajas concentraciones y sin causar enfermedad. La capacidad de contaminar cualquier sistema acuático humano, a partir de este reservorio, es muy grande y por tanto las fuentes de transmisión de la enfermedad, elevadas⁽¹¹⁾.

Se multiplica fundamentalmente en el interior de amebas y ciliados, siendo capaz de alterar el metabolismo propio de estos organismos a su favor. De ahí sus altas exigencias en cuanto a nutrientes en los medios de cultivo de laboratorio⁽¹²⁾.

Ya que *Legionella* es capaz de sobrevivir en el interior de los quistes améebicos, éstos constituyen un mecanismo de defensa, también para la bacteria, frente a condiciones ambientales adversas y facilitan la diseminación y colonización de otras fuentes⁽¹²⁾.

El paso de *Legionella* a los sistemas hídricos humanos se produce, fundamentalmente, por contaminación de la red de distribución, vehiculizada por estas amebas, las cuales se adhieren fuertemente a las incrustaciones calcáreas de las superficies de conducciones y depósitos, formando parte de complejos biofilms bacterianos⁽¹¹⁾⁽¹³⁾; de ahí la dificultad de la desinfección de los sistemas y sus frecuentes recontaminaciones. *Legionella* crece en un rango de temperaturas de 25 a 43 °C, y de forma muy rápida entre 35-37 °C.

Para infectar a las personas, entre otras variables a tener en consideración, *Legionella* tiene que ser aerosolizada en pequeñas gotas de agua (cuanto más pequeñas mayor la posibilidad de colonizar el parénquima pulmonar) y alcanzar en la propia gota una concentración crítica⁽¹⁾⁽⁶⁾.

Existe una cierta controversia relativa a la indicación de la determinación de *Legionella* como medida preventiva y de control en los sistemas de riesgo. Efectivamente, la bacteria es ubicua y puede ser aislada en un alto porcentaje de instalaciones, sin que ello se resuelva necesariamente en el desarrollo de un brote o enfermedad esporádica. Por otro lado su distribución en los sistemas de riesgo no es homogénea, porque las tomas de muestras suelen carecer de representatividad, lo que unido a las exigencias de crecimiento descritas, ocasiona

que se obtengan falsos negativos en las pruebas de laboratorio⁽¹⁴⁾.

En nuestro país, la legionelosis fue incluida en el año 1996 como enfermedad de declaración obligatoria a través del Real Decreto 2210/1995, por el que se crea la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica⁽¹⁵⁾. Desde entonces la notificación, que sigue siendo muy desigual por Comunidades Autónomas, permite conocer la magnitud del problema que se sitúa en torno a la tasa de incidencia anual de 3,5 casos por 100.000 habitantes.

En respuesta a este problema de Salud Pública, tanto el Ministerio de Sanidad y Consumo⁽¹⁶⁾ como las CCAA reaccionaron instaurando sus correspondientes guías de prevención dirigidas a distintos colectivos, han diseñado programas de vigilancia y control y se han dotado de su marco normativo específico. Sin embargo el empeño no es fácil. *Legionella* se encuentra de forma natural en las instalaciones. En un estudio realizado en la Comunidad de Madrid, el 18 % de las torres de refrigeración estudiadas tenían presencia de *Legionella*, y ésta estaba asociada con el funcionamiento discontinuo de la torre, la falta de realización de los preceptivos tratamientos de limpieza, la ausencia de utilización de productos coadyuvantes de la desinfección, los bajos niveles de cloro y la turbidez⁽¹⁷⁾.

A pesar de los grandes avances que en materia de prevención y control de la legionelosis se han hecho en nuestro país en estos últimos años, *Legionella* sigue visitando las CCAA en forma de casos pero también en forma de brotes, generando alarma social y desazón entre los Técnicos de Sanidad Ambiental que trabajan en su control.

Por ello, la Sociedad Española de Sanidad Ambiental, en colaboración con el Ministerio de Sanidad y Consumo organizó las I Jornadas sobre Prevención y Control de legionelosis con el objetivo de posibilitar un debate entre los Técnicos de Sanidad Ambiental de todas las Comunidades Autónomas, en orden a conocer los avances en el control de *Legionella* e intercambiar experiencias.

En el presente suplemento de *Revista de Salud Ambiental* se publican en forma de artículos de revisión las diferentes ponencias que conformaron las I Jornadas de Prevención y Control de Legionelosis.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-Harrison. Principios de Medicina Interna. 13ª edición. Madrid, McGraw-Hill-Interamericana, 1994
- 2.-McDade JE, Shepard CC, Fraser DW, Tsai DR, et al. Legionnaires' disease: isolation of a bacterium and demonstration of its role in other respiratory disease. N England J Med 1977; 297: 1197-203
- 3.-Greg MB, Berman B, Mallison W, Rhodes WW, Kassanoff I An epidemic of unknown etiology in a health department I. Clinical and epidemiologic aspects. Am J Epidemiol 1978; 107: 149-60
- 4.-McDade JE, Brenner DJ, Bozeman FM Legionnaires' disease bacterium isolated in 1957. Ann Intern Med 1979 ; 90 : 659-61
- 5.-Grist NR, Reid D, Nájera R Legionnaires' disease and the traveller. Ann Intern Med 1979; 90: 563-64
- 6.-Pelaz C, Martín C. Legionelosis. Datos de España, diagnóstico de laboratorio y recomendaciones para su prevención y control en instalaciones de edificios. Madrid, Instituto de Salud "Carlos III", 1993
- 7.-Boletín Epidemiológico de la Comunidad de Madrid. Informe: Brote de neumonía por *Legionella* de Alcalá de Henares. Número monográfico. Madrid. Consejería de Sanidad, Abril, 1997.
- 8.-Navarro C, García A y Grupo de Estudio del Brote. Brote comunitario de legionelosis en Murcia en julio de 2001. Avance de resultados. Gac Sanit 2001; 15 (Supl 2) 31, 133 bis
- 9.-Vaqué J. Epidemiología de la legionelosis. Med Clin (Barc) 2002; 119 (Supl 2): 14-24.
- 10.-Sabrià M Legionelosis. Pasado, presente y futuro. Med Clin (Barc) 2002; 119 (Supl 2): 4-8.
- 11.-Fields BS, Benson RF, Besser RE Legionella and Legionnaires' disease: 25 years of Investigation. Clinical Microbiology Reviews, July 2002: 506-26
- 12.-Prats G, Domínguez A Legionella. El microorganismo. Med Clin (Barc) 2002; 119 (Supl 2): 9-13
- 13.-Nehapetian K, Challemel O, Beurtin D, Dubrou S, Gounon P, Squinazi F. The intracellular multiplication of *Legionella pneumophila* in protozoa from hospital plumbing systems. Res Microbiol 1991; 142:677-85
- 14.-Ciurana B. Recogida y análisis de muestras ambientales. Med Clin (Barc) 2002; 119 (Supl 2): 58-63.
- 15.-Real Decreto de 28 de diciembre, por el que se crea la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Real Decreto 2210/1995. BOE de 24 de enero de 1996.
- 16.-Real Decreto de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. Real Decreto 865/2003. BOE de 18 de julio de 2003.
- 17.-Ordóñez-Iriarte JM, Ferre-Simó JB, Pelaz-Antolín C, García-Comas L y Comisión del Programa de Prevención y Control de la legionelosis. Med Clin 2006; 126(5): 189-95

VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE LEGIONELOSIS

EPIDEMIOLOGIC SURVEILLANCE OF LEGIONELLOSIS

Rosa Cano Portero, Carmen Martín Mesonero

Centro Nacional Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España.

RESUMEN

España está entre los países con tasas más altas de la Unión Europea y al igual que en otros países se ha producido un aumento de la incidencia de esta enfermedad relacionada con el uso de métodos diagnósticos más sensibles. Sin embargo la gran variación en la distribución geográfica de tasas y brotes notificados podría explicarse por un diferente esfuerzo diagnóstico por parte de las comunidades autónomas. A pesar de la existencia de normas y para la prevención de la enfermedad siguen produciéndose brotes, algunos de gran magnitud. La fuente de infección identificada con mayor frecuencia son los sistemas de agua sanitaria debido al elevado número de brotes que se asocian a las instalaciones hoteleras. Le siguen en frecuencia los brotes causados por dispositivos de refrigeración. Estos últimos son los que producen más casos.

PALABRAS CLAVE: Legionelosis. Vigilancia Epidemiológica.

SUMMARY

Spain is among the countries with the highest incidence rates in the European Union and has seen the same increase in trends of legionellosis. This fact has been related to the increase in the use of a more sensitive diagnostic test. However, great differences have been observed in incidence rates and outbreaks reported by the Regions which could be explained by variations in the diagnostic effort. In spite of the existence of prevention and control rules, outbreaks still have occurred and some of them involved large number of cases. The source of infection identified most frequently is hot and cold water systems due to the large number of outbreaks related to tourist accommodation sites. The second most frequently identified source is cooling towers, which produce most of the cases.

KEY WORDS: Legionellosis. Epidemiological Surveillance.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha producido un aumento de la incidencia de esta enfermedad no sólo en España sino en otros países de Europa¹. En el año 2005 la tasa europea se estimó en 10,3 casos por millón de habitantes. Esta cifra es un 91% superior a la que se declaró en 1999. Además España, con una tasa de 2,85 por 100.000, está entre los países con tasas más elevadas de la Unión Europea (Carol Joseph, EWGLINET, comunicación personal). La introducción de técnicas como la detección de antígeno de *Legionella* en orina está influyendo de forma importante en el diagnóstico de un mayor número de casos de legionelosis y en el conocimiento que teníamos de las características epidemiológicas y presentación de esta enfermedad. El uso de esta técnica ha aumentado en los hospitales españoles desde mediados de los años noventa. En nuestro país se aceptó como criterio diagnóstico de caso confirmado en el año 1999.

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados del análisis de los casos y brotes notificados a través del sistema de vigilancia epidemiológica.

Material y métodos

En España la vigilancia epidemiológica de la legionelosis se hace a través de la Red Nacional de Vigilancia Epi-

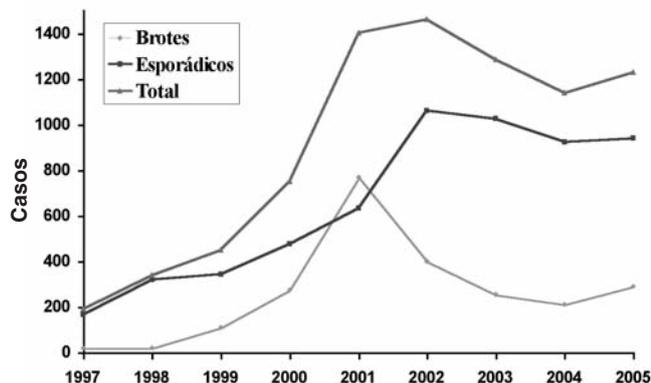
demiológica (RENAVE). A partir de la aprobación del Real Decreto 2210/95 de 28 de Diciembre (BOE de 24 de Enero) por el que se crea la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica se introduce la legionelosis como enfermedad de declaración obligatoria en el estado español. La notificación es semanal y se acompaña de datos del paciente (identificación, epidemiológicos y microbiológicos) recogidos de acuerdo con los Protocolos de las Enfermedades de Declaración Obligatoria. Para la notificación se utilizan las definiciones de caso incluidas en el protocolo mencionado². La declaración de brotes de legionelosis es obligatoria desde el año 1982. Otra fuente de información es el Grupo Europeo de vigilancia de legionelosis asociadas a viajes (EWGLINET). Este grupo notifica los casos de turistas extranjeros que contrajeron la enfermedad mientras visitaban nuestro país³.

Resultados

El número anual de casos de la enfermedad notificados alcanzó un máximo en el año 2002 (1.461 casos y tasa de 3,54 por 100.000 habitantes), descendió en los años siguientes y en 2005, año en que se notificaron 1.230 casos y la tasa fue de 2,85, se produjo un aumento del 7% con respecto al año previo (figura 1).

Se calcula que los casos esporádicos representan el 75% del total de casos declarados excepto en el año 2001

Figura 1. Casos notificados de legionelosis. Distribución anual según el tipo de caso. España. Años 1997 a 2005.



Fuente: Enfermedades de Declaración Obligatoria. RENAVE.

en que los casos asociados a brotes supusieron el 50% del total de casos declarados. Esto se debió a la elevada magnitud del brote que tuvo lugar en Murcia ese año. En él se estimó que se habían producido alrededor de 650 casos.

Las tasas de incidencia más elevadas se han notificado en comunidades autónomas situadas en la costa mediterránea, norte e islas Baleares. Las tasas han oscilado entre 7,47 por 100.000 habitantes en la Comunidad Valenciana y 0,57 en Canarias (figura 2).

Figura 2 Legionelosis. Tasas de incidencia por 100.000 habitantes. Distribución por Comunidades Autónomas. Año 2005.



Durante el período de 1989 a 2005, se notificaron a la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica un total de 300 brotes de legionelosis con 2.882 casos afectados y 133 defunciones. Además de estos brotes, el Grupo Europeo para la vigilancia de *Legionella* en Europa (EWGLINET) notificó 67 agrupamientos de casos en los que resultaron afectados 230 turistas extranjeros mientras visitaban nuestro país, 24 de ellos fallecieron. De los 300 brotes mencionados, el ámbito fue comunitario en 267 (2.685 casos) y en otros 33 brotes (197 casos) se señaló un ámbito nosocomial (tabla 1).

Tabla 1. Legionelosis. Número de brotes y casos afectados notificados a la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica según el ámbito. Años 1989 a 2005

Años	Comunitarios		Nosocomiales		EWGLINET		Total	
	Brotos	Casos	Brotos	Casos	Brotos	Casos	Brotos	Casos
1989	1	8	1	7	1	12	3	27
1990	3	15	0	0	3	38	6	53
1991	4	98	0	0	1	2	5	100
1992	1	3	0	0	0	0	1	3
1993	7	93	0	0	2	7	9	100
1994	3	37	2	10	1	2	6	49
1995	0	0	1	15	0	0	1	15
1996	1	224	0	0	3	11	4	235
1997	0	0	3	21	7	17	10	38
1998	3	10	2	11	8	26	13	47
1999	10	132	2	8	3	8	15	148
2000	13	245	5	28	8	26	26	299
2001	22	725	6	41	6	17	34	783
2002	47	365	6	29	5	11	58	405
2003	49	245	2	10	8	26	59	281
2004	44	205	2	8	6	13	52	226
2005	59	280	1	9	5	14	65	303
Total	267	2.685	33	197	67	230	367	3.112

Tanto el tamaño medio de los brotes como la letalidad varían según el ámbito del brote. Según podemos ver en la tabla 2, la letalidad global fue del 5,0%, siendo más elevada, como era de esperar, en los brotes nosocomiales (25,4%) que en los comunitarios (3,1%) y en los notificados por el EWGLINET en turistas (10,4%).

Hay una gran diferencia entre comunidades autónomas según el número de brotes que declaran. Mientras que Cataluña y Comunidad Valenciana declararon 221 brotes, el 74% de todos los declarados desde 1989, el resto de las comunidades autónomas notificaron 79, una media de 5 brotes cada una en el mismo periodo.

Tabla 2. Legionelosis. Número de brotes notificados, tamaño medio de los brotes y letalidad, según el ámbito. España. 1989-2005

Ámbito	Número brotes	Media de casos (rango)	Defunciones	Letalidad (%)
Nosocomial	33	6,0 (2-19)	50	25,4
Turistas *	67	3,4 (2-11)	24	10,4
Comunitario	267	10,1 (2-650)	83	3,1
Total	367	8,4 (2-650)	157	5

(*) Brotes notificados por el grupo europeo (EWGLINET) de legionelosis en extranjeros, asociados a viajes a España

En cuanto a los brotes asociados a viajar por España, EWGLINET declaró 67 brotes en ocho comunidades autónomas. El 80% correspondieron a Cataluña, C. Valenciana y Baleares. A través de la RENAVE se notificaron 53 brotes y su distribución geográfica fue más variada que la de los anteriores (tabla 3).

Tabla 3. Brotes y casos asociados a viajar según la comunidad autónoma visitada. Años 1989-2005

CA	EWGLINET	RENAVE
	Brotes (casos)	Brotes (casos)
Andalucía	6 (17)	2 (4)
Aragón	1 (5)	0
Asturias	0	0
Baleares	16 (78)	4 (8)
Canarias	3 (7)	2 (14)
Cantabria	0	3 (12)
C. La Mancha	1 (4)	3 (18)
C. y León	1 (3)	2 (5)
Cataluña	22 (58)	10 (29)
C. Valenciana	16 (56)	20 (65)
Extremadura	0	0
Galicia	0	1 (6)
Madrid	0	0
Murcia	0	2 (4)
Navarra	0	1 (4)
País Vasco	0	3 (56)
Rioja	0	0
Ceuta	0	0
Melilla	0	0
Desconocido	1 (2)	0
Total	67 (230)	53 (225)

En la tabla 4 se recoge la distribución de las fuentes de infección incriminadas con más frecuencia en la investigación de los brotes. En 39 brotes (10,6%) los resultados de la investigación ambiental no contribuyeron a esclarecer la fuente de infección por ser las muestras investigadas negativas. En 150 brotes (40,9%) ni la investigación ambiental ni la epidemiológica permitieron identificar la fuente de infección o este dato no figuraba en la encuesta.

Las torres de refrigeración resultaron incriminadas en 69 brotes (39% de los brotes en que se llegó a una identificación de la fuente de infección) y son la segunda causa de brotes comunitarios después de los sistemas de agua sanitaria de los edificios, pero son la fuente de infección que han causado un mayor número de casos en los últimos años.

L. pneumophila serogrupo 1 fue la especie y serogrupo que con más frecuencia se ha identificado, tanto en las muestras clínicas como en el estudio ambiental. A su vez, el subtipo Pontiac fue el más frecuente.

Discusión

La introducción de la técnica de detección de antígeno de *Legionella* en orina ha contribuido al aumento del diagnóstico y, por tanto, de la incidencia de esta enfermedad en los últimos años. Sin embargo, se aprecian grandes diferencias geográficas en el número de casos y brotes declarados por las comunidades autónomas. Entre las posibles explicaciones están la aplicación de distintos protocolos para el diagnóstico de las neumonías comunitarias. Esto podría suponer que hay comunidades autónomas que están haciendo un mayor esfuerzo diagnóstico que otras.

En el momento actual el conocimiento de las características epidemiológicas asociadas a la aparición de brotes, a la identificación de las fuentes de infección y su control es mejor. Sin embargo, esto no ha evitado que se sigan produciendo brotes y algunos de gran magnitud. La investigación de brotes es una excelente oportunidad para pro-

Tabla 4. Fuentes de infección más frecuentes detectadas en las investigaciones de brotes de legionelosis y casos asociados. España. 1989-2005

	Número Brotes (%)	Número casos
Agua sanitaria edificios	96 (26,2)	454
Torre refrigeración	69 (18,8)	1.672
Baño burbujas/termal	6 (1,6)	63
Otros	7(1,9)	32
Resultados negativos	39 (10,6)	168
Desconocido	150(40,9)	723
Total	367 (100)	3.112

fundizar en el conocimiento de las fuentes de infección y de los factores contribuyentes, así como de evaluar las medidas de control. El informe final que se elabora al finalizar la investigación debe de recoger todos los aspectos de la misma (epidemiológicos, microbiológicos y ambientales). En este sentido sería deseable que todas las comunidades autónomas utilizaran el mismo modelo de informe final. Esto permitiría mejorar el análisis de la información que actualmente se realiza en el Centro Nacional de Epidemiología incorporando todos los aspectos relacionados con su aparición.

La investigación y notificación de brotes varía entre las comunidades autónomas. Algunas notifican como brotes todos los agrupamientos de casos que consideran suficientemente próximos en tiempo y espacio. En este sentido, sería útil establecer criterios para la RENAVE que permitieran clasificar los eventos como brotes o casos agrupados teniendo en cuenta el ámbito de aparición. La definición de casos agrupados se refiere a aquellos que se dan próximos en tiempo y espacio sin que lleguen a obtenerse suficientes evidencias epidemiológicas ni microbiológicas que permitan relacionarlos con una misma fuente de infección.

La dificultad de encontrar la fuente de infección relacionada epidemiológica o microbiológicamente con los casos queda patente por el elevado número de brotes (51,5%) en que, por distintos motivos, no llegó a identificarse el origen del brote.

Sería deseable realizar estudios específicos orientados, tanto a cuantificar las diferencias diagnósticas de esta enfermedad en las comunidades autónomas, como a evaluar la eficacia de las medidas de control y prevención de legionelosis recogidas en la legislación vigente.

BIBLIOGRAFIA

- Joseph CA. Legionnaires' disease in Europe 2000-2002. *Epidemiol Infect* 2004;**132**:417-24.
- Centro Nacional de Epidemiología. Protocolos de las enfermedades de declaración obligatoria. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo, 1996.
- Ricketts K, Joseph CA. Travel associated Legionnaires' disease in Europe: 2003. *Euro surveill* 2004;**9**:40-42.
- European Working Group for *Legionella* Infections. European Guidelines for Control and Prevention of Travel Associated Legionnaires' diseases. 2002: P15-20; PHLS London and <http://www.egli.org>.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN SALUD PÚBLICA: SU APLICACIÓN AL PROGRAMA DE VIGILANCIA Y CONTROL DE LA LEGIONELOSIS

GIS IN PUBLIC HEALTH: APPLICATIONS IN THE LEGIONNAIRES' DISEASE PREVENTION PROGRAMME

Emiliano Aránguez Ruiz, Miriam Arribas García, Alicia Estirado Gómez, Isabel Abad Sanz y M^ª José Soto Zabalgogazcoa

Instituto de Salud Pública, Dirección General de Salud Pública y Alimentación. Consejería de Sanidad y Consumo. Comunidad de Madrid.

RESUMEN

Se presenta la experiencia desarrollada en el Instituto de Salud Pública de la Comunidad de Madrid en el manejo y aplicación de los SIG al programa de legionelosis en tres campos específicos e interrelacionados: la vigilancia de casos esporádicos, la vigilancia sanitario-ambiental de las instalaciones de riesgo y la intervención ante situaciones de alerta en salud pública.

Se hace una revisión de los diferentes modelos operativos que se pueden aplicar, sus ventajas e inconvenientes, así como los modelos elegidos en este caso: el uso de visores cartográficos difundidos internamente en la organización vía web, de diferente configuración según su uso en la vigilancia sistemática (tanto de casos como de factores de riesgo medioambiental) o en la atención a situaciones de brotes comunitarios. En el primer caso se ha optado por visores cerrados, de imágenes, que facilitan la consulta sistemática de la situación y en el segundo, por visores de capas, más flexibles en su manejo. En ambos casos se persigue descentralizar el uso de las herramientas imprescindibles por parte de los técnicos de salud pública que trabajan en el territorio.

Se revisa asimismo la estructura organizativa puesta en marcha para cumplir los objetivos en la forma diseñada.

Por último, se formulan como propuestas metodológicas de abordaje del estudio espacial de brotes las diseñadas a lo largo de la experiencia que se presenta en este artículo.

PALABRAS CLAVE: SIG, LEGIONELOSIS, TORRES DE REFRIGERACIÓN, VISORES CARTOGRÁFICOS.

ABSTRACT

This experience has been developed by the Public Health Institute of the Community of Madrid in order to use the GIS tools in the Legionnaires' disease prevention programme and specifically in three work areas: epidemiologic surveillance, cooling towers environmental control and plans of intervention in case of an outbreak of Legionnaires' disease.

After having considered different strategies with their advantages the selected model have been the use of map viewers in the intranet with a different configuration format depending on its goals: images map viewers for systematic non-outbreak cases and cooling towers surveillance, viewers that allow an easier and usual consultation and, in the other hand, layers map viewers, better adapted to more complex users' necessities and so designed to work in emergency situations. Both models are implemented to decentralise the use of these indispensable tools and make them closer of the public health professionals.

Some methodological proposals to study spatial association of Legionnaires' disease outbreaks are also presented and discussed in this paper.

KEY WORDS: GIS, LEGIONNAIRES' DISEASE, COOLING TOWERS, MAP WEB VIEWERS.

INTRODUCCIÓN

La necesidad del uso de herramientas de información geográfica en Salud Pública es patente, tanto en planificación como en evaluación, y especialmente en las áreas de sanidad ambiental y epidemiología. En el primer caso los riesgos ambientales para la salud se verifican siempre a través del territorio, es decir que para su conocimiento y gestión hay que considerar las variables en su interconexión espacial. Sólo la visualización topológica de agente ambiental y población susceptible es ya de por sí un instrumento que resuelve innumerables incógnitas relacionadas con la presencia de riesgos ambientales para la salud. En el caso de la epidemiología, la sospecha de asociación espacial de casos queda apuntada o no con el apoyo cartográfico. Aún más evidente es el uso de la cartografía en epidemiología ambiental con la superposición de capas de información de factores de riesgo y de efectos y la búsqueda de posibles relaciones de asociación y causalidad, tal como se requiere en la vigilancia y control de la legionelosis y sus factores de riesgo ^(1,2,3).

La información geográfica se ha manejado tradicionalmente con las herramientas de la cartografía convencional cuyo uso se ha visto reforzado y ampliado cuantitativa y cualitativamente mediante la aplicación de medios informáticos, es decir, mediante el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los SIG, que analizan y gestionan la información en capas o coberturas digitalizadas, permiten una fácil actualización y disponen de un nivel de interactividad y versatilidad que los convierte en herramientas de enorme utilidad para la vigilancia sistemática y para las situaciones de crisis de salud pública ⁽⁴⁾.

Aunque la aplicación de los SIG es relativamente reciente (en realidad se han utilizado de forma generalizada sólo a partir de la década de los 90 del s. XX, cuando las prestaciones de los equipos informáticos personales permitían ya manejar los archivos de gran tamaño que conlleva su uso), éstos han sufrido una gran evolución. Frente a los SIG de un solo puesto de los orígenes se ha pasado a los SIG corporativos en los que se comparte la información normalizada. Los expertos en estas herramientas ahora no sólo tienen que manejarlas y mantener actualizada la información sino que han de poner a disposición de usuarios no expertos dicha información, en bruto o elaborada como información espacial, así como las herramientas imprescindibles para la optimización de su uso. Para ello ha supuesto un cambio cualitativo trascendental la filosofía de los servicios de mapas vía web por medio de visores de fácil manejo.

Tres modelos de SIG corporativos.

Hay que considerar, de entrada, que los SIG son un estímulo para el trabajo multiprofesional, consustancial por otra parte a las funciones de salud pública. Junto a los profesionales especializados en temas de salud pública, estos sistemas requieren el concurso de otros profesionales capacitados para incorporar las capas de información oficiales y actualizadas para su uso eficiente, hacer las transformaciones necesarias para posibilitar el uso de dicha información, manejar, actualizar y hacer fácilmente utilizable el sistema (programas, redes y equipos) y hacer

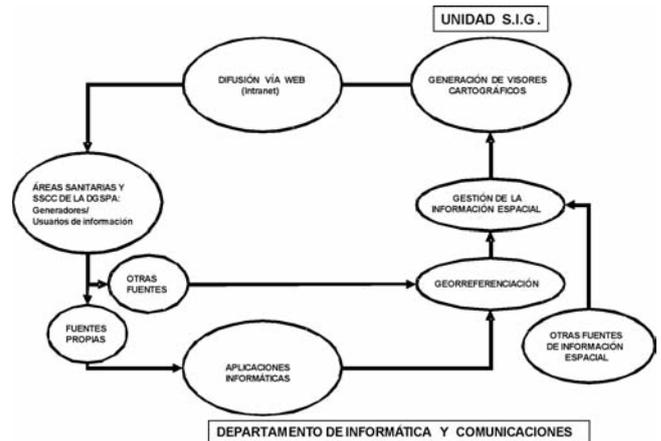


Figura 1. Esquema organizativo del SIG de Salud Pública en la Comunidad de Madrid

análisis espacial con la solvencia que proporciona el conocimiento de los mecanismos de interrelación espacial de las variables naturales y sociales ⁽⁵⁾. La división de funciones es una opción ineludible para economizar esfuerzos y hacer más eficiente el trabajo.

En la Dirección General de Salud Pública y Alimentación de la Comunidad de Madrid se ha puesto en marcha una estructura que responde al diagrama de flujos de la figura 1 en la que se representan los mecanismos de conversión de la información obtenida a través de diferentes fuentes en información espacial disponible para su uso. La unidad SIG integrada por profesionales especializados en la materia aunque con amplia formación y experiencia en salud pública, dispone de los instrumentos necesarios para incorporar información convencional de interés para la salud pública, transformarla en información geográfica y realizar las operaciones necesarias de representación y análisis geográfico. A partir de este esquema organizativo se generan tres modelos de aplicación de herramientas SIG a la Salud Pública.

En primer lugar se construyen mapas a demanda de los diferentes programas y servicios de salud pública para su difusión en intranet y utilización en cada puesto en forma de visores 'cerrados'. Las características de estos visores – por un lado, la confección centralizada del producto cartográfico final con las capas de información espacial definidas previamente en el diseño demandado por los profesionales de salud pública y, por otro, la facilidad de acceso del usuario- los hacen muy interesantes para el técnico de salud pública que sólo tiene que abrirlos sin preocuparse nada más que de la visualización de la distribución geográfica de los datos y su asociación con otras variables mediante sencillas operaciones de búsqueda, selección, consulta y análisis de proximidad. Estos visores se pueden considerar como apéndices de los sistemas de vigilancia establecidos en la administración sanitaria por lo que se puede afirmar que una gran parte de las necesidades de uso de información espacial en salud pública se resuelve con este sencillo modelo.

Otro tipo de visores permiten las mismas funcionalidades y, además, la incorporación de información a 'la carta'. Son los que podemos denominar visores abiertos que también ofrecen mayores posibilidades de represen-

tación y análisis espacial, así como de gestión cartográfica. Se adaptan mejor estos visores a su uso en la búsqueda de asociaciones entre variables no previsibles o cuya consideración sistemática no se justifique como los sistemas de vigilancia 'rutinaria'. Nos referimos específicamente tanto a los estudios retrospectivos que analizan el estado de salud comunitaria mediante la interrelación de sus múltiples componentes, como a las situaciones de alerta que requieren la consideración de elementos no del todo previsibles.

Por último, las herramientas SIG autónomas, que por descontado y como los anteriores modelos necesitan bases de datos corporativas que garanticen una información homogénea, actualizada y de calidad contrastada (tanto geográfica como alfanumérica), ofrecen todas las posibilidades de edición, representación y análisis espacial disponibles en el mercado. Asimismo, estas herramientas permiten ejercer la función de proveer información al conjunto de la organización. Como es lógico para el manejo de estas herramientas más complejas se requiere un cierto nivel de formación de los usuarios.

Vamos a pasar a considerar más de cerca las posibilidades que ofrece cada uno de estos tres modelos mediante el análisis de ejemplos concretos de utilización en el caso de la legionelosis.

Vigilancia sistemática de casos esporádicos y de instalaciones de riesgo.

Partiendo de la experiencia acumulada en la prevención de la legionelosis, en la vigilancia de casos esporádicos y en el control de brotes o alertas provocadas por la aparente agregación espacio temporal de casos (6,7,8), se ha visto necesario instaurar un sistema de información geográfica que facilite la vigilancia de los casos y los factores de riesgo ambiental asociados. Desde el año 2004 se está trabajando en la implantación de este sistema de información epidemiológico-ambiental, basado en un sistema de información geográfica (9) con salida en mapas distribuidos en forma de visores cerrados, es decir con las capas y los criterios de representación cartográfica predeterminados.

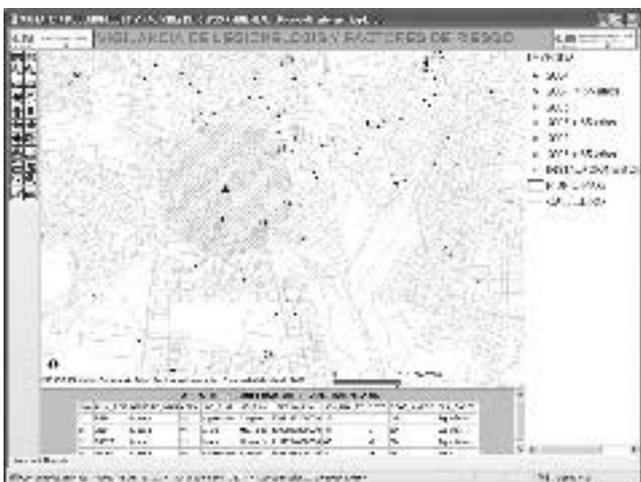


Figura 2. Visor utilizado para apoyo a la vigilancia de instalaciones. Consulta para seleccionar instalaciones por fecha de inspección.

Por un lado se utiliza una cartografía de instalaciones de riesgo censadas en el Sistema de Información de Sanidad Ambiental e Higiene Alimentaria (SAHAWEB) (10) en cada una de las once áreas sanitarias (figura 2). Se incluyen las instalaciones de riesgo potencialmente asociables a la aparición de brotes comunitarios de legionelosis, es decir, las torres de refrigeración y los condensadores evaporativos. Además de esta capa de puntos, se utilizan en estos mapas las capas de polígonos de la zonificación sanitaria (áreas, distritos y zonas básicas), municipios y recintos del Mapa Topográfico escala 1:5000 (11), así como la capa de líneas del callejero más actualizado disponible. El fundamental uso previsto de estos once visores es el de apoyar las labores de inspección y control del censo de instalaciones de riesgo en las demarcaciones sanitarias por parte de los técnicos de salud pública. Desde la pantalla del propio ordenador el técnico de salud pública puede examinar el estado del censo, las inspecciones realizadas y pendientes, las rutas más idóneas, etc. De cada instalación se pueden consultar los datos más relevantes, como el titular, dirección, número de censo, fecha de última inspección y toda aquella información de que se disponga y sea relevante, como pueden ser los datos microbiológicos procedentes de los análisis más recientes realizados.

Por otro lado, se representan en un único mapa para todo el territorio, junto a las capas mencionadas, los casos notificados a través de la Red de Vigilancia Epidemiológica de la Comunidad de Madrid (12) estableciendo unos criterios que permitan representar el riesgo de exposición a Legionella, por lo que son distintos de los criterios utilizados en la definición de caso del sistema de vigilancia epidemiológica. Se incluyen todos los casos notificados en los dos últimos años naturales (13) en residentes en la Comunidad de Madrid que hayan estado expuestos en este territorio (excluyéndose los casos asociados a viajes) y aquellos casos no residentes aquí pero asociados a viaje a nuestra comunidad. Los casos esporádicos se representan en el lugar de residencia, excepto los no residentes pero asociados a viaje a nuestra comunidad, que se representan en el lugar en el que han estado alojados durante más tiempo durante su estancia. Los casos pertenecientes a brotes se representan en el lugar en el que se localiza la posible fuente de exposición. Cada caso se representa con tres atributos: la pertenencia o no al grupo de edad de mayores de 65 años, el año en el que se produce la enfermedad y, mediante etiqueta visible sólo a gran escala, la semana de inicio de síntomas. En aquellos registros en los que no consta la semana epidemiológica de inicio de síntomas se utiliza el valor de la semana de ingreso hospitalario, y si esta fecha tampoco consta se utiliza la semana de notificación. Para cada caso se puede consultar la información alfanumérica relativa al mismo, si bien se han ocultado los datos de carácter personal. En este mapa se incluyen también capas de información con las tasas de incidencia acumulada por 100.000 habitantes por zona básica de salud para cada año de calendario completo. Para el cálculo de estas tasas en el numerador se incluyen todos los casos del año correspondiente que cumplen los criterios mencionados, y en el denominador se toma la población del padrón continuo actualizado a 1 de enero de ese año. Como las tasas se refieren a años de calendario completos, la correspondiente al último año sólo se representará cuando dicho año haya acabado. La legionelosis es una enfermedad poco frecuente en nues-

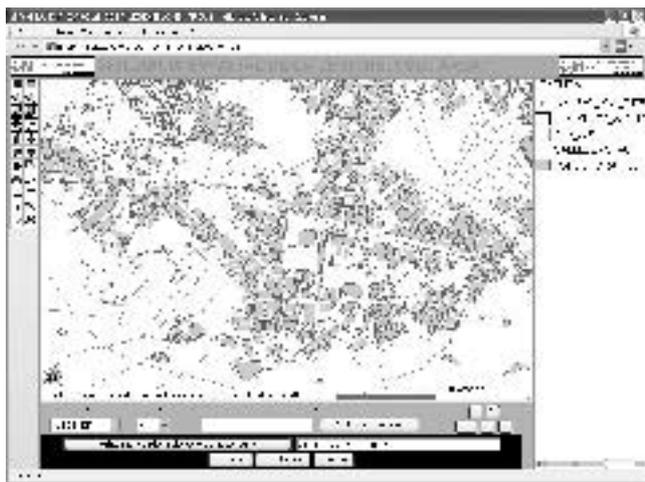


Figura 3. Visor utilizado para vigilancia de casos esporádicos y su relación espacial con instalaciones de riesgo. Consulta sobre casos situados a menos de 500 metros de una torre de refrigeración determinada

tro medio lo que hace que obtengamos tasas muy inestables cuya interpretación debe hacerse con cautela y sin olvidar la influencia del denominador. Se trata de una información adicional de referencia que puede servir para detectar anomalías en la distribución espacial de los casos y, sobre todo, agregaciones de casos en un mismo punto (brotes) cuya visualización, dependiendo de la escala, se puede escapar al observador. Para cada zona básica de salud se puede consultar la información correspondiente al año seleccionado, que incluye el número de casos, la población y el valor de la tasa.

Tanto los datos procedentes de SAHAWEB como los procedentes de la Red de Vigilancia Epidemiológica se actualizan trimestralmente según el acuerdo a que ha llegado la comisión del programa.

La representación conjunta de casos e instalaciones de riesgo en un mismo mapa hace posible disponer de una información de los dispositivos que se encuentran ubicados en las cercanías del lugar de residencia del caso (Figura 3). En el supuesto de detectar una agregación espacial o espacio-temporal de casos, el sistema permite seleccionar, mediante la generación de un área de influencia del radio que determine el usuario las instalaciones prioritarias para iniciar las actuaciones ambientales que sean necesarias (visitas de inspección, toma de muestras, medidas cautelares, clausura de instalaciones, etc.). Asimismo, permitiría establecer un control sanitario ambiental más exhaustivo ante la aparición de casos esporádicos mediante los protocolos establecidos para ello. La representación de las once áreas sanitarias en un solo mapa también nos permite la posibilidad de detectar agregaciones de casos en zonas limítrofes de áreas sanitarias diferentes.

Intervención en brotes comunitarios y situaciones de alerta.

Frente a los visores descritos, previstos para su uso rutinario en las labores de vigilancia epidemiológica y ambiental, los técnicos de salud pública disponen de otra herramienta que ofrece las mismas capacidades de selección, consulta y análisis espacial pero que ofrece un uso

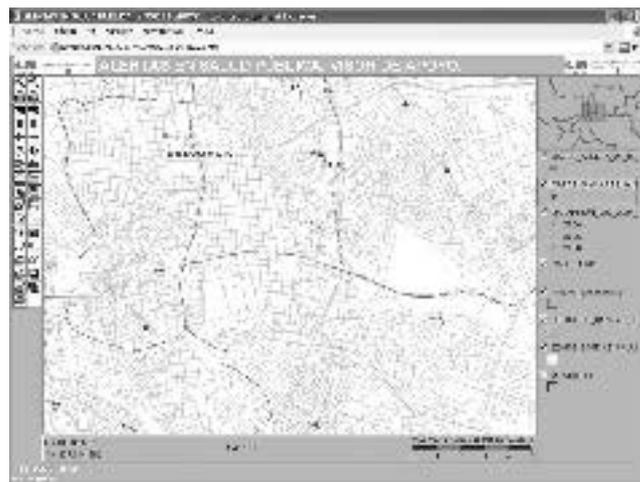


Figura 4. Visor utilizado para seguimiento de una alerta y su relación espacial con alertas similares y casos declarados en años anteriores.

más flexible en la línea de lo que se ha especificado más arriba al hablar de los visores o mapas abiertos. El esquema de trabajo responde a los siguientes flujos de información en caso de alerta: en la aplicación de alertas se registran los casos y a partir de ahí se georreferencian los datos y se generan las capas de información geográfica pertinentes. Con las capas así generadas se puede trabajar en el visor disponible (figura 5).

Gracias a esta herramienta, los profesionales responsables encargados de afrontar una alerta pueden cruzar la información con otras variables que pudieran estar relacionadas espacialmente en el origen de la alerta, en su evolución o que sean relevantes en el establecimiento de las actuaciones pertinentes. Pueden asimismo analizar retrospectivamente otras alertas históricas de la misma naturaleza almacenadas en los archivos cartográficos accesibles en línea. Por ejemplo, se pueden cargar en el visor las instalaciones de riesgo que reúnan unas características determinadas, situadas a una distancia especificada de los casos detectados, distancia que se puede modificar en función de la evolución del brote; se pueden añadir las capas temáticas de densidad de población por grupos de edad y las instalaciones de uso colectivo, a partir de todo lo cual se puedan determinar las zonas más sensibles en las que incrementar la vigilancia activa tanto ambiental como epidemiológica. Cualquier profesional que haya tenido que enfrentarse a la situación creada por una alerta conoce la gran cantidad de incertidumbres que se generan y la ansiedad que produce no disponer de herramientas que permitan poder encontrar respuestas ágiles. Es por esta razón por la que no se recomienda el uso de mapas cerrados en caso de alertas y sí un instrumento versátil no constreñido por el diseño previo. Si bien es cierto que estos visores requieren una mínima pericia en su manejo, ésta se adquiere con gran facilidad como se ha podido constatar en los cursos organizados a tal efecto.

Uso de herramientas SIG en la investigación de brotes de legionelosis. Definición y uso de áreas de influencia.

Hasta aquí se ha repasado un aspecto de la aplicación de los SIG a la vigilancia y control de la legionelosis como

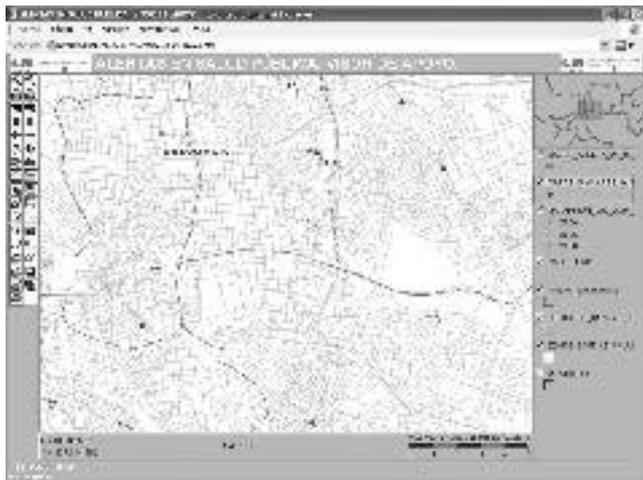


Figura 5. Establecimiento y superposición de áreas de influencia longitudinales a partir de los itinerarios de los casos.

es el de la descentralización del uso de las capacidades de visualización con los recursos operativos y organizativos dispuestos para ello. Pasamos ahora a considerar algunas posibilidades que desde el punto de vista metodológico, permiten los SIG para abordar el estudio espacial de un brote epidémico de esta enfermedad sin fuente conocida.

Para empezar, una vez confirmada la situación de brote epidémico, es importante incrementar la densidad de puntos de estudio. En un primer momento, el único dato espacial que se conoce de un caso es su lugar de residencia pero la encuesta epidemiológica añade otros datos que representan igualmente una posibilidad de exposición: lugar de trabajo, lugares visitados y su frecuencia durante el periodo de incubación (ocio, compras...), desplazamientos y medios de transporte utilizados, etc. Esta información espacial se convierte en una serie de puntos, líneas y/o polígonos a representar en el mapa. Hay que considerar cada caso de forma individual de manera que esta 'descentralización' de las posibles exposiciones aporte información sobre agregaciones con otros casos individuales en las distintas ubicaciones de interés (no se trata de incrementar la densidad de puntos en una zona determinada asignando más de un punto a cada caso). Aunque esta operación es compleja desde el punto de vista de análisis estadístico, desde el punto de vista de representación cartográfica es sencilla y, a la vez, muy esclarecedora: se trata de asignar símbolos y colores distintos a cada caso y a cada tipo de exposición (lugares de ocio, residencia, trabajo, etc.) que a simple vista permitan detectar zonas problema.

El siguiente paso consiste precisamente en la determinación de esas zonas problema mediante el dibujo de áreas de influencia y su superposición. Ahora bien, ¿desde dónde establecemos el origen de las áreas de influencia, desde la posible causa o desde la certeza del efecto, es decir, desde las instalaciones o desde los casos? En principio la opción más intuitiva es establecer una zona de influencia desde las instalaciones en las que puede haberse originado la exposición y contar los casos que están dentro de ella. Sin embargo hay objeciones que hacen a esta lógica elección. Por un lado, suele ser mayor el número de insta-

laciones en una zona urbana que el de casos declarados en una alerta, lo que dificulta tanto la representación como el análisis, introduce ruido en el mapa, cuestión que no es baladí en momentos de trabajo cargados de incertidumbres. Por otro lado, hay que considerar que los casos son ciudadanos que se desplazan y en esos desplazamientos han podido estar expuestos a la emisión de aerosoles contaminados, por lo que las áreas de influencia en torno a los casos (puntuales y longitudinales a partir de sus desplazamientos) es necesario establecerlas de todas formas para estudiar los espacios donde se pueda ubicar una instalación emisora sospechosa (figura 5). La superposición de áreas de influencia así establecidas puede por último 'descubrir' alguna zona en la que investigar más de cerca la posible existencia de instalaciones no conocidas oficialmente, no censadas: difícilmente podríamos haber establecido las áreas desde unas instalaciones desconocidas. De esta forma la superposición de áreas de influencia cumple una doble función: permite detectar las agregaciones de casos en el territorio en zonas concretas para incrementar en ellas la vigilancia de las instalaciones censadas y, a la vez, permite priorizar estas zonas para hacer una búsqueda activa de instalaciones no conocidas. Esta doble función agiliza enormemente y mejora la eficiencia de una de las actividades que más tiempo y esfuerzo exigen en toda crisis en salud ambiental: las labores de inspección sobre el terreno.

Aunque hay que conocer la rosa de los vientos de la zona durante el período de posible exposición⁽¹⁴⁾, esto es, el porcentaje de direcciones de los vientos desde los cuatro puntos cardinales, es preferible optar por la forma circular para el área de influencia (esto vale también para las áreas de influencia longitudinales puesto que si el área se dibuja desde una línea, en realidad hacemos un círculo para cada uno de los infinitos puntos de dicha línea). Esto obedece al principio de precaución⁽¹⁵⁾, ya que, aunque siempre hay una o varias direcciones dominantes, en cualquier momento del periodo considerado el viento ha podido soplar de alguna de las direcciones de los 360 grados de la rosa.

Por último, queda hacer una referencia a otro tema crucial y controvertido: la elección del radio de la zona de influencia. No hay acuerdo en la literatura sobre la distancia entre el origen de una infección por *Legionella* y los casos declarados. Aunque parece que el estudio de brotes causados por una fuente puntual establece que la infección se puede producir incluso a distancias de 1,5 – 1,7 km. de grandes instalaciones generadoras de aerosoles^(16,17,18,19) el estudio de casos esporádicos considera que la distancia de 500 metros⁽²⁰⁾ es determinante. En todo caso, la exposición ambiental está generalmente relacionada de forma inversa con la distancia por lo que es más esperable que se agreguen los casos en las proximidades de la fuente emisora. Además, en un territorio densamente ocupado por la población y por instalaciones generadoras de aerosoles (los brotes suelen presentarse en nuestros centros urbanos en los que coinciden ambas variables), una distancia superior haría del territorio un continuo espacial indiferenciado convertido todo él en área problema, con lo que desaparecería el interés del establecimiento de áreas de influencia. Sólo en el supuesto de que no se detectasen agregaciones utilizando esta distancia, tendría sentido ampliar el radio puesto que la dis-

persión de casos estaría avalando la existencia de una fuente lejana.

Resultados

El contenido de este trabajo refleja las medidas puestas en marcha para afrontar las tareas de vigilancia y control de la legionelosis utilizando los muchos y variados recursos que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica.

Afortunadamente no se ha podido constatar la idoneidad de estas herramientas ni valorar las deficiencias que pudieran presentar puesto que desde que están disponibles no se ha producido ningún brote de legionelosis en la Comunidad de Madrid (sí se ha podido demostrar su interés, en cambio, en otros temas -rubéola y sarampión, fundamentalmente-). No obstante, la experiencia profesional acumulada con la que se ha diseñado el modelo y su constante revisión, permiten ser optimistas sobre su eficiencia.

Agradecimientos

Este trabajo no podría haberse realizado sin la colaboración de los técnicos de salud pública del Instituto de Salud Pública y, especialmente, de los miembros de la comisión del programa de Prevención y Control de la Legionelosis: Concepción de Paz, Victoria de la Higuera, Javier Reinares, Carlos Corriente, Isabel Carrillo, Purificación Pedrero, Estrella Turrero, Raquel Bravo, Purificación Pedroche, Jesús Pérez, M^a Eugenia Marín, Bernardo Ferrer, Concepción Lezcano, M^a Teresa López, Pilar González, Javier Castro, y Mar Burgoa. José María Ordóñez, además, ha enriquecido el documento final con comentarios muy valiosos. Asimismo colaboran en el desarrollo del proyecto los técnicos del Departamento de Informática y Comunicaciones del ISP, especialmente David Manzanal.

BIBLIOGRAFÍA

- Fernández de Arróyabe Hernández P. Las técnicas S.I.G. aplicadas al análisis de la distribución espacial de las Enfermedades de Declaración Obligatoria BES 2004 vol. 12 n^o 8:77-80
- Escobar F, Green J, Waters E y Williamson I Geographic information systems for the public health sector: a proposal for the research agenda. En: Flahault, A Toubiana L y Valleron AJ editors. *Geography and medicine*. Geomed'99. Paris: Elsevier, 2000. p.139-147.
- Aránguez E, Avello A. Uso de herramientas de representación y análisis geográfico en Sanidad Ambiental. *Geosanidad*, 2001 n^o 3.
- Bosque Sendra J. *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Rialp; 1992.
- Consejería de Sanidad y Consumo de la Comunidad de Madrid. *El libro blanco de la Salud Pública de la Comunidad de Madrid*. Un proyecto abierto. Madrid, 2004.
- Consejería de Sanidad y Servicios Sociales de la Comunidad de Madrid. *Informe del brote de neumonía por legionella de Alcalá de Henares*. Madrid. *Bol. Epidemiol. Semanal*, 1997; 5; 14:133-144 y 15:145-152.
- Instituto de Salud Pública de la Comunidad de Madrid. *Programas de Salud Pública 2003*. Documentos Técnicos de Salud Pública n^o 80. Madrid.
- Instituto de Salud Pública de la Comunidad de Madrid *Guía para la prevención de la Legionelosis en instalaciones de riesgo*. Documento Técnicos de Salud Pública. n^o 58. 1999.
- Soto Zabalgoageazcoa MJ, Aránguez Ruiz E, Abad Sanz I, Cañellas Llabrés S, Ordobás Gavín MA, García García JF, Ramírez Fernández R. Vigilancia de la legionelosis mediante el empleo de un Sistema de Información Geográfica. *Boletín Epidemiológico Semanal 2005 Vol. 13 n^o 13/145-156*.
- Consejería de Sanidad y Consumo de la Comunidad de Madrid. *El libro blanco de la Salud Pública de la Comunidad de Madrid*. Un proyecto abierto. Madrid, 2004. p. 388-390.
- Mapa Topográfico Regional: 1:5000. Servicio Cartográfico Regional. Dirección general de Urbanismo y Planificación Regional. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Comunidad de Madrid.
- Consejería de Sanidad y Consumo de la Comunidad de Madrid. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*. Decreto 184/1996, de 19 de diciembre, por el que se crea la Red de Vigilancia Epidemiológica de la Comunidad de Madrid. BOCM 3/1/1997.
- El periodo se ha determinado en relación a las recomendaciones de la European guidelines for control and prevention of travel associated legionnaires' disease (http://www.ewgli.org/public_info/publicinfo_european_guidelines.asp)
- Bentham R, Pradhan M, Hakendorf P, and Wilmot P. Using Geographical Information Systems for Risk Assessment and Control of Legionnaires' Disease Associated with Cooling Towers. En: *Legionella* (ASM Press, 2002, edited by Richard Marre et al). Este artículo propone el uso de GIS con la incorporación de modelos estadísticos Bayesianos para evaluar el riesgo de torres de refrigeración. La modelización que se propone está más explícita en el texto publicado en Internet en el que se recogen los pormenores del proyecto de investigación que sustenta este trabajo (Modelling Cooling Tower Risk for Legionnaires' Disease using Bayesian Networks and Geographic Information Systems. Informatics Unit, University of Adelaide. <http://www.informatics.adelaide.edu.au/research/Legionella/PW-CoolingTowerModelling.html>).
- Cózar JM. Principio de precaución y medio ambiente. *Rev.Esp. Salud Pública* 2005;79; 2: 133-144.
- Addiss DG, Davis JP, LaVenture M, Wand PJ, Hutchinson MA, McKinney RM. Community-acquired Legionnaires' disease associated with a cooling tower: evidence for longer-distance transport of Legionella pneumophila. *Am J Epidemiol*. 1989;130;3:557-68.
- Outbreak of legionellosis in a community. Report of an ad-hoc committee. *Lancet*. 1986;16;2(8503):380-3.
- García-Fulgueiras A, Navarro C, Fenoll D, García J, Gonzales-Diego P, Jimenez-Bunuelas et al. Legionnaires' disease outbreak in Murcia, Spain. *Emerg Infect Dis*. 2003 Aug;9;8:915-21.
- Brown CM, Nuorti PJ, Breiman RF, Hatchcock AL, Fields BS, Lipman HB et al. A community outbreak of Legionnaires' disease linked to hospital cooling towers: an epidemiological method to calculate dose of exposure. *Int J Epidemiol* 1999;28:353-59.
- Bhopal RS, Fallon RJ, Buist EC, Black RJ, Urquhart JD. Proximity of the home to a cooling tower and risk of non-outbreak Legionnaires' disease. *BMJ*. 1991 Feb 16;302(6773):378-83.

MODELO DE CONTROL Y VIGILANCIA EN SANIDAD AMBIENTAL BASADOS EN SISTEMAS DE AUTOCONTROL

CONTROL AND SURVEILLANCE IN ENVIRONMENT HEALTH BASED ON SELF-CONTROL SYSTEMS

Loreto Santa Marina Rodríguez, Elena Serrano Ibarbia

Subdirección Territorial de Sanidad de Gipuzkoa. Departamento de Sanidad, del Gobierno Vasco.

RESUMEN

En el ámbito ambiental el control de los riesgos para la salud está experimentando cambios importantes en lo referente a su concepción y a la forma de gestión de los mismos desde los servicios de salud pública. Tradicionalmente la Administración Sanitaria ha asumido el papel de garante de las condiciones higiénico-sanitarias de las instalaciones, estableciendo sistemas de control y vigilancia. La tendencia actual es que sean los responsables directos de las instalaciones los que valoren los riesgos de las mismas, establezcan sistemas de control y vigilancia, pasando la Administración Sanitaria a ser el organismo que apruebe y supervise dichos sistemas.

PALABRAS CLAVE: autocontrol, programas de sanidad ambiental, legionella, piscinas.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el control de los riesgos para la salud de origen alimentario y ambiental ha experimentado cambios importantes en lo que respecta a su concepción y a la forma de gestión de los mismos desde los servicios de salud pública. Tradicionalmente, la Administración Sanitaria ha asumido el papel de garante de las condiciones higiénico-sanitarias de los alimentos, productos, e instalaciones, estableciendo sistemas de control y vigilancia en los que se desarrollaban las actividades y medidas correctoras a realizar. Es decir, gran parte de la responsabilidad de detectar anomalías y riesgos en las instalaciones era de la Administración Sanitaria implicada. La tendencia actual, sin embargo, está conduciendo a que sean los responsables directos de las instalaciones los que valoren los riesgos de las mismas, establezcan sistemas de control y vigilancia, pasando la Administración Sanitaria a ser el organismo que apruebe y supervise dichos sistemas.

Este nuevo modelo de gestión se ha materializado en el ámbito alimentario con la implantación de sistemas de autocontrol basados en el método APPCC/HACCP (Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico), método reco-

SUMMARY

The control of environmental health risks is undergoing significant changes with regard to the way these risks are understood and managed by the public health services. Traditionally, the Health Administration has taken on responsibility for guaranteeing the hygienic-sanitary conditions of installations, establishing control and monitoring systems. Nowadays it is the people in charge of the installations who assess their risks and implement control and monitoring systems, while the Health Administration confines itself to approving and supervising such systems.

KEY WORDS: self-control, environmental health programmes, legionella, swimming pools.

nocido internacionalmente como eficaz para prevenir riesgos derivados del consumo de alimentos y en definitiva para mejorar la seguridad de los alimentos. Continuando con esta trayectoria, se ha iniciado la implantación de esta forma de gestión al ámbito de la sanidad ambiental. En este sentido, el Departamento de Sanidad del Gobierno Vasco ha elaborado dos guías: la "Guía práctica para el diseño del plan de autocontrol de *Legionella*" publicada en 2002 y la "Guía práctica para el diseño del programa de autocontrol de piscinas" publicada en 2003. Su finalidad ha sido facilitar a las instalaciones y a los sectores implicados en el control y vigilancia de las instalaciones recogidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 865/2003, relativo al control de legionella, y del Decreto 32/2003 del Gobierno Vasco de piscinas de uso público, la metodología para el diseño de los sistemas de vigilancia y control de las instalaciones.

MATERIAL Y MÉTODO

El Real Decreto 865/2003 de legionella establece que las instalaciones susceptibles de generar aerosoles deben de elaborar y aplicar programas de vigilancia adecuados a sus características. Para facilitar a las instala-

Tabla 1. Instalaciones considerados de riesgo para legionella en Gipuzkoa

	Establecimientos	Circuitos refrigeración *	Circuitos ACS**
Empresas	219	524	-
Hospitales y clínicas	16	2	24
Residencias de la tercera edad y centros terapéuticos	54	1	54
Hoteles > de 50 camas	41	3	41
TOTAL	402	531	191

* Torres y condensadores evaporativos

** ACS: Agua caliente sanitaria

ciones la elaboración de dichos programas se publica la "Guía práctica para el diseño del plan de autocontrol de Legionella". La metodología utilizada en su elaboración ha sido la sistemática del APPCC/HACCP. En este caso el producto es un entorno ambiental, en el que se producen aerosoles que pueden estar contaminados con Legionella, para el que es posible definir los peligros potenciales. Considerando los procesos y etapas a las que se somete el agua el los circuitos de refrigeración, circuitos de agua caliente y fría sanitaria y circuitos de hidromasaje se han definido tres peligros (entrada de Legionella en el circuito, colonización y multiplicación, y aerosolización), seguidamente se establecen, para cada peligro y en cada etapa, las medidas preventivas, los puntos de control crítico en los que se van a aplicar, los límites críticos, la vigilancia que garantice el cumplimiento de las medidas preventivas y las medidas correctoras a tomar cuando la vigilancia indique que un determinado punto de control ha sobrepasado los límites críticos establecidos.

El Decreto 32/2003 del Gobierno Vasco por el que se aprueba el reglamento sanitario de piscinas de uso colectivo incorpora el autocontrol como la forma de enfocar la vigilancia y el control de los riesgos. Además determina que serán los titulares de las instalaciones con piscina los responsables del correcto funcionamiento de las mismas para evitar riesgos para la salud. Para ello, se establece que los responsables de las piscinas deberán incorporar un "Programa de Autocontrol" que sistematice las labores de vigilancia. Para facilitar a las instalaciones la elaboración de dicho programa se publica la "Guía práctica para el diseño del programa de autocontrol de piscinas" que estructurar el programa en siete planes (Plan de Tratamiento del Agua del Vaso, Plan de Análisis del Agua, Plan de Limpieza y Desinfección, Plan de Seguridad y Buenas Prácticas, Plan de Revisión y Mantenimiento, Plan de Desinsectación y Desratización, y Control de Proveedores y Servicios) dirigidos a evitar los riesgos (daños físicos, infecciones, intoxicaciones, etc.) derivados de la utilización de las piscinas. Los planes se han elaborado siguiendo un esquema común que contempla la definición de las acciones a llevar a cabo para evitar los riesgos anteriormente definidos, las medidas correctoras a tomar en caso de que se detecten deficiencias que puedan originar un riesgo y los sistema de registro escrito donde se recojan las acciones desarrolladas, las incidencias detectadas y las medidas correctoras llevadas a cabo con objeto de corregir dichas incidencias.

RESULTADOS

1) Guía práctica para el diseño del plan de autocontrol de Legionella.

Presentación y divulgación. En 2002 se realiza la presentación y divulgación de la guía entre los responsables de las instalaciones y sectores implicadas en el control y vigilancia de legionella y se incluye como material de trabajo en el programa de los cursos de capacitación impartidos a los técnicos de mantenimiento.

Planes de autocontrol. El Departamento de Sanidad puso en marcha en 2001 el Plan de Actuación para el control de Legionella con objeto de aplicar los criterios y medidas técnico-sanitarias recogidas en el Real Decreto 865/2003 (que derogó al RD 909/2001). Los objetivos y actividades propuestas en el plan de actuación concluyeron en el 2004 con la inspección y caracterización de todos los establecimientos de riesgo que se establecieron como prioritarios y que se recogen en la tabla 1.

En 2005 se inicia la valoración del grado de implantación del programa de autocontrol por las instalaciones. Se ha realizado la valoración del programa de autocontrol de 140 (62%) instalaciones con circuitos de refrigeración. El 100% de las instalaciones visitadas tienen implantados planes de mantenimiento, limpieza y desinfección, control de calidad de agua y registran las operaciones derivadas de cada uno de los planes. Los datos de los registros indican que el 20% (29 instalaciones) no realizan las operaciones de mantenimiento con la frecuencia establecida, 14 (10%) no realizan la medida diaria de desinfectante residual en la bandeja, 9 (6.4%) no realizan controles de legionella en el agua con a frecuencia establecida. El 82% de las instalaciones presentaron recuentos para legionella spp inferiores a 100 u.f.c/L.

2) Guía para el Diseño del programa de autocontrol de piscinas.

Presentación y divulgación. Se ha presentado y divulgado la guía a los responsables de las piscinas de Gipuzkoa y sectores implicados en el control y vigilancia de las mismas.

Programa de autocontrol. El 2005 ha sido un año de transición entre el antiguo modelo de vigilancia y control de las piscinas y el nuevo (autocontrol). El 100% de las

piscinas de Gipuzkoa (52 cubiertas y 96 descubiertas) han presentado a la autoridad sanitaria el programa de autocontrol para su aprobación. Se ha realizado la aprobación de 111 (75%) programas y se han supervisado 66 (44.6%) piscinas. Los planes que recogen las labores que las piscinas venían ejecutando de forma rutinaria con anterioridad a la implantación del autocontrol (plan de tratamiento del agua, plan de limpieza y desinfección y plan de Seguridad) y el plan de análisis del agua que se contrata generalmente a empresas externas, familiarizadas con el método del autocontrol, cuentan con una implantación más eficaz que los nuevos planes propuestos en el autocontrol (plan de revisión y mantenimiento, plan de desinsectación y desratización, control de proveedores y servicios).

DISCUSIÓN

Las guías han facilitado a los responsables de las instalaciones la elaboración del programa de autocontrol, la identificación de los riesgos en las mismas y el diseño de medidas correctoras enfocadas a su la prevención.

La aplicación de sistemas de autocontrol supone una mejora importante en la gestión de las instalaciones al permitir una implicación directa de todo los trabajadores

en la valoración de los riesgos y en el establecimiento de las actuaciones y medidas para su control. Además facilita la supervisión realizada por el Departamento de Sanidad.

Se valora de forma favorable la implantación del programa de autocontrol en piscinas y en los establecimientos considerados de riesgo para legionella. No obstante, el grado de implantación de los planes y el registro de los datos generados en los mismos presentan algunas deficiencias que deberán de ser subsanadas en la medida en que esta metodología se vaya implantando de forma rutinaria.

BIBLIOGRAFÍA

1. Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. (Boletín Oficial del Estado número 171, de 18 de julio de 2003).
2. Decreto 32/2003, de 18 de febrero por el que se aprueba el reglamento sanitario de piscinas de uso colectivo. Boletín Oficial del País Vasco número 88, de 8 de mayo de 2003).
3. Departamento de Sanidad. Guía práctica para el diseño del plan de autocontrol de legionella. Vitoria: 2002.
4. Departamento de Sanidad. Guía práctica para el Diseño del programa de autocontrol de piscinas. Vitoria: 2003.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES METEOROLÓGICOS Y GEOGRÁFICOS EN LA DIFUSIÓN Y TRANSPORTES DE SUSTANCIAS CONTAMINANTES

INFLUENCE OF THE METEOROLOGICAL AND GEOGRAPHICAL FACTORS IN THE DIFFUSION AND TRANSPORTATION OF POLLUTANTS IN THE AIR

Julio Díaz Jiménez, Cristina Linares Gil

Fundación General de la Universidad Autónoma de Madrid. Asesor para el Departamento de Educación para el Desarrollo Sostenible. Ayuntamiento de Madrid.

RESUMEN:

En este artículo se analiza como las situaciones de estabilidad e inestabilidad atmosférica influyen en los fenómenos de difusión de sustancias contaminantes en la atmósfera, tanto a nivel de grandes focos como de focos puntuales como penachos de chimeneas. Por otro lado, se consideran como la orografía, a través de las brisas de mar y de valle, pueden influir en la dirección del viento y, por tanto, del transporte de sustancias contaminantes en ausencia de vientos dominantes. Por último, se analiza la influencia de los obstáculos orográficos en la formación de vórtices y remolinos a sotavento de dichos obstáculos.

PALABRAS CLAVE: Estratificación atmosférica; difusión; meteorología; obstáculo orográfico; brisa.

ABSTRACT:

In this paper we analysed how the stability and instability atmospheric situations influence the diffusion of air pollutants, as level of big areas and as level of restricted focus (e.g. a chimney). Moreover, the surface is considered, through the sea and valley breeze, because they can influence the wind direction and so, the transportation of pollutants when main winds do not exit. At last, the influence of orographic obstacles are considered in the generation of lee's vortices.

KEY WORDS: Atmospheric Stratification; Diffusion; Meteorology; Orographic obstacle; Breeze.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se pretende poner a disposición de los profesionales de la salud una serie de conceptos meteorológicos básicos, expuestos con un lenguaje coloquial, que pueden explicar el comportamiento de la atmósfera en determinadas condiciones y cómo las condiciones atmosféricas pueden influir en la difusión y transporte de sustancias contaminantes de cualquier tipo presentes en la atmósfera. No se trata pues de un trabajo de investigación, si no una mera recopilación de conceptos meteorológicos. Es por este motivo que la estructura de este trabajo no se adapta a la que normalmente presenta un artículo científico de investigación.

2. Criterios de estabilidad de estratificación atmosférica:

Es conocido que, salvo la absorción que se produce en la estratosfera por la capa de ozono, el aire es totalmente transparente para la radiación solar. Esta radiación

atraviesa la atmósfera y calienta el suelo. Este hecho hace que el aire únicamente se caliente en contacto con el suelo. Por lo tanto el suelo normalmente actuará como un foco cálido y la temperatura del aire disminuirá con la altura. Basándonos en esta premisa de que la temperatura del aire disminuye con la altura, hay dos coeficientes que se utilizan para clasificar la estabilidad de estratificación de la atmósfera.

El primero de ellos es el denominado **gradiente adiabático del aire seco (GAS)**, que se representa por γ_d , y es un valor prácticamente constante y equivale a $1^\circ\text{C}/102\text{ m}$ y representa el enfriamiento de una burbuja al ascender una altura de 102m.

Pero ocurre que el descenso en la práctica suele ser menor de $1^\circ\text{C}/102\text{ m}$, debido al contacto del aire y es de $0,65^\circ\text{C}/100\text{ m}$. A esto se le denomina **gradiente térmico vertical de la atmósfera /GTV)**.

Por otro lado se encuentra el estado real de la atmósfera, que se denomina **enfriamiento geométrico**, viene representado por la letra γ_g y varía de un día a otro y de un

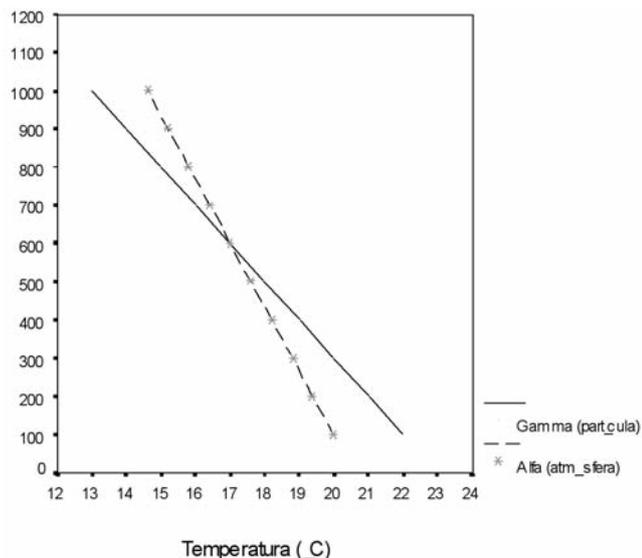


Figura 1. Estabilidad de estratificación.

instante a otro según los valores de γ , hablaremos de las diferentes condiciones de estabilidad de estratificación de la atmósfera.

Estabilidad de estratificación.

Supongamos el estado de la atmósfera de la **figura 1** en la que la línea discontinua corresponde al estado real de la atmósfera y la continua al gradiente adiabático, es decir, al comportamiento de una partícula.

Si a la altura de 600 m, donde ambas gráficas coinciden desplazáramos la partícula hacia arriba ocurriría que la partícula (que se mueve por la línea continua) estaría más fría que la atmósfera y, por tanto, tendería a bajar. Al contrario si la desplazamos hacia abajo, se encontraría más caliente que la atmósfera y tendería a subir. Este caso es el que **la atmósfera se enfría menos de 1°C/102**

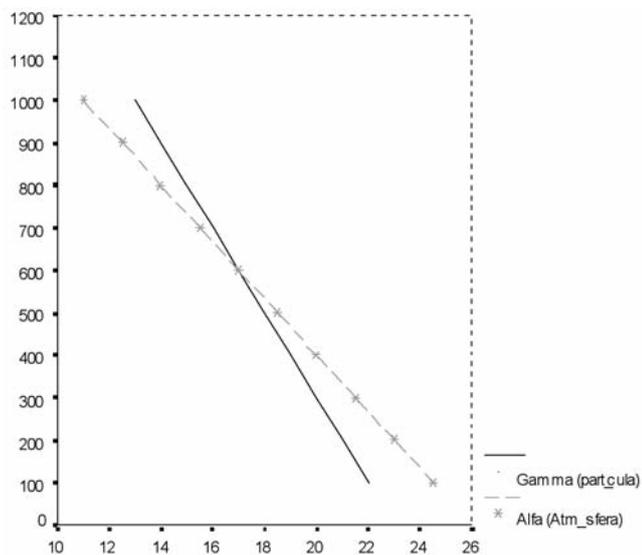


Figura 2. Inestabilidad de estratificación.

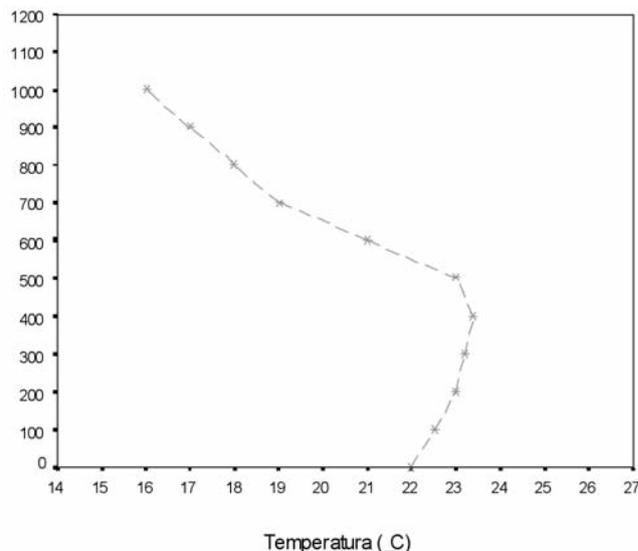


Figura 3. Perfil de la atmósfera a las 06:00h, con inversión en superficie.

m es lo que se denomina estabilidad de estratificación. Cuando existe estabilidad se dificultan los movimientos verticales atmosféricos. Si en vez de enfriarse la atmósfera menos de 1°C/102 m si no que se calienta con la altura, lo que se denomina inversión térmica en superficies, existe una gran estabilidad y prácticamente los movimientos verticales son inexistentes.

Inestabilidad de estratificación.

Consideremos el caso de la **figura 2**, que corresponde a un enfriamiento de la atmósfera superior a 1°C/102m.

Si a la altura de 600 m, donde ambas gráficas coinciden desplazáramos la partícula hacia arriba ocurriría que la partícula (que se mueve por la línea continua) está más caliente que la atmósfera y, por tanto, tendería a seguir subiendo. Al contrario si la desplazamos hacia abajo,

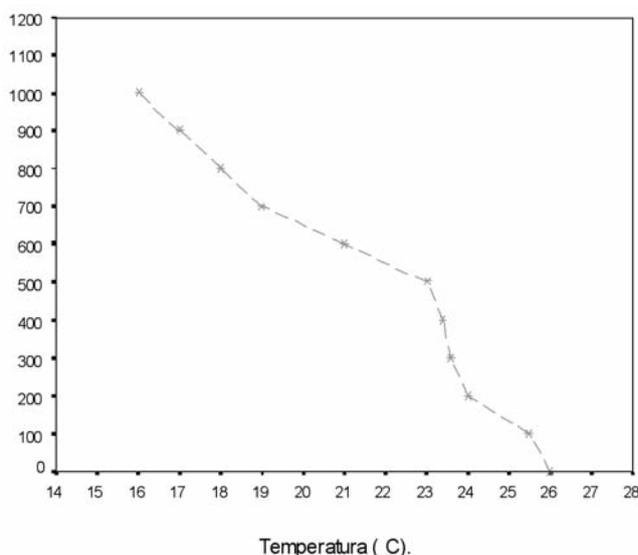


Figura 4. Perfil de la atmósfera sin inversión a las 14:00 h.

se encontraría más fría que la atmósfera y tendería a bajar. Este caso en el que **la atmósfera se enfría más de 1°C/102 m es lo que se denomina inestabilidad de estratificación**. Cuando existe inestabilidad los movimientos verticales atmosféricos se ven favorecidos y, por tanto, la dispersión de sustancias contaminantes.

Atmósfera neutra.

Es el caso en el que el enfriamiento de la atmósfera coincide con el gradiente adiabático.

Rotura de inversiones en superficie.

Evidentemente, el estado de la atmósfera puede variar a lo largo del día y según estratos. Es decir, puede ocurrir que a primeras horas de la mañana se produzca inversión y que a medio día ésta se rompa, como ocurre en las **figuras 3 y 4**

Desde el punto de vista de la difusión de contaminantes, mientras permanece la inversión en superficie, las sustancias contaminantes quedan atrapadas en las capas bajas de la atmósfera y no es hasta cuando se rompe la inversión, en las horas centrales del día, cuando estas sustancias se difunden y los niveles de inmisión que se alcanzan junto al suelo disminuyen de forma drástica.

Comportamiento de la atmósfera a escala sinóptica. Borrascas y anticiclones.

Como se ha citado anteriormente la atmósfera está constituida por gases y, por tanto, ejercen una presión sobre la superficie terrestre, esta presión en condiciones normales y al nivel del mar suele ser de 1013 mb. A las zonas donde la presión es superior a los 1013 mb se les denomina zonas de **alta presión o anticiclones** y las inferiores a 1013 mb se denominan zonas de **baja presión o borrascas**.

En los anticiclones, como son zonas de mayor presión que el ambiente que les rodea el aire tiende a salir de ellos a nivel del suelo. Como no puede haber vacíos ni

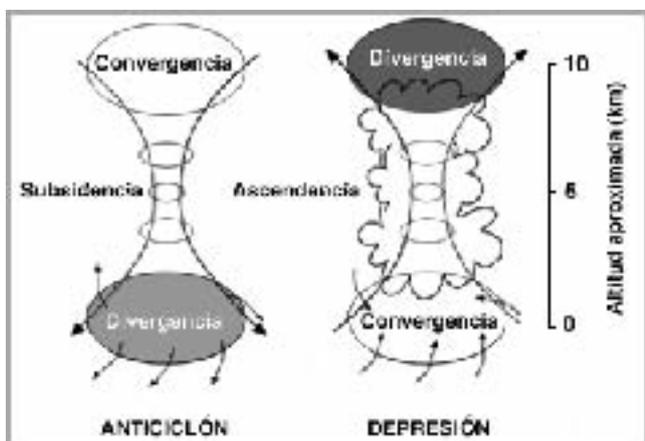


Figura 5. Estructura de una borrasca y de un anticiclón.

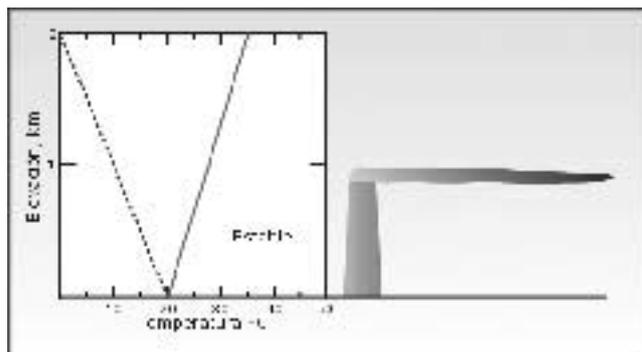


Figura 6. Evolución de un penacho en condiciones de estabilidad atmosférica.

acumulación de materia, al salir aire de los anticiclones este procede de las capas más altas, es decir, en un **anticiclón** la tendencia es a la existencia de **movimientos descendentes** del aire de las capas superiores. Por tanto, desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, en condiciones anticiclónicas suelen producirse acumulación de sustancias contaminantes. Por el contrario, en las borrascas al haber menos presión que en los alrededores el aire tiende a entrar, como no puede acumularse, este asciende. Es por eso que las situaciones de **borrasca** predominan los **movimientos ascendentes** de las masas de aire y son situaciones en las que se favorecen la dispersión de contaminantes hacia las capas altas de la atmósfera. En la **figura 5** se muestra este hecho.

Comportamiento de penachos en diferentes condiciones atmosféricas.

Como se ha citado anteriormente, las condiciones de estabilidad atmosférica se caracterizan por la práctica inexistencia de movimientos verticales. En estas condiciones un penacho que se emita desde una chimenea se comportará tal y como aparece en la figura 6. Es decir el penacho se irá abriendo lentamente y tocará el suelo a gran distancia desde la base de la chimenea. Esta distancia, dependiendo de las condiciones geométricas de la chimenea (altura, sección) y de la temperatura y velocidad de salida de los gases, puede llegar a ser de varias decenas de kilómetros. Las concentraciones de sustancias contaminantes que se registran cuando el penacho toca el suelo, por tanto, suelen ser muy bajas.

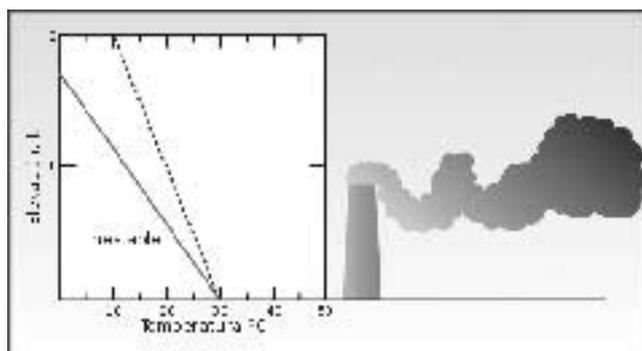


Figura 7. Evolución de un penacho en condiciones de estabilidad atmosférica.

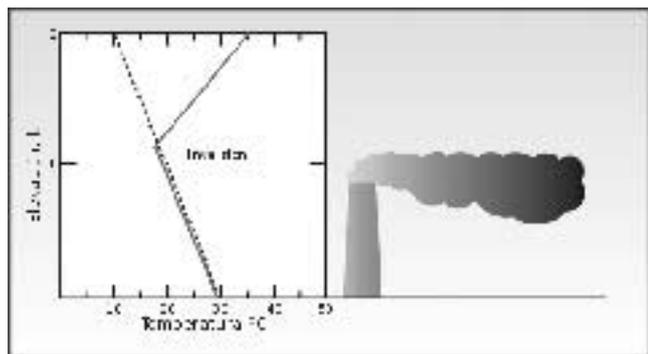


Figura 8. Evolución de un penacho en condiciones de inversión térmica cuando la chimenea se encuentra por debajo de la inversión.

En condiciones de inestabilidad atmosférica, se desarrolla cierto tipo de turbulencia que hace que el penacho se comporte de una forma totalmente diferente al citado anteriormente como puede verse en la figura 7. En este caso el penacho suele tocar el suelo a muy poca distancia de la base de la chimenea y, por tanto, las concentraciones que se alcanzan en estas condiciones suelen ser bastante elevadas.

En los casos en los que existe inversión térmica en superficie, es de gran importancia que la altura de la inversión se encuentre por encima o por debajo de la altura de la chimenea. En el caso en el que la chimenea esté por debajo de la inversión, al actuar ésta como una auténtica "tapadera" impedirá que el penacho se eleve y tocará el suelo cerca de la base registrándose concentraciones elevadas de contaminante como puede verse en la figura 8.

En el caso en el que la inversión esté por debajo de la altura de la chimenea el penacho ascenderá y la inversión en superficie hará que éste no toque el suelo como puede observarse en la figura 9.

Brisas de mar y de valle.

Las brisas de mar vienen determinadas por el diferente calor específico que presentan la tierra y el mar. El calor específico del agua es más elevado que el de la tierra, es decir, el agua se calienta y enfría menos que el

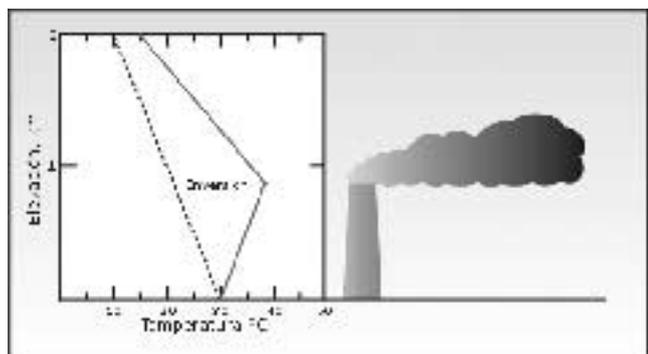


Figura 9. Evolución de un penacho en condiciones de inversión térmica cuando la chimenea se encuentra por encima de la inversión.



Figura 10. Dirección de la brisa durante el día.

suelo. Durante el día, cuando el calentamiento solar es intenso, la tierra se calienta más que el mar, por lo tanto las corrientes convectivas se darán en la tierra, es decir el aire caliente ascenderá en la tierra. Como no puede haber vacíos de materia, este aire que asciende será reemplazado, en las capas bajas, por el que venga del mar. Por tanto, y en ausencia de vientos dominantes, durante el día la brisa, a nivel del suelo, se dirigirá desde el mar hacia la tierra, como puede observarse en la figura 10. Desde el punto de vista de la difusión de sustancias contaminantes este tipo de brisas hará que los contaminantes se dispersen hacia el interior de la costa.

Durante la noche el mar, al tener mayor calor específico que la tierra, se enfriará menos que ésta, las corrientes ascendentes se darán en el mar, y la brisa soplará, en las capas bajas, desde la tierra hacia el mar, como puede apreciarse en la figura 11.

Un fundamento similar, pero basado en que el aire frío, más denso, desciende y el caliente, menos denso, asciende es el fundamento de las brisas de valle. Durante la noche el aire frío de las zonas más altas de la montaña baja por el valle constituyendo lo que se llama drenaje o viento catabático, como se puede observar en la figura 12. Por tanto, en ausencia de vientos dominantes, durante la noche predominan los vientos de cima a valle. Durante el día el proceso se invierte, soplando entonces de valle a cima, la que se denominan vientos anabáticos, tal y como se aprecia en la figura 13.



Figura 11. Dirección de la brisa durante la noche.

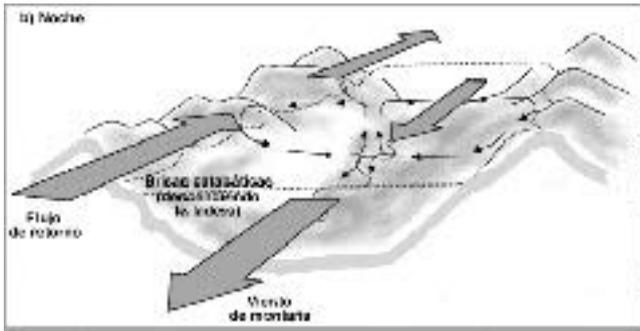


Figura 12. Brisas de valle durante la noche. El viento desciende por la ladera.

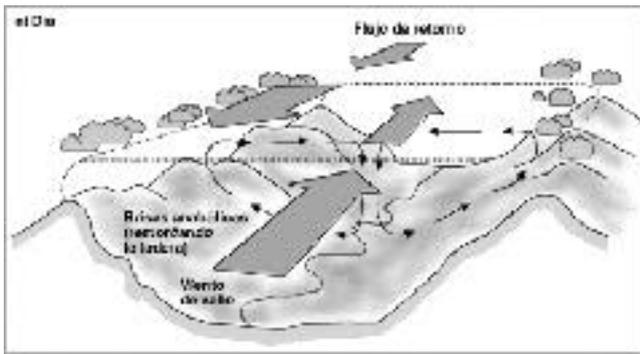


Figura 13. Brisas de valle durante el día. El viento asciende por la ladera.

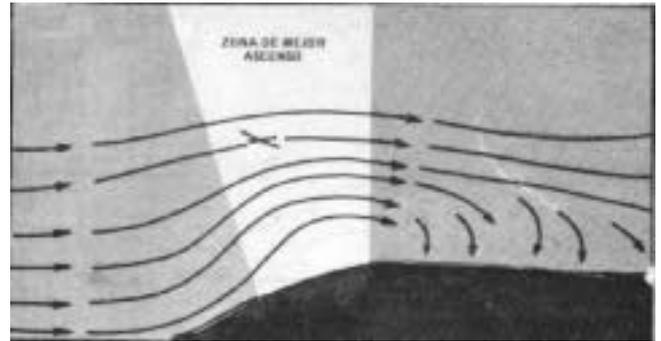


Figura 14. Formación de corrientes ascendentes a barlovento de la montaña y de vórtices o remolinos a sotavento.

Remolinos a sotavento de un obstáculo.

Cuando un flujo de aire se encuentra con un obstáculo en la parte de éste que se encuentra expuesta al viento (barlovento), se forman corrientes ascendentes que, en el caso de sustancias contaminantes presentes en la atmósfera tienden a difundirse. Por el contrario, en la parte del obstáculo resguardada del viento (sotavento), tiene lugar la formación de remolinos o vórtices que harían que las sustancias contaminantes no se dispersasen y que una y otra vez fueran de las capas más bajas a las más altas para volver a bajar como consecuencia de los remolinos que se forman en este lado del obstáculo. En la figura 14 se muestra esquemáticamente este hecho.

BILIOGRAFÍA:

Díaz J. "Variación espacial y temporal de los parámetros de estabilidad en orografía compleja y ondas de montaña". Tesis Doctoral. UCM. Madrid 2001.
 Hernández E, Díaz J, Cana LC, García A "Analysis of the atmosphere behaviour in the proximities of an orographic obstacle" Non Linear Processes in Geophysics. 1995;2: 30-48.
 Medina M. "Meteorología básica". Alambra 1983.
 Morán F. "Termodinámica de la Atmósfera". Madrid 1948.

ENFRIADORES EVAPORATIVOS, HUMECTADORES Y OTRAS INSTALACIONES ¿PRESENTAN UN MENOR RIESGO DE LEGIONELOSIS TAL Y COMO CONTEMPLA SU CLASIFICACIÓN EN EL REAL DECRETO 865/2003?

EVAPORATIVE COOLERS, HUMIDIFIERS AND OTHER SYSTEMS, HAVE LESS RISK OF LEGIONELLA PROLIFERATION AS IT SHOW THEIR CLASSIFICATION IN THE SPANISH LAW (RD 865/2003)?

GREGORIO DE DIOS DE DIOS

AQUA ESPAÑA. Barcelona

RESUMEN

El Real Decreto 865/2003 por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis establece una clasificación de las instalaciones que son objeto del mismo separándolas en dos grupos, las de mayor probabilidad de proliferación y dispersión de Legionella y las de menor probabilidad. Entre éstas últimas se incluyen los equipos de enfriamiento evaporativo y los humidificadores.

Esta clasificación o separación y el hecho de que para todas ellas no exista un Anexo específico en el Real Decreto que desarrolle los programas de mantenimiento a llevar a cabo, puede crear la falsa imagen de que todos los sistemas que pertenecen a este segundo grupo, tienen un menor riesgo técnico de proliferación de legionelosis y que por tanto la importancia del cumplimiento estricto

de los programas de mantenimiento en éstas instalaciones es menor.

Es por ello importante que se elaboren y apliquen programas de mantenimiento adecuados a las características particulares y a la evaluación del riesgo de cada instalación ya que la pertenencia a un determinado grupo de sistemas no determina el riesgo de proliferación y diseminación de Legionella.

PALABRAS CLAVE

Legionella
Desinfección
Enfriador evaporativo
Humidificadores
Humectadores
RD 865/2003

ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO

Los sistemas de enfriamiento evaporativo del aire se encuentran extendidos en numerosas aplicaciones comerciales e industriales. Con el fin de conocer los fundamentos de su funcionamiento aclararemos inicialmente algunos conceptos básicos.

El enfriamiento evaporativo utiliza la evaporación de agua para enfriar un volumen de aire determinado que circula en contacto con aquella. Este fenómeno provoca una disminución de la temperatura del aire, así como un aumento del grado de humedad del mismo. Por ello este proceso de acondicionamiento del aire se usa solamente sobre aire exterior relativamente seco (climas calurosos

y secos). En las zonas secas de Australia y EE.UU es un método muy utilizado.

No se emplea sobre el aire recirculado de los locales que son acondicionados ya que si no la humedad del aire aumentaría hasta alcanzar valores lejanos a los de confort.

Para conocer las condiciones del aire de salida, se utiliza el diagrama psicrométrico que nos informa de la temperatura seca, humedad absoluta, humedad relativa, entalpía, temperatura de bulbo húmedo, presión de vapor. Cuando se efectúa el contacto aire-agua, el aire disminuye su temperatura seca hasta que ésta alcanza (suponiendo un tiempo infinito) la temperatura de bulbo húmedo.

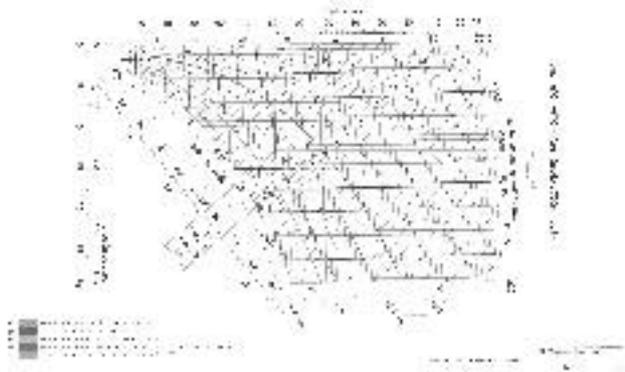


Fig. 1 – Diagrama psicrométrico

En la figura 1 se muestra un diagrama psicrométrico donde partiendo de un aire exterior a 36 °C y con un grado de humedad del 30 % podemos obtener una temperatura de salida de 26,5 °C con un grado de humedad del 70 %. La eficiencia de saturación en este caso sería de un 67 % aunque normalmente se alcanzan eficiencias del 80 hasta un 95%. Este proceso se denomina enfriamiento evaporativo directo. Es un sistema de enfriamiento que podríamos denominar “ecológico” ya que no utiliza ningún tipo de gas refrigerante y la aportación de energía eléctrica es mínima en comparación con los sistemas tradicionales de aire acondicionado.

También existen procesos de enfriamiento indirecto donde una corriente de aire (aire secundario) viene enfriada adiabáticamente y luego se hace pasar a través de un intercambiador de calor. Por el otro lado del intercambiador pasa una corriente de aire (el aire primario) que una vez enfriada por el aire secundario, se dirige al interior del local. En éstos casos el aire dirigido al interior de las instalaciones no ha estado en contacto con agua y por lo tanto ni ha aumentado su humedad ni existe riesgo de proliferación de legionelosis.

Diseño de los sistemas

Los equipos de enfriamiento evaporativo directo se utilizan en diversas aplicaciones (edificios de oficinas, casas particulares, naves industriales, granjas, baños de pintura en industria del automóvil, etc). Podríamos dividirlos en dos grandes grupos:

- Equipos evaporativos por contacto con una superficie humedecida.
- Equipos evaporativos por pulverización.

En los primeros existe un medio poroso interno, a través del cuál va cayendo agua. El aire pasa a través de ese medio poroso impulsado por un ventilador y, una vez enfriado se conduce hacia el interior de las salas o naves. El agua que no se evapora se recoge en la bandeja inferior del equipo y una bomba se encarga de volver a impulsar el agua sobre el medio poroso. Las pérdidas de agua que se producen por evaporación se van reponiendo con agua nueva en función de una boya que controla el nivel.

Cómo en estos sistemas no se pulveriza agua, la única posibilidad de transmisión de Legionella es que se pro-

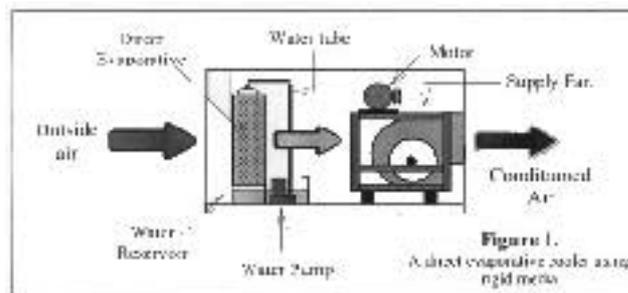


Fig. 2 – Esquema enfriador evaporativo directo

duzca arrastre de gotas bien por un caudal excesivo de aire, bien por un mal estado del medio interno. En cualquier caso existe una superficie mojada con un agua que va incrementando su salinidad y para la que no existe habitualmente control de purga por conductividad, por lo que el medio puede colmatarse con restos de incrustación y servir como soporte al crecimiento bacteriano y fúngico. Además en muchos de los existentes (antiguos) el material del medio por el que circula el agua puede ser susceptible de favorecer el crecimiento microbiológico (derivados celulósicos o incluso paja) cuando los más modernos utilizan ya otros materiales (fibra de vidrio). Es posible que un deterioro en el mantenimiento del equipo pueda conducir a la generación de aerosoles.

La suciedad que arrastre el aire exterior es un factor de riesgo también importante ya que la inclusión de polen, materia orgánica en el interior del sistema favorecerá el crecimiento microbiológico.

Por nuestra experiencia, existen numerosos análisis positivos de Legionella en el agua del interior de éstas instalaciones a pesar de que no han sido reportados brotes asociados a éste tipo de sistemas por la no generación habitual de gotas de agua. Recientemente se ha producido un incidente en una instalación del Gobierno de Queensland (Australia) que ha motivado la publicación de una guía para el mantenimiento de enfriadores evaporativos directos en este Estado.

Para preservar la calidad microbiológica del agua circulante, no es aconsejable utilizar desinfectantes en continuo ya que los productos de descomposición podrían generar problemas en el interior de las salas donde el aire



Fig. 3 – Enfriador evaporativo directo



Fig. 4 – Humidificador por atomización



Fig. 5 – Humidificador por atomización

se destina. Se pueden utilizar métodos físicos, físico-químicos o biocidas cuyos productos de descomposición sean aceptables (como el peróxido catalizado).

Los enfriadores evaporativos que trabajan con pulverización directa de agua si producen aerosoles que pueden ser respirados y por lo tanto deberían trabajar con agua sanitariamente segura y sin posibilidad de reaprovechar el agua una vez utilizada (sin recirculación).

HUMIDIFICADORES

En el caso de los humidificadores el objetivo de los equipos no es enfriar el aire de entrada rebajando su temperatura sino incrementar su nivel de humedad, bien por razones de confort para las personas, bien por razones técnicas (salas de fabricación de materiales diversos, reducción del nivel de cargas electrostáticas) u otras (humidificadores de alimentos).

Ya hemos analizado los fundamentos teóricos de la humidificación con lo que pasaremos a analizar los diferentes equipos

Diseño de los sistemas

En función del método de humidificación se pueden diferenciar tres tipos de sistemas:

- Por evaporación. Las instalaciones serían similares a las existentes para el enfriamiento evaporativo. Un panel por el que se deja caer agua y a través del cual se hace circular el aire a humidificar.
- Por atomización. Son pulverizaciones directas del agua en la sala a humidificar. Se pueden realizar mediante boquillas pulverizadoras impulsadas por bombas a alta presión o mediante dispositivos de ultrasonidos. En este tipo de sistemas, el aerosol formado si puede entrar en contacto con el personal de la sala humidificada ya que no existe ningún tipo de separador de gotas que pueda evitar el contacto.
- Mediante vapor. En éste caso se genera vapor de agua a más de 100 °C con lo que no existe riesgo microbiológico de proliferación de Legionella.

Dejando a un lado los humidificadores de vapor, el resto de equipos pulverizan agua directamente en la sala donde debe corregirse el grado de humedad y algunos de ellos (los más pequeños) no disponen de renovación automática de agua por lo que el tiempo de residencia del agua en el interior del sistema puede llegar a ser muy largo con probabilidad de tener condiciones adecuadas para el desarrollo no sólo de Legionella sino de otros organismos susceptibles de generar enfermedades.

Los humidificadores industriales por atomización funcionan generalmente a un solo paso, sin recirculación de agua y además suelen disponer de sistemas físicos de desinfección previos a la aerosolización (generalmente equipos de radiación ultravioleta), con lo que podrían considerarse más seguros.

De hecho, existen brotes de legionelosis documentados asociados a humidificadores como por ejemplo un brote en un hotel del Sur de Gales en Enero del año 2000 con 5 personas afectadas y dos muertas dónde el foco se encontraba en un humidificador que existía en el comedor del hotel y que se utilizaba para que los alimentos tuvieran una presencia más fresca.

No sólo legionelosis sino que existen otras enfermedades, algunas de ellas asociadas al síndrome del edificio enfermo, donde el papel de los bioaerosoles parece jugar un papel importante. Existen trabajos que sugieren una relación entre los procesos de enfriamiento y humidificación y el síndrome del edificio enfermo, asociados a contaminación microbiana o de hongos. La inhalación de endotoxinas, micotoxinas y otros productos microbianos pueden estar en el origen de enfermedades respiratorias. Muchas de estas enfermedades como asma, alveolitis alérgica que puede progresar hacia fibrosis, están asociadas a la utilización de nebulizadores caseros en domicilios particulares.

Es también conocida la llamada fiebre de los humidificadores que se caracteriza por fiebre, escalofríos, dolores musculares y malestar general, pero que no presenta síntomas y signos pulmonares conspicuos. Los síntomas se pueden presentar entre las 4 y 8 horas de iniciada la exposición y remiten dentro de las siguientes 24 horas, sin ningún efecto posterior.

En sistemas de humidificación en los que los aerosoles pueden entrar en contacto con alimentos se deberían analizar *E.coli* y coniformes totales, a parte de evaluar periódicamente *Legionella*.

OTRAS INSTALACIONES

En el resto de instalaciones clasificadas como de menor riesgo en el Real Decreto 865/2003, nos encontramos con algunas donde cómo principal factor de riesgo tenemos la cercanía y facilidad con que las personas pueden estar en contacto con el agente causal (aerosol de agua conteniendo la bacteria) sin la posibilidad de establecer unas barreras claras. Entre éstas se encuentran:

- El riego por aspersión en zonas urbanas.
- Los sistemas de agua fría sanitaria.
- Las fuentes ornamentales (en espacios abiertos o confinados).
- Los túneles o boxes de lavado de coches.

En las dos primeras no existe recirculación de agua siendo instalaciones de un solo paso por el sistema, de manera que el requisito más importante para minimizar el riesgo es la utilización de un agua de alimentación con una calidad microbiológica adecuada. En concreto en algunos municipios y en aplicaciones de riego por aspersión en zona urbana (riego de campos de fútbol, riego jardines urbanos, etc) ya se viene utilizando agua depurada tratada.

En las dos instalaciones siguientes sí puede darse una recirculación de agua con el consiguiente incremento de salinidad (por pérdidas por evaporación), alto tiempo de residencia del agua en los equipos y oportunidad para el crecimiento de bacterias (*Legionella* entre ellas) si las temperaturas son adecuadas.

La tendencia en túneles de lavado de automóviles, por ejemplo, es favorecer el aprovechamiento del agua utilizada, para de ese modo hacer un uso más racional de este recurso (en algunas comunidades autónomas se planteará en el futuro como una obligación), con lo que el riesgo de proliferación de *Legionella* aumentará y se deberán tomar medidas (tratamientos de desinfección) para controlarlo.

En la actualidad, el hecho de que el caso de los túneles o boxes de lavado de automóviles no se encuentre citado de manera explícita en el Real Decreto 865/2003 (aunque sí se incluye su presencia en el apartado del artículo 2), no ayuda a la concienciación del personal involucrado en el diseño y mantenimiento de éstas instalaciones, sobre la importancia de un correcto mantenimiento higiénico-sanitario de las mismas y a la aplicación de medidas correctoras simples y conocidas que minimicen el riesgo (aunque aumenten los costes de explotación del sistema).

Entre los meses de Noviembre 2003 y Enero 2004 se produjo un brote de legionelosis en la región francesa de Pas de Calais con 70 casos y 9 fallecidos. La identificación de la cepa se produjo en una torre de refrigeración y en un túnel de lavado de automóviles, lo que provocó que

las autoridades sanitarias procedieran a clausurar durante un tiempo los centros de lavado de automóviles en un radio de 10 Km.

En otras instalaciones consideradas de bajo riesgo, la dificultad radica en el correcto mantenimiento higiénico-sanitario debido a las especiales circunstancias de la instalación. El caso más claro en este sentido es el de muchos de los sistemas contra incendios donde existen circuitos en los cuáles es improbable que el agente causal entre en contacto con personas ya que no se producen aerosoles de forma habitual y hay una dificultad clara para lograr un tratamiento adecuado del agua del interior del sistema que permanecerá estancada durante muchos días. La no existencia de recirculación o la presencia de múltiples ramales ciegos hacen que sea prácticamente imposible que un tratamiento desinfectante llegue a todos los puntos de posible aerosolización.

Otras instalaciones de bajo riesgo no citadas explícitamente en el Decreto 865/2003 son los equipos industriales de lavado de gases. En muchos de ellos la probabilidad de desarrollo de la bacteria es prácticamente nula debido a las temperaturas alcanzadas y la vaporización completa del agua que efectúa el lavado del gas. De todas formas se ha reportado un brote producido por una instalación industrial de lavado de gases en las ciudades noruegas de Sarpsborg y Fredrikstad con 39 casos y 5 fallecidos.

CONCLUSIONES

La clasificación establecida en el Real Decreto 865/2003 separa a las instalaciones de mayor y menor probabilidad de proliferación y diseminación de *Legionella* y legionelosis, atendiendo al uso o función a la que se destinan y teniendo en cuenta el número de brotes y/o casos de legionelosis asociados a cada una de ellas.

Esa separación a nivel legal puede conducir a relajar los programas de mantenimiento o disminuir la atención higiénico-sanitaria sobre los equipos considerados de menor riesgo. Algunas de estas instalaciones ya han estado asociadas a la aparición de brotes de legionelosis.

Entre las instalaciones consideradas de menor riesgo, como los enfriadores evaporativos, humidificadores y otras instalaciones, las diferentes condiciones de funcionamiento que se dan (régimen de trabajo, proximidad de los aerosoles a personas de riesgo, diseño, etc) dentro incluso de cada categoría, plantea la necesidad de realizar evaluaciones del riesgo de cada sistema en particular y establecer criterios de mantenimiento, tratamiento, análisis y limpieza y desinfección adecuados a cada caso.

Las guías técnicas ayudarán sin duda a establecer esos criterios y a mantener las instalaciones en mejores condiciones higiénico-sanitarias con independencia de su clasificación en el Real Decreto 865/2003.

BIBLIOGRAFÍA

- CDSC. Legionellosis associated with a hotel in South Wales. Commun Dis Rep CDR Wkly 2000; 10: 81. (<http://www.phls.co.uk/publications/CDR00/cdr0900.pdf>)*
- Legionnaires' disease outbreak associated with a grocery store mist machine-Louisiana, 1989. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 1990; 39: 108-9. (<http://www.cdc.gov/epo/mmwr/preview/mmwrhtml/00001563.htm>)
- Code of best practice – 1. Cold water humidification systems. Publicado por la HEVAC Association, Humidity Group.
- Maintenance of Evaporative Coolers to Control the risk of Legionella. Publicado por Department of Public Works. Queensland Government; Noviembre 2004.
- REAL DECRETO 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- UNE 100030:2005 IN. Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de *Legionella* en instalaciones.
- Guías Técnicas del Ministerio de Sanidad y Consumo. Junio 2006.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 288: Síndrome del edificio enfermo: enfermedades relacionadas y papel de los bioarosoles.
- E. Ordoqui, M. Orta, A. Aranzábal, M.C. Martínez, F. Idoate, M.J. Trujillo, J.M. Zubeldia y M.L. Baeza. Alveolitis alérgica extrínseca por exposición a un humidificador ultrasónico. Alergol. Inmunol. Clin. 2000; 15:400-404.

TRATAMIENTOS Y DISEÑOS ALTERNATIVOS DE LAS INSTALACIONES DE RIESGO DE PROLIFERACION DE LEGIONELLA NEUMOPHILA

ALTERNATIVES TREATMENT IN THE INSTALLATIONS FOR LEGIONELLOSIS RISK REDUCTION

José Macias Macias

Ingeniero Industrial. Jefe de Servicio de Mantenimiento y Electromedicina. Hospital Juan Ramón Jiménez. Huelva

1. INTRODUCCIÓN

La dilatada experiencia del autor en el campo de la ingeniería de mantenimiento hospitalario, ha servido de base para sugerir distintas alternativas para prevenir la aparición de la bacteria *Legionella Neumophila* en las instalaciones de riesgo. Lo que se pretende con las recomendaciones propuestas de diseño, uso y tratamiento de dichas instalaciones, es crear en ellas entornos hostiles para la vida microbiana y especialmente para la legionela, combinando métodos físicos y químicos. De esta forma lograremos disminuir las poblaciones de la bacteria, por debajo de los niveles que a la luz de los conocimientos actuales, resultan infectivos.

Se describen opciones diferentes a los métodos de tratamiento tradicionales, que permiten obtener los mismos resultados minimizando los riesgos, tanto para las personas como para el medio ambiente. También se exponen los resultados de varios experimentos, mediante los cuales se ha intentado conocer como se comportan las instalaciones y los materiales que las componen, frente a la agresión que producen los métodos biocidas. Y por último, se comparan los distintos tipos de instalaciones centralizadas de producción y almacenamiento de agua caliente y se estudian las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.

Las propuestas que se formulan pretenden tres cosas y por este orden: controlar las poblaciones de legionela evitando que originen la enfermedad en las personas, proteger las instalaciones en las que puede desarrollarse la bacteria, y en la medida de lo posible, evitar daños al medio ambiente derivados del vertido de sustancias peligrosas.

2. PROPUESTA DE DESINFECCIÓN ALTERNATIVA DE ALJIBES DE AGUA POTABLE A LA DESCRITA EN EL RD. 865/2003

Una determinada cantidad de agua contenida en un depósito o aljibe, en el cual no se ha detectado la presen-

cia de *Legionella Neumophila*, y en el que se ha mantenido un índice de cloro residual acorde con lo dispuesto en la RTSAP (entre 0.2 y 0.8 ppm) no debería de clorarse hasta 20-30 ppm por varios motivos:

- Vamos a clorar un agua que puede usarse. En el peor de los casos si no nos fiamos, podemos tirarla al alcantarillado sin añadirle productos químicos contaminantes como son los agentes cloradores y decloradores. Lo único que vamos a hacer EN EL PEOR DE LOS CASOS es devolver poblaciones de legionelas a su hábitat natural (léase el Preámbulo del Real Decreto 865/2003).
- Si cloramos el agua, vamos a desperdiciar cantidades importantes de un recurso escaso, sin obtener utilidad alguna. Además la cantidad de agentes cloradores y decloradores va a depender de la cantidad de agua almacenada y podemos estar hablando de cientos de metros cúbicos de agua y cientos de kg. de reactivos químicos por cada edificio. Multiplíquese por todos los hospitales, hoteles, estaciones, aeropuertos y otros edificios colectivos que hay en España y podrá apreciarse de que magnitudes tanto económicas como volumétricas estamos hablando, PARA TIRARLAS A LOS RIOS O AL MAR.

2.1. DESINFECCIÓN ALTERNATIVA

Para la desinfección anual en caso de depósitos no contaminados se sugiere lo siguiente:

- Utilizar el agua hasta agotar los aljibes o eliminarla a través de los desagües si no nos fiamos de su pureza microbiológica o química.
- Limpiar a fondo las paredes con cepillo duro.
- Realizar las reparaciones necesarias y aclarar con agua limpia.

- Impregnar las paredes, suelo y techo de los aljibes, pulverizando sobre ellos o aplicando a brocha o rodillo una solución de hipoclorito sódico apto para agua potable conteniendo 30 ppm de cloro residual libre, manteniendo su acción varias horas. (En definitiva lo que se propone es lo que contempla el Real Decreto 865/2003 para los elementos no desmontables).
- Aclarar posteriormente con abundante agua fría. Dada la escasa cantidad de reactivo que se empleará en esta tarea, no es necesario neutralizarlo, pues conseguiremos rápidamente diluciones no peligrosas ni para el medio ambiente ni para los trabajadores que realizan las tareas descritas.
- Volver a llenar con agua y añadir la cantidad agente clorador necesario para lograr las concentraciones de cloro que prescribe la Reglamentación técnico-sanitaria para el agua potable (0,2 – 0,8 ppm de cloro residual libre)

Con este procedimiento se consiguen exactamente los mismos objetivos que lo dispuesto en el Real Decreto, con un considerable ahorro de mano de obra, energía, agua y reactivos químicos, además de evitar vertidos importantes de sustancias contaminantes al medio ambiente.

Veamos ahora la desinfección en caso de brote de legionelosis o depósito contaminado.

2.2. DESINFECCIÓN CON CLORO

En caso de brote de legionelosis o frente a un aljibe que presenta un análisis microbiológico con presencia significativa de legionelas, el tratamiento a seguir estaba descrito en el apartado C del ANEXO 3 del Real Decreto 909/2001, y el RD 865/2003 lo reproduce en una de sus disposiciones. Sin embargo a la vista de experiencias sufridas, debe tenerse en cuenta y asumirse cuando se vaya a realizar una desinfección de choque de toda la red lo siguiente:

- Si se representa el contenido de cloro libre en agua en función de la cantidad de agente clorador que se va añadiendo al agua contenida en un aljibe, se observa que la materia orgánica presente propicia una curva ascendente al principio, descendente a continuación debido a la combinación del cloro con la misma y una vez pasado un punto determinado, la curva vuelve a ser ascendente otra vez con una pendiente inferior a los 45°. Por lo tanto no son válidos cálculos simples que permitan saber la cantidad de hipoclorito a añadir teniendo en cuenta el volumen de agua almacenada. Es necesario ir midiendo continuamente el índice de cloro conforme se va añadiendo agente clorador. Es muy fácil pasarse de los índices recomendados. Esta tarea puede consumir varias horas de trabajo si el aljibe es de varios cientos de M³.
- Es recomendable neutralizar el cloro libre con METABISULFITO SODICO apto para uso alimentario 5]. Este agente de clorador es igual de eficaz que el TIO-

SULFATO SODICO y considerablemente más barato. La neutralización se acelera agitando el agua.

- A continuación debe limpiarse y repararse el aljibe. Luego debe llenarse con agua limpia. Estas tareas pueden durar varios días en un hospital.
- La segunda hipercloración en la cual debe distribuirse el desinfectante por toda la red de manera ordenada desde el principio hasta el final INUTILIZA LA RED PARA LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DURANTE EL TIEMPO NECESARIO PARA ALCANZAR 3-4 ppm EN LOS PUNTOS TERMINALES, MANTENER ESE ÍNDICE DE CLORO Y NEUTRALIZAR LUEGO TODO EL AGUA CONTENIDA EN LAS TUBERÍAS. Esta tarea puede durar más de un día, desde el inicio de los trabajos hasta el comienzo de la neutralización.
- La neutralización debe llegar a todos los puntos por lo cual es preciso abrir todos los grifos y duchas para garantizar que en ningún ramal quedan residuos ni de agente clorador libre ni de neutralizante.

A la vista de lo anterior, un tratamiento de choque mediante hipercloración ante casos de legionelosis, INUTILIZA LA RED DE AGUA FRÍA DURANTE VARIOS DÍAS y esto debe asumirse y evitar soluciones parciales, como sería hiperclorar solo el aljibe y no abrir todos y cada uno de los puntos terminales, bien por olvido, bien por no creerlo necesario, so pena de incumplir la literalidad del decreto y lo que es más grave, NO ERRADICAR LA LEGIONELLA.

2.3. DESINFECCIÓN TÉRMICA (SOLO VÁLIDA PARA LOS SISTEMAS DE AGUA CALIENTE SANITARIA)

- Elevar la temperatura del agua del depósito hasta 70° C, dejando luego correr la misma por toda la red hasta que se alcance una temperatura de 60° C en las salidas y dejar correr EN CADA PUNTO TERMINAL durante al menos 10 minutos. La operación completa va a depender de la magnitud de la instalación, pero con total seguridad durará varias horas, pues evidentemente no pueden abrirse todos los grifos a la vez y pretender mantener la temperatura de salida. NINGUNA INSTALACIÓN COLECTIVA SE DISEÑA NI SE CONSTRUYE PARA UNA SIMULTANEIDAD DEL 100 %.
- Vaciar el sistema, limpiar a fondo las paredes de los depósitos, realizar las reparaciones necesarias y aclarar con agua limpia.
- Volver a llenar para su funcionamiento habitual.

Es recomendable efectuar estas operaciones por la noche o en horas de baja demanda para evitar riesgos de quemaduras a posibles usuarios inadvertidos. De cualquier manera el sentido común más elemental aconseja dar la máxima publicidad antes de efectuar estas tareas y tomar medidas de precaución para evitar daños a las personas.

La desinfección térmica es la más recomendable para las redes de agua caliente sanitaria por varios motivos:

- Es mucho menos agresiva desde el punto de vista físico-químico que las hipercloraciones, que atacan a las redes de acero galvanizado. Téngase en cuenta que este material ha sido ampliamente utilizado y es el constituyente de la mayoría de las redes de agua de los edificios tanto residenciales (bloques de viviendas) como colectivos (hoteles, hospitales, colegios, residencias estaciones, aeropuertos, edificios de oficinas, etc.)
- No introduce elementos ajenos a las redes, por tanto no es preciso neutralizar nada.
- Como dije antes, es aconsejable realizar el choque térmico durante la noche para evitar posibles quemaduras.
- Es fácil de realizar, ya que la mayoría de las instalaciones permiten elevar la temperatura del agua caliente hasta los valores previstos en el Real Decreto. Concretamente en hospitales son muy comunes los interacumuladores con circuitos primarios alimentados bien con vapor a temperaturas superiores a los 120 °C o con agua caliente procedente de una caldera a 90° C.
- Alcanzando temperaturas en el agua circulante de 70° C y logrando hacer salir por los puntos terminales agua a 60° C, está perfectamente asegurada la destrucción de todas las poblaciones de legionela existentes en una instalación de agua caliente sanitaria, incluyendo las que se encuentran en las biopelículas y en el interior de las incrustaciones por muy diferentes que sean de sus congéneres planctónicos. ESTAMOS HABLANDO DE UNA PASTEURIZACIÓN.

Por el contrario, el cloro reacciona no solo con la microflora bacteriana, sino también con los compuestos orgánicos y minerales del agua, de las incrustaciones y con el metal de las tuberías. Además, el choque térmico, a di-

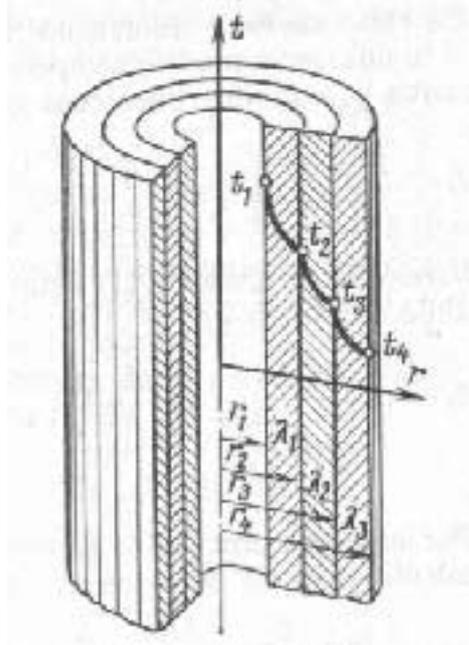


FIGURA 1
Pared cilíndrica de capas múltiples

ferencia de la cloración, garantiza que el agente desinfectante (agua muy caliente) llega a todas las partes de la instalación. Para demostrarlo, consideraremos un elemento cualquiera de tubería en la que hemos conseguido introducir agua caliente a 70° C, con una temperatura exterior del aislamiento de 26° C. El perfil de temperaturas desde dentro hacia fuera, será el representado en la figura 1 y que se explica analíticamente dando valores a los radios y conociendo los valores de conductividad térmica de los materiales de las distintas capas.

En el régimen permanente, el flujo calorífico que atraviesa todas las capas viene definido por la expresión:

$$Q = \frac{2\pi(t_1 - t_4)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3}}$$

t_1 : temperatura del agua en el interior del tubo igual a 70° C

t_2 : temperatura de la unión entre la capa de incrustaciones y el metal del tubo

t_3 : temperatura del tubo por la parte exterior

t_4 : temperatura del aislamiento por la parte exterior. Hemos hallado un valor de 26° C

D_1 : diámetro de la sección útil de la tubería. Es igual a la sección nominal del tubo menos el doble del espesor de la capa de incrustaciones. Para un tubo de 4" y con un espesor de incrustaciones de 5mm. como las de las fotografías, podemos considerar que vale alrededor de 90 mm

D_2 : diámetro nominal de la tubería, sin incrustaciones. Su valor es de 100 mm

D_3 : diámetro externo de la tubería. Suponiendo un espesor de 5 mm. su valor asciende a 110 mm

D_4 : diámetro de la tubería forrada con el aislamiento a base de fibra de vidrio y de 40 mm de espesor. Su valor asciende a 190 mm

λ_1 : conductividad térmica de la capa de incrustaciones. Según la bibliografía consultada, las incrustaciones tienen un valor que oscila entre 0.13 y 3,14 W/m°C. Tomaremos un valor central de 1.65 W/m°C

λ_2 : conductividad térmica del acero galvanizado. Su valor es de 50 W/m°C

λ_3 : conductividad térmica del aislamiento de fibra de vidrio. Su valor es de 0.050 W/m°C

Con todos los datos facilitados y haciendo cálculos hallamos un valor del flujo de calor de 25.21 W/m de tubería. Con este valor estamos en condiciones de calcular los valores de t_2 y t_3 , cuyas expresiones son similares y valen:

$$T_2 = t_1 - \frac{Q_1}{2\pi \lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} \quad T_3 = t_2 - \frac{Q_1}{2\pi \lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}$$

Realizando unos sencillos cálculos, hallamos los valores de $t_2=69.74$ °C y $t_3=69.73$ °C. Puede argumentarse que el modelo elegido no es riguroso desde el punto de vista

científico ya que en la capa límite situada entre el agua y la pared del tubo es preciso tener en cuenta el fenómeno de la convección.

Los cálculos realizados para un tubo de acero galvanizado de un diámetro comercial de 4", con una velocidad de circulación de agua habitual en redes de agua caliente sanitaria entre 1,5 y 2 m/s, con la temperatura del agua a 70° C y una viscosidad cinemática correspondiente de 0,416 mm²/seg. permiten obtener un coeficiente adimensional de Reynolds de aproximadamente 420.000. Esto implica que estamos ante un flujo turbulento con un n° de Prandtl de 2,53. Empleando la ecuación de Dittus-Boelter hallamos el n° de Nusselt y de aquí despejamos el coeficiente convectivo o de película, cuyo valor en las condiciones que estamos considerando vale aproximadamente 12.500 kcal/m² × h × °C. Si introducimos este valor en la ecuación general del flujo calorífico que atraviesa todas las capas, su pequeña cuantía en términos de resistencia al flujo térmico, comparada con los otros términos correspondientes a la conducción térmica no altera prácticamente el resultado y por tanto en los cálculos se ha prescindido de él ya que no es significativo. El error introducido es mínimo y el gradiente de temperaturas expuesto es razonablemente parecido a la realidad.

A la vista de todo lo anterior y como puede apreciarse, con espesores de aislamiento y condiciones de servicio habituales, logramos que la pared externa del tubo tenga una temperatura similar a la del agua caliente corriente. Esto demuestra que el choque térmico, garantiza la destrucción de todas las poblaciones de legionelas, tanto las contenidas en el agua circulante, como las de la biocapa e incluso las que pudieran encontrarse en las incrustaciones. Ninguna de ellas resiste los 70° C.

Sin embargo no todo son ventajas. La realización de choques térmicos en instalaciones antiguas presenta varios problemas que es preciso tener en cuenta y por lo tanto asumir los inconvenientes que producen. Todo esto se traduce en un envejecimiento prematuro de las tuberías:

- A temperaturas por encima de 60° C se produce una inversión de polaridad hierro-zinc pasando el hierro a comportarse como ánodo y se sacrifica este metal en beneficio del otro, cuando en circunstancias normales de menor temperatura ocurre lo contrario.
- A estas temperaturas superiores a 45° C que era la máxima contemplada en el antiguo Reglamento de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria, el agua se vuelve más agresiva por desprendimiento del CO₂ disuelto en ella y ataca tanto a la capa protectora de carbonatos que siempre se forma, como al metal base. Esto se traduce en gruesas capas de óxido de hierro y corrosiones de las tuberías como se aprecia en las fotografías.
- Existen sales como el sulfato cálcico (SO₄Ca) cuya solubilidad disminuye con la temperatura y tienden a formar incrustaciones que reducen la sección efectiva de las tuberías. Por tanto disminuyen los caudales reales en los puntos terminales, llegando al atasco cuando las incrustaciones llegan a los límites mostrados en las fotografías adjuntas.



Figura Nº2

3. EFECTOS DEL ENVEJECIMIENTO POR USO EN LAS TUBERÍAS DE DIVERSOS MATERIALES

Las fotografías a las que se aludió son las mostradas a continuación. En una de ellas (FIGURA 2) se pueden apreciar los efectos del agua caliente en cuatro materiales distintos:

- A la izquierda se ve una válvula de compuerta construida en bronce con el elemento de cierre en posición intermedia. No se aprecian signos ni de corrosión ni incrustaciones acusadas, solo al fondo se ven algunos depósitos rojizos, mezcla de corrosiones del hierro de la tubería base e incrustaciones de sales insolubles. Tiene 20 años de servicio en nuestra instalación de agua caliente.
- En segundo lugar se aprecia una pieza de latón con incrustaciones calcáreas. Tiene 5 años de servicio en la instalación de agua caliente sanitaria del Hospital Vázquez Díaz, de Huelva.
- En tercer lugar puede verse un trozo de tubo de cobre con una ligera capa de incrustaciones y ningún síntoma de corrosión. Tiene 10 años de servicio en la instalación de agua caliente del Hospital Vázquez Díaz, de Huelva.
- Por último se ve una T de acero galvanizado en la que son evidentes los signos de corrosión tanto por fuera como por dentro y una gran cantidad de incrustaciones que prácticamente han cegado la sección útil. Así es como se encontraba la red de agua caliente sanitaria del Hospital Infanta Elena en el otoño de 2002, tras 19 años de servicio. Realizar hipercloraciones o choques térmicos a una instalación en estas condiciones tendrá un resultado fácil de imaginar. A esto es a lo que me refiero en párrafos precedentes y recuérdese que en toda España hay muchas redes de agua caliente en éste o parecido estado.

En la otra fotografía (FIGURA Nº 3) y a la izquierda, se pueden apreciar los efectos del agua fría en un trozo de



Figura Nº3



Figura 4. Corrosion en serpentín de acero inoxidable 304

tubo de acero galvanizado tras 20 años de servicio. Se ve una capa de incrustaciones de aproximadamente dos milímetros de espesor, que no ha reducido apenas la sección útil del tubo, y ningún síntoma de corrosión. A la derecha se aprecia un trozo de tubo de polietileno de alta densidad, prácticamente intacto tras 14 años transportando agua fría.

Se ha observado que tras un choque térmico y el aumento posterior de la temperatura del agua caliente sanitaria para adaptarnos al Real Decreto 865/2003, nuestras instalaciones pasaron de tener una avería en habitaciones de hospitalización cada mes, a una a la semana. Dado que se trataba de una instalación con más de 20 años, al reparar debíamos cambiar TODAS las tuberías de la habitación afectada pues las encontramos en un estado lamentable, fenómeno mas acusado en la red de agua caliente.

El problema se resolvió definitivamente sustituyendo completamente toda la red de tuberías, tanto de agua fría como caliente, y colocando acero inoxidable 316L.

Por descuido o error, los serpentines iniciales de caldeo mediante vapor de agua a 180° C de los depósitos de agua caliente se colocaron de acero inoxidable 304. Al cabo de dos meses de funcionamiento presentaban las perforaciones que pueden apreciarse en la fotografía de la figura 4. Se observan en el octavo tubo comenzando por arriba y junto a la placa soporte, dos agujeros penetrantes motivados por la corrosión. El origen se debe a las altas temperaturas del agua (hasta 70° C) y a niveles de cloro libre compatibles con la normativa vigente: entre 0,2 y 0,8 ppm. En la norma UNE 100-030-2001 no se recomienda este tipo de acero para las instalaciones de agua caliente sanitaria.

4. DESINFECCIÓN DE TORRES DE REFRIGERACIÓN Y CONDENSADORES EVAPORATIVOS

4.1.-Consideraciones previas

Una torre de refrigeración asociada a cualquier instalación sea de climatización, frío industrial o una planta de producción de energía eléctrica, forma parte de un sistema dinámico complejo. Las características físico-químicas

del agua son cambiantes, pues la temperatura, salinidad, materias en suspensión, pH y concentraciones de agentes químicos biocidas, antiincrustantes y anticorrosivos, dependen en gran medida de la carga térmica que en cada momento esté disipando la torre.

Se ha observado que las concentraciones de biocidas recomendadas por los fabricantes no garantizan el control de *Legionella Neumophila*. Ello se debe a que las pruebas realizadas en los laboratorios han sido hechas en instalaciones estáticas, con líquidos limpios y en ausencia de otros factores que alteran la respuesta de los principios activos. Las torres reales funcionan con aguas de procedencias dispares y en condiciones muy duras, con lo cual las características físico-químicas del agua son muy variadas y modifican la respuesta de los biocidas. Se enumeran a continuación los factores mas significativos a tener en cuenta:

- Si no existe un buen régimen de purgas y un mantenimiento adecuado, las concentraciones salinas aumentan rápidamente. Esto da lugar a dos efectos indeseables: aumentan los fenómenos de corrosión y las incrustaciones por un lado y se favorece el crecimiento de microorganismos por otro al crearse un caldo de cultivo mas rico en posibles nutrientes. Es significativo observar en las torres que llevan algún tiempo funcionando y a las que no se ha prestado la atención adecuada, la presencia de sólidos en suspensión y multitud de adherencias a las superficies originales. Este fenómeno es mas acusado en torres metálicas que en las constituidas con materiales



Figura 5 : Efectos de la corrosion en el exterior de una torre



Figura 6: Separador de gotas semidestruido por la corrosion

EFFECTOS PRODUCIDOS POR ENVEJECIMIENTO Y MANTENIMIENTO INADECUADO EN TORRES DE REFRIGERACIÓN

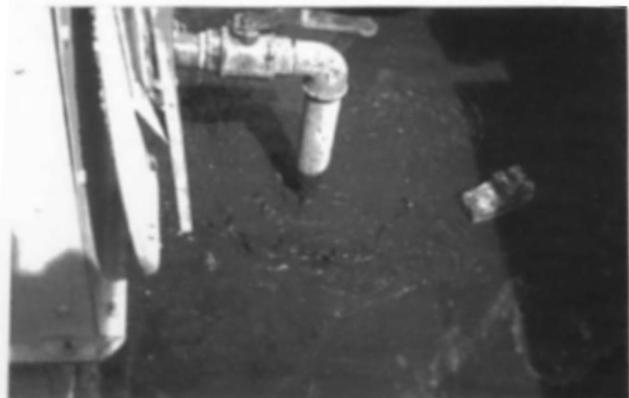


Figura 7: Presencia de lodos y suciedad en el agua de la torre

plásticos. En estas adherencias se forman biocapas a las que difícilmente llegan los biocidas. Este es uno de los motivos por los cuales las concentraciones recomendadas por los fabricantes de los microbicidas en el agua circulante no garantizan el control de la Legionella, en instalaciones reales. Todo esto que se describe se puede observar en las fotografías siguientes.

- A lo largo del día, al ser cambiante la carga térmica que debe disipar la torre, es variable la cantidad de agua que disipa y variable por tanto la cantidad de agua de reposición que entra en la unidad de tiempo. Dependiendo del sistema elegido para añadir el biocida, nos podemos encontrar con fluctuaciones en la concentración que en cada momento tenemos del agente activo en el agua circulante. Estas alteraciones potencian la posibilidad de encontrarnos con resistencias bacterianas.
- El empleo de un solo biocida, siempre el mismo, puede provocar que la bacteria se acostumbre y para lograr el mismo efecto, debemos ir aumentando las concentraciones del agente activo en el agua circulante. Este problema se evita alternando los biocidas. En nuestro caso lo que hacemos es agotar una garrafa de un compuesto determinado de un fabricante concreto y luego cambiar a otro de fabricante distinto con un agente activo totalmente

diferente desde el punto de vista químico. Así se evitan las resistencias y se puede seguir manteniendo las concentraciones recomendadas pues siguen siendo eficaces.

- En torres que trabajan con criterios de eficiencia energética, los ventiladores no siempre están funcionando. En los momentos en los cuales están parados el régimen de formación de aerosoles es distinto. Puede observarse que en estas ocasiones en las torres de tiro inducido, la caída del agua desde los difusores favorece la formación de microgotas ALREDEDOR de la torre, al aparecer salpicaduras por las entradas de aire. Cuando arrancan los ventiladores y se crea la depresión debida al tiro, estas gotas no se aprecian y lo que se observa es el penacho característico de la torre.

4.2. Experiencias observadas

En el punto A del ANEXO 4 del Real Decreto 909/2001 se definían perfectamente las operaciones de revisión de todas y cada una de las partes que componen una instalación de condensación mediante torres de refrigeración o dispositivos análogos y por tanto no voy a ser reiterativo. Me centraré en aquellos aspectos que me resultan discutibles o mejorables, a la luz de mi experiencia.

El Real Decreto 865/2003 contempla dos tipos de limpiezas y desinfecciones: la normal y la de choque en caso de brote de legionelosis. Leyendo el texto, y si elegimos cloro como agente desinfectante, se observa que en ambos casos se postula lo siguiente:

- Cloración hasta alcanzar al menos 20 ppm de cloro libre residual, añadiendo biodispersantes y anticorrosivos compatibles en cantidad adecuada, manteniendo parados los ventiladores para evitar la formación y salida de aerosoles
- Mantener el nivel de cloro libre durante un periodo determinado (dos o tres horas), midiendo su valor periódicamente y reponer la cantidad perdida mientras esta recirculando el agua del sistema.
- Neutralizar el cloro manteniendo la recirculación del agua.
- Vaciar y aclarar con agua a presión.
- Reparar las anomalías encontradas
- Limpiar a fondo las superficies del sistema con detergentes y agua a presión y aclarar
- Nuevamente, cloración hasta alcanzar al menos 20 ppm de cloro libre residual, añadiendo biodispersantes y anticorrosivos compatibles en cantidad adecuada, manteniendo parados los ventiladores para evitar la formación y salida de aerosoles
- Mantener el nivel de cloro libre durante un periodo determinado (dos horas), midiendo periódicamente y reponer la cantidad perdida mientras esta recirculando el agua del sistema.

- Neutralizar el cloro y proceder a recircular de igual forma que en el punto anterior
- Vaciar, aclarar con agua a presión y añadir el desinfectante de mantenimiento, si este es cloro mantener un nivel de 2 ppm añadiendo anticorrosivo compatible en cantidad adecuada.
- Las piezas desmontables se limpiaran a fondo y las no desmontables se limpiaran en la medida de lo posible y ambas serán desinfectadas con una solución de cloro libre de 20 ppm.

Debido a la aparición en varias ocasiones de colonias de legionelas en nuestras torres, procedimos a tratarlas como si hubiésemos tenido un brote, siguiendo escrupulosamente lo expuesto en los párrafos anteriores transcrito de lo dispuesto en los Reales Decretos 909/2001 y 865/2003 con los siguientes resultados:

- La cantidad de cloro libre en forma de hipoclorito no era exactamente la calculada teniendo en cuenta el volumen de la bandeja de la torre mas el del resto de la instalación: tuberías de ida y vuelta y condensadores. Ello era debido a la presencia de materia orgánica que consumía cloro. Fue preciso añadir mas hipoclorito sódico del calculado inicialmente, hasta conseguir los niveles requeridos. Llegar a 15 o 20 ppm exactamente es difícil, ya que debido a la presencia de sustancias orgánicas consumidoras de cloro, observamos que añadiendo hipoclorito se obtenían valores correspondientes a una curva ascendente, luego descendentes y hasta que no sobrepasamos el punto critico no volvíamos a observar valores crecientes. Este fenómeno ya se ha explicado para el caso de aljibes y sistemas de agua para consumo humano tanto fría como caliente.
- Cada hora medíamos cloro libre y se añadía hipoclorito si era necesario. En cada ocasión la instalación se comportó de distinta forma, pues unas veces se mantenía el índice de cloro desde una medida hasta la siguiente y en otras se consumía el cloro y era preciso reponer. Sin embargo lo más preocupante fue comprobar que el hipoclorito, agente químico corrosivo, lograba arrancar algunas incrustaciones de las tuberías y a pesar de limpiar la instalación, al cabo de varias horas de funcionamiento normal, la torre inexplicablemente rendía muy mal. La paramos y al desmontar los colectores donde asientan los difusores comprobamos que todos los materiales desprendidos de las paredes de los tubos y otros lugares de la instalación como condensador, paredes de la torre y material de relleno, se habían concentrado allí, en la boca de salida de los difusores. Este punto es el que tiene menores secciones de paso de todo el circuito. Este fenómeno ocurrió TODAS las veces que tratamos las torres y fueron al menos 6 ocasiones. Además y remitiéndonos al artículo publicado por el autor y que trata sobre el COMPORTAMIENTO DE LOS TUBOS EMPLEADOS EN LA DISTRIBUCION DE AGUA FRIA Y CALIENTE EN LOS EDIFICIOS FRENTE A LAS HIPERCLORACIONES, en el que se describe que ocurre con los materiales habitualmente empleados en las insta-

laciones de transporte de agua fría, caliente y de climatización frente al hipoclorito sódico, podemos deducir que cada vez que se hiperclora una torre de chapa se somete a una agresión química importante, que se traduce en corrosiones, arrastres de material y en definitiva a un acortamiento de su vida útil.

4.3. Otros hallazgos

Resulta procedente comentar que en algunas ocasiones, en los análisis microbiológicos aparecían colonias de *Aspergillus fumigatus*, con o sin presencia de legionella. Dada la peligrosidad que tal hongo representa para personas inmunodeprimidas, procedimos a tratar a las torres con un biocida activo frente a los dos agentes patógenos: legionela y aspergillus. Empleamos con éxito peróxido de hidrógeno al 3% en dosis de 6 a 10 litros por metro cúbico de agua circulante en la instalación. Estas concentraciones deben manejarse con cautela, porque va a depender mucho la cantidad de agua oxigenada empleada, de factores tales como: salinidad del agua circulante, cantidad presente en el agua de ambos microorganismos, tipo de torre y material del que están construidas, tanto ellas como las tuberías y equipos asociados a la instalación, productos químicos adicionales que se estén añadiendo, manera en la que se añaden las sustancias (no es lo mismo dosificar en continuo que realizar tratamientos de choque) Recordemos que el agente verdaderamente activo, al igual que sucede con el ozono, es el oxígeno atómico, que aparece cuando se rompen las moléculas de O_3 y H_2O_2 . Estos productos deben manejarse con precaución ya que resultan agresivos tanto para las personas como para las instalaciones.

4.4. Propuesta de tratamientos no corrosivos

A la vista de las nuestras experiencias , para tratar las torres metálicas se sugiere lo siguiente:

- Adición de agentes desinfectantes inscritos en el Registro de Plaguicidas aptos para combatir la Legionella del Ministerio de Sanidad y Consumo, basados en principios activos que no ataquen químicamente a los componentes metálicos de las instalaciones, como los siguientes:
 - WSCP (Poli(oxietileno (dimetilimino)etileno(dimetilimino)etileno dicloruro)
 - 2,2 – dibromo- 3-nitrilpropionamida (DBNPA) .
 - Cloruro de dimetil didecil amonio (debe añadirse con antiespumante)
 - Sulfato de tetrakis(hidroxi)metilfosfonio.
- Mantener el nivel del agente desinfectante a niveles ligeramente superiores a lo recomendado por los fabricantes, ya que hemos observado, como se ha expuesto en párrafos anteriores que dichos productos no son igual de eficaces en las instalaciones reales que en condiciones controladas de laboratorio. Medir periódicamente la concentración del agente ac-

tivo si es posible, y reponer la cantidad perdida mientras esta recirculando el agua del sistema. De esta forma se mantendrán los niveles de agentes bactericidas adecuados que garanticen la eliminación de las colonias de legionela. Es necesario añadir biodispersantes y anticorrosivos compatibles en cantidad adecuada, para llegar a los lugares más recónditos de las instalaciones y no producir daños. Durante estas operaciones, se mantendrán parados los ventiladores para evitar la formación y salida de aerosoles. Es necesario pulverizar el separador de gotas para combatir las bacterias que pudiesen encontrarse allí acantonadas

- Vaciar y aclarar con agua.
- Llenar nuevamente la instalación y proceder a una limpieza química con un detergente que contenga: Tensioactivos biodegradables, zeolitas, bactericidas a base de perboratos o cualquier otro generador de oxígeno activo, antiespumante y enzimas. Cualquier detergente de los denominados “ecológicos” para lavado de vajilla a máquina reúne estas propiedades. La dosis usual es de 2 a 5 kg/m³ de volumen del sistema, dependiendo de la dureza del agua. A mayor dureza, más detergente.
- Vaciar y aclarar con agua
- Reparar las anomalías encontradas.
- Limpiar a fondo las superficies del sistema con medios mecánicos.
- Nuevamente, otra desinfección hasta alcanzar los niveles que garanticen la eliminación de las colonias de legionela que hayan podido desprenderse, manteniendo parados los ventiladores para evitar la formación y salida de aerosoles.
- Mantener el nivel de agente desinfectante para tratamiento de choque durante un periodo determinado (dos horas), midiendo periódicamente y reponer la cantidad perdida mientras esta recirculando el agua del sistema.



Figura 8: Aspecto correcto del interior de una torre

- Vaciar, aclarar con agua a presión y añadir el desinfectante de mantenimiento en cantidad adecuada, a la vista de la experiencia y siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Las piezas desmontables se limpiarán a fondo y las no desmontables se limpiarán en la medida de lo posible y ambas serán desinfectadas con una solución de cloro libre de 20 ppm si son de plástico y con agente bactericida si son metálicas.

Siguiendo estas recomendaciones es posible mantener las torres de enfriamiento como se puede apreciar en la figura siguiente.

4.5. Conclusiones y recomendaciones

Las redes de distribución de agua fría y caliente de los edificios colectivos, construidas con acero galvanizado y las torres de refrigeración de chapa galvanizada sufren ataques químicos con las hipercloraciones, si se opta por este método de tratamiento bactericida. Esto va a provocar problemas como los descritos en párrafos precedentes, con los consiguientes inconvenientes de disfunciones, corrosiones, vertidos incontrolados de soluciones con alto contenido en cloro libre y agentes neutralizantes e inhibidores de la corrosión (perjudiciales todos para el medio ambiente.) Evidentemente y como dice el texto de los Reales Decretos 909/2001 y 865/2003 estas operaciones deben ser realizadas por personal entrenado y con las medidas de protección adecuadas ya que se trata del manejo de sustancias químicas agresivas, pero a nosotros nos quedan algunas dudas y que formulamos públicamente:

- a) ¿Para añadir hipoclorito al agua es necesario inscribirse en el Registro de Plaguicidas?
- b) ¿Para añadir un aditivo antilegionella, que no se diferencia demasiado del resto de los empleados hasta ahora, a base de amonio cuaternario en cantidades ínfimas, del orden de medio litro/m³ de agua mediante una bomba dosificadora en continuo, y siguiendo las instrucciones del fabricante como hasta ahora, es necesario inscribirse en el Registro de Plaguicidas?
- c) ¿Cuáles son esos productos eficaces contra la legionella, que no suponen riesgo para las instalaciones, ni para la salud de los operarios u otras personas que puedan resultar expuestas?
- d) ¿Se ha pensado que los inhibidores de corrosión a base de fosfatos favorecen la proliferación de algas y otros microorganismos y van a romper el equilibrio ecológico de las estaciones de depuración de aguas residuales (EDAR), si no se usan adecuadamente?
- f) ¿Se ha considerado que el uso masivo de agentes cloradores y la elevación por tanto de los índices de cloro libre por encima de lo que dispone la RTSAP, además de ser peligroso por la posibilidad de producir accidentes, va a generar compuestos órgano halogenados potencialmente cancerígenos?

Recordemos la toxicología del cloro gas, la cual podemos emplear por analogía en caso de cloro libre disuelto en agua:

- 1) Contenido admisible en el aire respirado sin peligro durante ocho horas de trabajo 1 ppm.
 - 2) Olor perceptible..... 3,5 ppm.
 - 3) Irritación de la garganta 15 ppm
 - 4) Aparición de tos por irritación 30 ppm.
 - 5) Máximo admisible para estancias de corta duración 40 ppm
 - 6) Peligroso incluso para estancias de corta duración 40 ppm
 - 7) Rápidamente fatal..... 1000 ppm
- g) En los centros públicos, ya sean hospitales, colegios, estaciones aeropuertos, etc. existen servicios de mantenimiento propios o contratados que unidos a la presión política posibilitan el cumplimiento del Real Decreto pero ¿qué está ocurriendo en el sector privado: hoteles, restaurantes, discotecas, centros comerciales, etc.?
- h) Los sucesos de los últimos veranos y en la primavera de 2006, tras un año de vigencia del RD 909/2001 y algo más de dos del 865/2003 hacen pensar que no se ha creado o no funciona bien el dispositivo de control que vigile el cumplimiento de la normativa vigente. Dicho dispositivo de control parece razonable pensar que debe estar constituido por personal formado y competente. Por todo ello debe instruirse a los inspectores en cuestiones de ingeniería de las instalaciones.

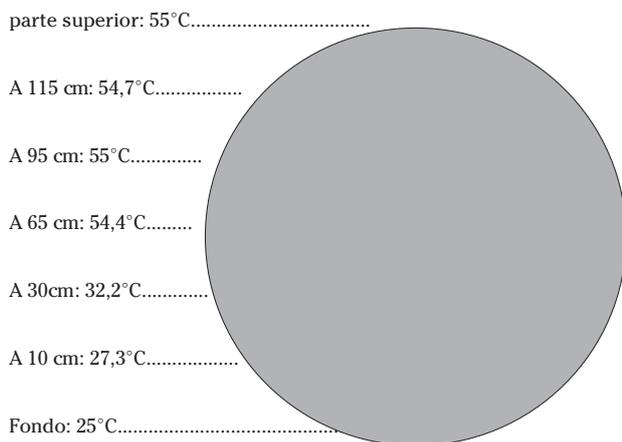


Figura 9.-DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE TEMPERATURAS Tanque horizontal de almacenamiento de ACS Hospital Infanta Elena. Huelva

Siendo:
 Temperatura de entrada del agua fría: 23,5°C
 Temperatura de trabajo del tanque: 57°C
 Temperatura del agua de retorno: 48,3°C
 Volumen del depósito: 5000 litros
 Diámetro del depósito: 130 cm
 Longitud del depósito: 450 cm
 Fecha: Septiembre de 2002.
 Hora de toma de datos: 12:00

5. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA CALIENTE SANITARIA: OBSERVACIONES Y EXPERIENCIAS.

En este punto se van a comentar varias observaciones realizadas en hospitales públicos, centros especialmente sensibles a la presencia de bacterias en el agua caliente sanitaria. En la referencia 14. se encuentra ampliada la información que se expone a continuación.

En el Hospital Infanta Elena se disponía hasta octubre de 2004, de 6 acumuladores de agua caliente horizontales con serpentines de acero inoxidable inmersos en la masa de agua y alimentados con vapor saturado a 10 kg/cm² y 180 °C. El gradiente térmico observado, midiendo con un termómetro de contacto la superficie exterior del depósito de acero galvanizado al que se retiró el aislamiento en los puntos de medida, es el de la figura inferior. Como el acero tiene una alta conductividad térmica y la posible capa de incrustaciones no introduce una resistencia significativa, la temperatura interna del agua en dichos puntos puede ser de uno o a lo sumo 2° C mas elevada.

Como puede observarse en la figura 9, se cumple lo dispuesto en la norma UNE 100-030-2001, pues hay estratificación y el agua que se envía a los consumidores esta por encima de los 55°C.

En el Hospital Juan Ramón Jiménez se observó que la temperatura superficial de uno de los tanques tenía los valores que aparecen en la figura 10, reproducida también a continuación. Dado que todos estaban alimentados de forma similar y las temperaturas que marcaban los termómetros de esfera eran iguales, podemos inferir que las condiciones de los otros 4 eran muy similares.

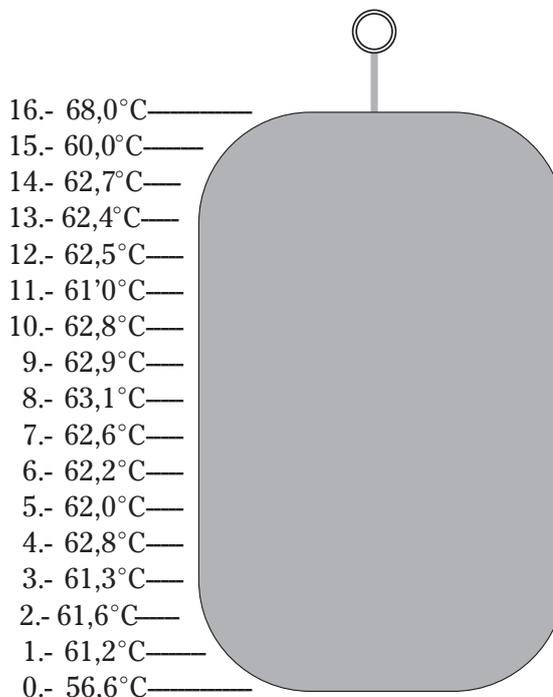


Figura 10.-DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE TEMPERATURAS Tanque vertical de almacenamiento de ACS. Lecturas tomadas a una hora punta de consumo (14:30h). Hospital Juan Ramón Jiménez. Huelva.

Como puede apreciarse en dicha figura , no hay estancamiento, ni estratificación pues la temperatura es homogénea en toda la masa de agua y tiene valores difícilmente compatibles con la existencia de poblaciones de legionella.

Intervalos entre puntos: 20 cm
 Altura del tanque (generatriz): 300 cm
 Volumen: 6000 litros
 Fecha: 22-10-2002

En el Hospital de Minas de Riotinto hay 3 acumuladores de agua caliente verticales con serpentines de acero inmersos en la masa de agua y alimentados con vapor saturado a 10 kg/cm² y 180 ° C. Se encontraron las temperaturas que aparecen en la figura 11, midiendo con un termómetro de contacto la superficie exterior del deposito de acero galvanizado al que se había quitado el aislamiento en los puntos de medida. Dado que el acero tiene una alta conductividad térmica y la posible capa de incrustaciones no introduce una resistencia significativa, la temperatura interna del agua en dichos puntos puede ser de uno o a lo sumo 2° C mas elevada.

Intervalos entre puntos: 20 cm
 Altura del tanque (generatriz): 290 cm
 Volumen: 3000 litros
 13/1/2005

Como puede verse, al igual que en el primer caso correspondiente al Hospital Infanta Elena, también se cumple lo dispuesto en la norma UNE 100-030-94, pues hay estratificación y el agua que se envía a los consumidores está por encima de los 55° C

6. RECOMENDACIONES PARA INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE SANITARIA.

Respecto a cual es el tipo de depósito más adecuado, horizontal o vertical, depende de si existe estratificación o no.

En los dos casos estudiados con estratificación, se aprecian diferencias. En el depósito antiguo del hospital Infanta Elena se puede distinguir que desde el fondo del mismo hasta una altura de 50 cm, encontramos valores de temperaturas del agua dentro del rango de máximo desarrollo de la bacteria. Mediante cálculos geométricos se puede saber que en este caso concreto y en el momento que se hicieron las mediciones había 2160 litros de agua con temperaturas menores de 42º C. Esto representa el 43% del volumen útil del deposito.

En el depósito vertical del hospital de Riotinto, mediante cálculos geométricos mas simples, hallamos que en las condiciones en las que se encontraba el día de la observación, había 860 litros entre 25 y 42º C. Esto representa el 29% de la capacidad del depósito.

Podemos deducir que en condiciones de operación como las que presentaban los depósitos de los hospitales estudiados, con temperaturas de salida muy parecidas, resultan mas adecuados los verticales que los horizontales como dispone la normativa española, pues tienen me-

- 13.- 58.5°C—
- 12.- 57°C—
- 11.- 56°C----
- 10.- 55°C----
- 9.- 53°C----
- 8.- 50°C----
- 7.- 48°C----
- 6.- 47°C----
- 5.- 46°C----
- 4.- 45°C----
- 3.- 38°C----
- 2.- 29.5°C-----
- 1.- 25.5°C-----

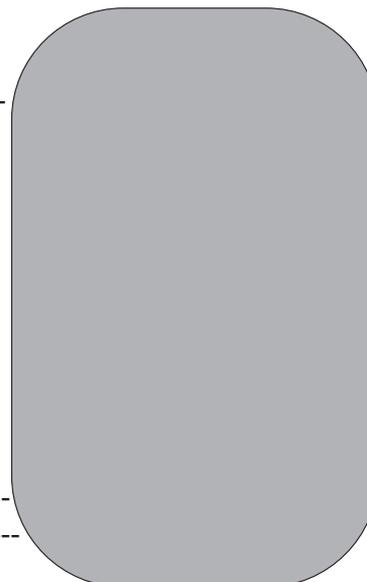


Figura 11.-DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE TEMPERATURAS Tanque vertical de almacenamiento de ACS. Lecturas tomadas a una hora punta de consumo Hospital Riotinto. Huelva.

nos volumen porcentual de agua a temperaturas de riesgo.

Una ventaja adicional es que los recipientes verticales ocupan menos superficie horizontal en las salas de maquinas y no suelen necesitar estructuras de soporte, lo que facilita su instalación.

Sin embargo, en los depósitos verticales los serpentines de calentamiento suelen ser más pequeños que los correspondientes a los tanques horizontales a igualdad de volumen, ya que en estos últimos el haz tubular puede ser más largo, y al disponer de mayor área de transmisión, permiten mayor potencia calorífica. Este factor da pie a pensar razonablemente, que los tiempos de calentamiento serán menores en los horizontales que en los verticales, manteniendo iguales el resto de circunstancias (temperatura del agua fría, fluido primario de caldeo, material constitutivo del serpentín, consumo instantáneo de agua caliente)

Si no existe estratificación debido a la existencia de bombas de recirculación del agua del interior de los depósitos, es indistinto el empleo de un tipo u otro frente al riesgo de proliferación de la bacteria.

En lo que atañe al tipo de conexión, si están en serie ¿Cómo se reparan o limpian los averiados?.En paralelo podemos hacer lo que queramos, en serie no, so pena de parar toda la instalación. Además si están en serie, cuando uno se contamine, introduciremos las bacterias en el resto de los que están detrás según el sentido del flujo de agua. Creo que es más sensato disponer baterías de dos en serie y estas baterías en paralelo, para poder seguir manteniendo el servicio durante las reparaciones o cuando se realicen tareas de limpieza y mantenimiento. Es evidente que hay que tener cuidado de no dejar zonas muertas.

Si la temperatura se utiliza como medio de control de la legionela, lo ideal sería que el circuito de retorno de agua caliente esté diseñado para proporcionar una temperatura del agua circulante de 55° C aproximadamente, no bajando nunca de los 50° C, como aparece descrito tanto en las legislaciones manejadas como en las recomendaciones de ASHRAE y de la Comisión Europea. Esto implica que el sistema de calentamiento debe tener la potencia adecuada que garantice una temperatura de salida constante incluso en los momentos de máxima demanda. Por consiguiente la instalación debe ser capaz de calentar todo el volumen almacenado desde la temperatura de entrada del agua fría a 20° C hasta 60° C en un tiempo no superior a dos horas. En los tanques de cierta capacidad, a partir de 2000 litros, como ya se ha comentado antes, resulta conveniente instalar bombas en derivación controladas por la temperatura de las capas inferiores. De esta manera lograremos remover el agua del interior del depósito trasladándola desde la parte superior a la inferior para evitar la estratificación. El hecho de elegir este sentido de circulación del agua vehiculada por las bombas instaladas en derivación, obedece a lo siguiente:

- 1) No introducimos agua relativamente fría en la parte superior del depósito. De esta forma evitamos el riesgo de enviar a través de la tubería de salida, que habitualmente esta en la zona superior de los tanques, agua a temperatura inferior a la de trabajo. Piénsese que en determinados momentos del día pueden producirse demandas puntuales elevadas. Si metemos agua fría arriba, dicha agua a baja temperatura puede incorporarse al flujo de salida y corremos el riesgo de introducir bacterias en la red.
- 2) El sentido indicado no presenta ningún tramo retrógrado. Por efecto de la convección combinada, el agua en el interior del depósito va de abajo arriba: (Componente natural por diferencia de temperaturas entre el agua fría y caliente y componente forzada por efecto de la bomba) y por acción de la bomba en el semicircuito exterior de arriba abajo, dado que se aspira por arriba y se mete por la parte inferior del tanque.
- 3) Desde el punto de vista de homogeneización térmica, el efecto de difusión turbulenta (Ley de Fick) permite que se produzca mayor transferencia de calor en la unidad de tiempo, dispersando una corriente de agua caliente en una masa fría que lo contrario: el agua caliente tiene menor viscosidad y mayor conductividad térmica que el agua fría en el intervalo de temperaturas que estamos estudiando (entre 20° y 60° C)

De esta forma lograremos dos cosas: mantener una temperatura superior a 55° C homogénea en toda la masa del agua, evitando volúmenes a las temperaturas de máximo desarrollo de la bacteria (entre 20 y 45° C) y evitar el estancamiento del agua que también es un factor que favorece la proliferación de las poblaciones de legionella.

Respecto de intercambiadores externos o internos, cada uno tiene sus ventajas e inconvenientes.

Intercambiadores externos:

Ventajas:

- Facilitan las tareas de limpieza tanto de los depósitos como de los propios intercambiadores.
- Permiten aumentar la potencia de caldeo mas fácilmente que en el caso de intercambiadores internos, sobre todo los de placas.

Inconvenientes.

- Necesitan espacio adicional al no estar integrados en los tanques, aunque los de placas minimizan este inconveniente.
- No permiten calentar un depósito concreto en caso necesario, sin interferir en la operación del resto de acumuladores. Es preciso instalar mas de uno para mantener el servicio en caso de averías o trabajos de mantenimiento y limpieza.

Intercambiadores internos:

Ventajas:

- No necesitan espacio adicional al estar integrados en los depósitos.
- Permiten calentar un recipiente concreto en caso necesario, sin interferir en la operación del resto de acumuladores.

Inconvenientes:

- Dificultan las tareas de limpieza tanto de los depósitos como de los propios intercambiadores.
- Para aumentar la potencia de caldeo es necesario instalar nuevos tanques, si mantenemos constantes el resto de condiciones.

Un buen ejemplo a seguir, desde el punto de vista del autor, es contar con un sistema de producción y almacenamiento de agua caliente sanitaria como el que actualmente posee el Hospital Infanta Elena, de Huelva, cuya fotografía es la que aparece en la figura 12, ya que cumple



Figura 12 : Nuevos depósitos de acs del Hospital Infanta Elena

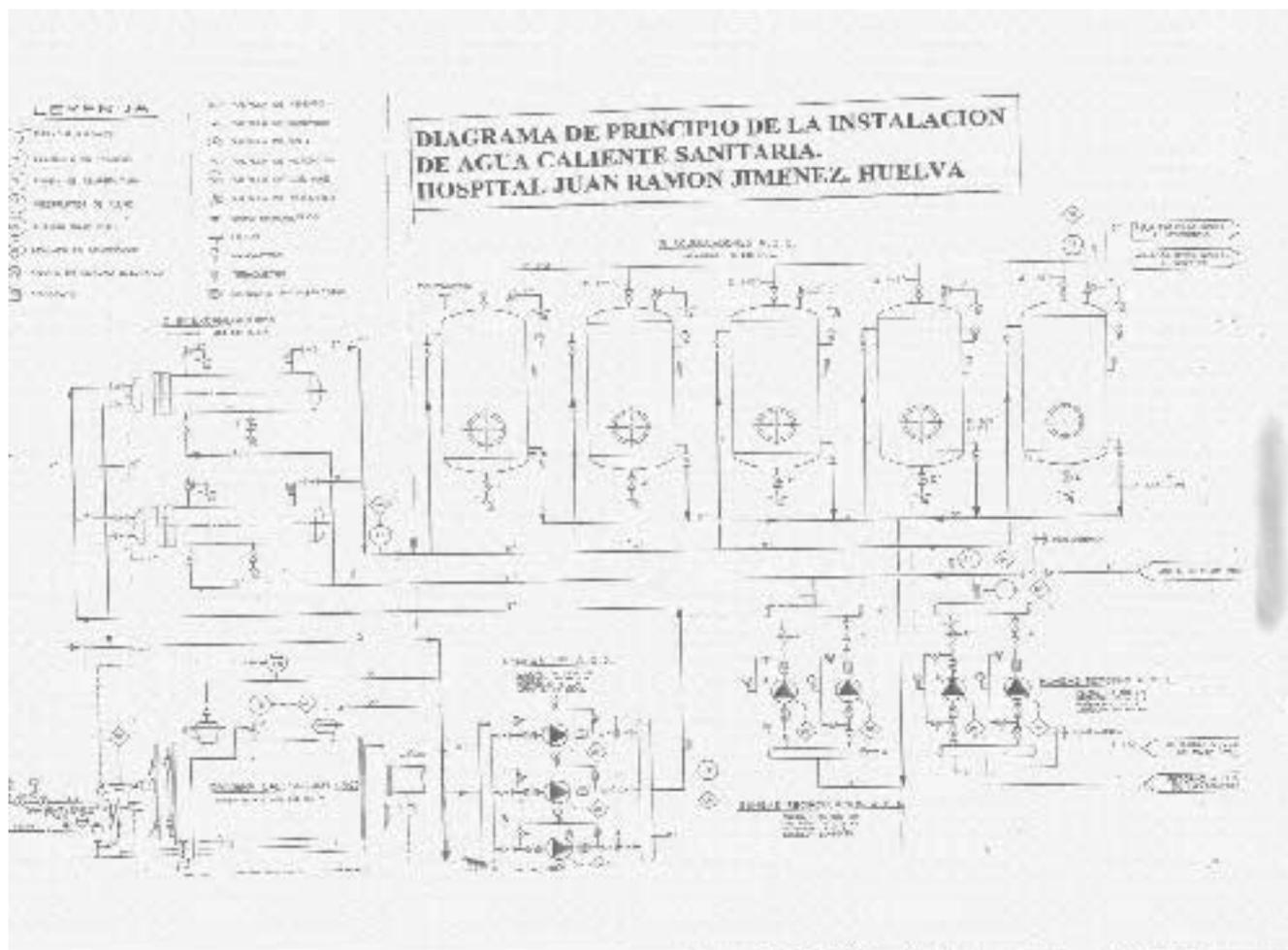


Figura 13: Diagrama de la instalación de agua caliente sanitaria. Hospital Juan Ramon Jiménez de Huelva

muchos de los requisitos expuestos anteriormente y está de acuerdo con la mayoría de las recomendaciones de la Comisión Europea. Combina muchas circunstancias favorables: depósitos de acero inoxidable 316L, intercambiadores internos individuales y alimentados con vapor a 180° C, recirculación del agua interior de los depósitos para evitar la estratificación y desde arriba hacia abajo, disposición serie – paralelo de los mismos de forma que se puede aislar cualquiera de ellos y mantener el servicio con el resto.

También es perfectamente válida la disposición del Hospital Juan Ramón Jiménez, también de Huelva, que tiene depósitos verticales y los intercambiadores son externos y multitubulares, tal como aparece en la figura 13. Lo importante, a pesar de resultar reiterativo, es mantener el agua en circulación y por encima de 55° C en todo momento y lugar.

BIBLIOGRAFIA

1. AENOR. Norma UNE 100-030-2001. Climatización: Guía para la prevención de la legionela en las instalaciones.
2. ASRHAE GUIDELINE 12/2000. Minimizing the Risk of Legionellosis Associated with Building Water Systems.2/2000
3. CONSEJERIA DE SALUD DE LA JUNTA DE ANDALUCIA. Decreto 28/2002 de 26 de Noviembre por el que se establecen medidas para el control y la vigilancia higiénico-sanitarias de instalaciones de riesgo en la transmisión de la legionelosis y se crea el Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Biocidas de Andalucía.
4. CONSEJERIA DE SALUD DE LA JUNTA DE ANDALUCIA. Manual para la prevención y control de la legionelosis, aspergilosis y tuberculosis en instalaciones sanitarias.2002
5. DEGREMONT. Manual Técnico del Agua. 1979
6. DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD Y PROTECCIÓN DE LOS CONSUMIDORES: COMISION EUROPEA. Directrices europeas para el control y la prevención de la legionelosis asociada a viajes.2001
7. EL INSTALADOR. Monográfico sobre la legionella I. Diciembre 2001
8. EL INSTALADOR. Monográfico sobre la legionella II. Marzo 2003
9. FINEGOLD, S.M. Legionelosis .Cap. 24 de la obra "Enfermedades infecciosas".
10. LANE, RUSSELL W. Control de incrustaciones y corrosión en instalaciones hidráulicas en edificios. Mcgraw-Hill.1995
11. M. A. MIJEEV ,I.M. MIJEEVA. Fundamentos de termo transferencia. Editorial Mir Moscú 1979
12. MACIAS, J. Comportamiento de los tubos de cobre empleados en los edificios y en los circuitos semiabiertos de las torres de refrigeración frente a la acción de los biocidas. El Instalador. Julio-Agosto 2003
13. MACIAS, J. Comportamiento de los tubos empleados en la distribución de agua fría y caliente en los edificios frente a las hipercloraciones. El Instalador. Febrero 2003

14. MACIAS, J. Estudio comparativo de los sistemas centralizados de producción y almacenamiento de agua caliente sanitaria frente al riesgo de proliferación de la legionela. El Instalador. Junio 2005
15. MACIAS, J. Lucha contra la legionella respetuosa con el medio ambiente. El Instalador. Especial Marzo 2003
16. MARTÍN ZORRAQUINO. Vigilancia y control de las instalaciones respecto de las infecciones producidas por Legionella. El Instalador. Marzo 1985.
17. MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO. Real Decreto 865/2003 por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis. BOE 18 de Julio de 2003.
18. MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO. Real Decreto 909/2001 por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis. BOE 28 de Julio de 2001.
19. OUTOKUMPU COPPER SA. El cobre en las instalaciones sanitarias. Manual de información practica al instalador.1987
20. PANCORBO. Comportamiento de las tuberías de distribución de agua potable frente a la corrosión. Parte I, II y III. El Instalador.1985
21. PRIMO YÚFERA. Introducción a la Investigación Científica y tecnológica. Alianza Editorial.1994.
22. PURSCHEL .La calidad de las aguas y su tratamiento. Urmo SA de Ediciones.1976
23. PURSCHEL. El transporte y la distribución de agua. Urmo SA de Ediciones.1976.
24. PURSCHEL. La captación y el almacenamiento de agua potable. Urmo SA de Ediciones.1976.
25. RIO-MIRANDA. El agua de refrigeración, sus problemas y sus tratamientos. Editado por el autor. Sevilla 2002.
26. RODRÍGUEZ MONTERO, J. Corrosión de los tubos de cobre en las instalaciones de fontanería. Comunicaciones Técnicas nº 15.Instituto Nacional para la calidad en la Edificación.
27. SMITH, W.F. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. McGraw-Hill.1992
28. SUE MIUETZNER y al.Efficacy of thermal treatment and copper-silver ionization for controlling Legionella pneumophila in high-volume hot water plumbing systems in hospitals.AJIC.Diciembre 1997.
29. USF-BEKOX. El agua en instalaciones hospitalarias.2000

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LAS REDES DE AGUA CALIENTE Y FRÍA SANITARIA Y RESISTENCIA FRENTE A LOS TRATAMIENTOS DE DESINFECCIÓN

CONSTRUCTION MATERIALS FOR HOT WATER AND DRINKING WATER SYSTEMS AND ITS RESISTANCE IN FRONT OF DISINFECTION TREATMENTS

JORGE MARCÓ GRATACÓS

AQUA ESPAÑA. BARCELONA

RESUMEN

El Real Decreto 865/2003 por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis obliga a realizar un tratamiento adecuado del agua en todas las instalaciones de riesgo para evitar la proliferación de *Legionella*.

Los tratamientos que se están realizando para la desinfección de estos circuitos se basan normalmente en la adición de biocidas y en la elevación de la temperatura. Estos tratamientos, en determinadas instalaciones han demostrado ser muy agresivos para los circuitos produciendo importantes procesos de corrosión que, por otra parte, impiden la eficacia de la desinfección.

Por todo ello es muy importante conocer las características de cada tratamiento y sus posibles interacciones con los diversos materiales existente con el fin de poder seleccionar los más adecuados para garantizar la eliminación de *Legionella* y mantener el circuito en perfecto estado de higiene.

PALABRAS CLAVE

Legionella
Desinfección
Corrosión
Instalaciones de riesgo
Guías técnicas
Hipercloración
RD 865/2003

SUMMARY

The Royal Decree 865/2003 that establishes the hygienic and sanitary conditions to prevent and control legionellosis, requires that all risk installations shall have a suitable water treatment to prevent *Legionella* growth.

Treatments that are normally carried out for disinfection are usually based on a biocide addition or on a temperature increase.

These treatments in many cases may be very aggressive for the circuit components and result in important corrosion processes that, on the other hand, avoid the disinfection effectiveness.

For all this, it is very important to know the characteristics of each treatment and their possible interactions with the existing materials in order to select the most appropriate not only to guarantee *Legionella* prevention but, in addition, to maintain the circuit under perfect sanitary conditions.

KEY WORDS

Legionella
Disinfection
Corrosion
Risk Installations
Technical Guide
Hyperchlorination
Royal Decree 865/2003

INTRODUCCIÓN

El Real Decreto 865/2003 por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis obliga a realizar un tratamiento adecuado del agua en todas las instalaciones de riesgo para evitar la proliferación de *Legionella*.

Entre las principales instalaciones afectadas se hallan las de agua fría de consumo humano (AFCH) y las de agua caliente sanitaria (ACS), las primeras clasificadas como de menor probabilidad de proliferación y dispersión de *Legionella* y las segundas, cuando existe acumulación y circuito de retorno, clasificadas como de mayor probabilidad.

Cuando los tratamientos de desinfección se aplican sin tener en consideración las características de la instalación, pueden producirse en algunos casos importantes procesos de corrosión que, por otra parte, impedirán la eficacia de la desinfección.

A continuación se describen las características más significativas de los circuitos de AFCH y ACS, los tratamientos de desinfección más comúnmente utilizados y los posibles efectos de estos tratamientos sobre diversos tipos de instalaciones.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES DE AFCH Y ACS

a) Conceptos generales

La resistencia de los materiales de los circuitos de AFCH y ACS frente a los tratamientos de desinfección se considera en el RD 865/2003; en él, en su artículo 7.1.d, se establece como criterio general que *“la instalación interior de agua de consumo humano deberá utilizar materiales, en contacto con el agua de consumo humano, capaces de resistir una desinfección mediante elevadas concentraciones de cloro o de otros desinfectantes o por elevación de temperatura...”*.

Este concepto puede ser fácilmente aplicable en nuevas instalaciones, pero es difícil de cumplir en instalaciones ya existentes en las cuales los materiales pueden no ser los más aconsejables para determinados tipos de desinfección.

b) Materiales

Los principales materiales que se están utilizando en las redes de AFCH y ACS se corresponden con los que se detallan en el Código Técnico de la Edificación; en él se indica que se consideran adecuados para las instalaciones de agua de consumo humano los siguientes tubos:

Esta tabla hace referencia al material de los tubos, no obstante también se deben considerar otros elementos

como juntas, válvulas y accesorios que asimismo forman parte del circuito.

c) Condiciones de utilización

En las redes de AFCH el RD 865/2003 establece que la temperatura del agua en el circuito se debe mantener lo más baja posible procurando, donde las condiciones climatológicas lo permitan, una temperatura inferior a 20 °C.

En las redes de ACS pueden establecerse diversos tipos de circuitos: sin acumulación de agua, con acumulación, sin retorno y con retorno.

El Código Técnico de la Edificación establece en su artículo 3.2.2 que tanto en instalaciones individuales como en instalaciones de producción centralizada, la red de distribución debe estar dotada de una red de retorno cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea igual o mayor que 15 m.

Por su parte el RITE actual, en su artículo ITE 02.5.2, indica que la elección del sistema de preparación de ACS deberá justificarse en función de la demanda, la adecuada atención al servicio y el uso racional de la energía.

Las instalaciones de ACS sin depósito acumulador calientan el agua inmediatamente antes de su utilización. Cuando no existe demanda, la temperatura del agua en el volumen existente en la red de suministro, disminuye y, si no existen otras medidas preventivas, puede crear un entorno favorable para el desarrollo de Legionella.

Cuando existe acumulación de agua, el RD 865/2003 establece que la temperatura del acumulador no debe descender de 60 °C.

Las instalaciones de ACS con acumulador y circuito de retorno están consideradas en el RD 865/2003 como de mayor probabilidad de proliferación y dispersión de *Legionella*. El circuito de retorno crea un volumen de agua que, si no es mantenido a una temperatura y con una higiene adecuada, permite la proliferación de microorganismos.

Tabla 1 – Materiales autorizados para tubos.

MATERIAL	NORMA
Acero galvanizado	UNE 19047
Cobre	UNE EN 1057
Acero inoxidable	UNE 19049-1
Fundición dúctil	UNE EN 545
Policloruro de vinilo no plastificado (PVC)	UNE EN 1452
Policloruro de vinilo clorado (PVC-C)	UNE EN ISO 15877
Polietileno (PE)	UNE EN 12201
Polietileno reticulado (PE-X)	UNE EN ISO 15875
Polibutileno (PB)	UNE EN ISO 15876
Polipropileno (PP)	UNE EN ISO 15874
Multicapa de polímero / aluminio / polietileno resistente a temperatura (PE-RT)	UNE 53960 EX
Multicapa de polímero / aluminio / polietileno reticulado (PE-X)	UNE 53961 EX

mos. No obstante, el circuito de retorno, permite asegurar que la temperatura de la red de suministro no descienda, impidiendo el desarrollo de *Legionella* y evitando estancamientos del agua.

De acuerdo con el RD 865/2003 se debe mantener la temperatura del agua, en el circuito de agua caliente, por encima de 50 °C en el punto más alejado del circuito o en la tubería de retorno al acumulador

En caso de que se utilicen válvulas mezcladoras, la Guía Técnica de ACS del Ministerio de Sanidad y Consumo indica que los tramos de tubería en los que no se pueda asegurar una circulación del agua y una temperatura mínima superior a 50 °C no pueden tener una longitud superior a 5 metros o un volumen de agua almacenado superior a 3 litros. En sistemas que disponen de válvula mezcladora, se debe garantizar 50 °C antes de la propia válvula.

TRATAMIENTOS DE DESINFECCIÓN UTILIZADOS

Para poder garantizar una correcta higiene de los circuitos de AFCH y de ACS y evitar la proliferación de *Legionella* se deben tener en consideración los siguientes conceptos:

- Se debe mantener la calidad microbiológica del agua de aporte
- Se debe controlar la temperatura en la red de AFCH y ACS para evitar el desarrollo de *Legionella*
 - Se pueden establecer tratamientos adicionales de desinfección
 - Es necesario realizar desinfecciones periódicas de todos los circuitos
 - En caso de que los controles analíticos detecten la presencia de *Legionella* se debe realizar una desinfección de acuerdo con el RD 865/2003.

A continuación se desarrollará cada uno de estos conceptos.

a) Mantenimiento de la calidad microbiológica del agua de aporte

El primer paso para evitar la presencia y proliferación de *Legionella* en las instalaciones de AFCH y ACS es garantizar que el agua de aporte esté perfectamente desinfectada.

Las aguas de red llegan correctamente desinfectadas y normalmente con un determinado contenido de desinfectante residual; no obstante, si existe un depósito de acumulación hemos de tener presente que si este desinfectante residual es cloro, al ser éste un gas, se irá evaporando progresivamente hasta que desaparezca por completo.

Por este motivo el Anexo 3.A del R.D. 865/2003 indica que: "cuando el agua fría de consumo humano proceda de un depósito, se comprobarán los niveles de cloro residual libre o combinado en un número representativo de los puntos terminales, y si no alcanzan los niveles mínimos (0,2 mg/l) se instalará una estación de cloración automática,

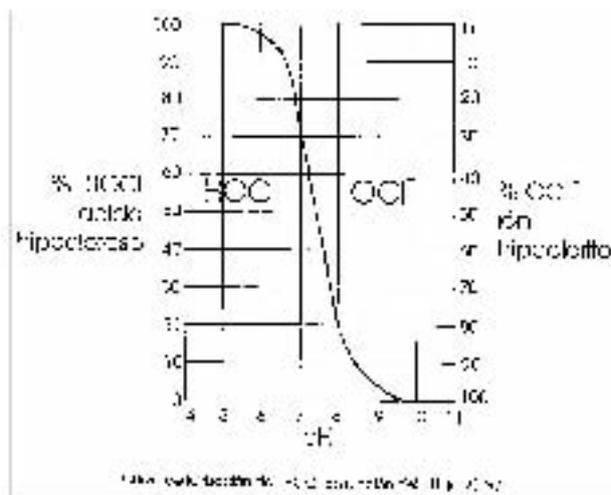


Fig. 1 - Curva de equilibrio del ácido hipocloroso

dosificando sobre una recirculación del mismo, con un caudal del 20 % del volumen del depósito”.

Por otra parte, cuando se utiliza cloro se debe tener presente que la eficacia de la desinfección depende siempre del valor del pH del agua. El cloro disuelto en el agua se encuentra principalmente en forma de ácido hipocloroso (HOCl) e ión hipoclorito (OCl⁻) pero la capacidad desinfectante del ácido hipocloroso (cloro activo) es muy superior. En función del valor del pH del agua este equilibrio se desplaza según puede verse en la figura 1:

A pH = 7,0 aproximadamente el 75 % del cloro libre está en forma de ácido hipocloroso, con un buen efecto de desinfección, mientras que a pH = 8,0 solamente el 20 % del cloro libre está en forma de ácido hipocloroso, con una desinfección muy reducida.

En las aguas de red el valor del pH generalmente depende del contenido en ácido carbónico (CO₂ disuelto en el agua). Cuando el agua se acumula en un depósito el gas carbónico se va perdiendo por evaporación y con ello, el valor del pH tiende a elevarse. Cuando el pH del agua es elevado (por ejemplo, 8,0) se deben usar elevadas dosis de cloro para poder garantizar su desinfección con un importante riesgo de que se produzcan derivados clorados (subproductos restringidos en el agua potable) y que se favorezcan los procesos de corrosión.

En todo sistema de desinfección basado en cloro / hipoclorito es preferible disponer no sólo de un control y de una regulación del valor de cloro, sino también del pH de agua (figura 2) para poder garantizar la eficacia de la desinfección sin necesidad de utilizar elevadas concentraciones de cloro.

b) Control de temperaturas

Tal y como se ha indicado anteriormente, en los circuitos de AFCH la temperatura debe ser inferior a 20 °C ya que de esta forma *Legionella* queda en estado latente y no se reproduce.

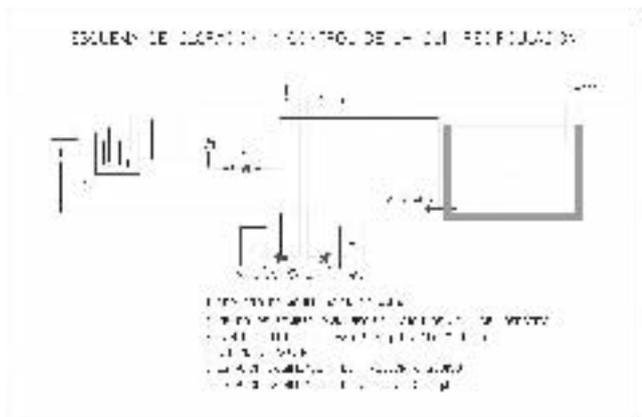


Fig. 2 - Ejemplo de control de cloro y pH mediante circuito de recirculación

En los circuitos de ACS con un depósito de acumulación y un circuito de recirculación, el desinfectante que existe en el agua se evapora fácilmente quedando el agua desprotegida; por ello es imprescindible un control exhaustivo de la temperatura.

El R.D. 865/2003 indica que en estos circuitos se debe mantener una temperatura mínima superior a 60 °C en el acumulador de ACS y como mínimo de 50 °C en el punto más alejado de la instalación o en el retorno. Estos valores de temperatura serían de por sí adecuados para la eliminación de *Legionella*, no obstante en muchos casos es muy difícil conseguir temperaturas superiores a 50 °C en la totalidad del circuito. Frecuentemente existen zona con poco consumo, zonas algo aisladas, en las cuales puede formarse una biocapa y proliferar *Legionella*.

Por este motivo en algunos circuitos se considera oportuno realizar tratamientos adicionales de desinfección. Para ello, de acuerdo con el RD 865/2003, se podrá utilizar cualquiera de los desinfectantes que para tal fin haya autorizado la Dirección General de Salud Pública. Los sistemas físicos y físico-químicos no precisan de autorización específica, pero deben ser de probada eficacia frente a *Legionella*.

c) Tratamientos adicionales de desinfección

El R.D. 1054/2002 que regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas, permitirá en un futuro la utilización de una amplia gama de biocidas en las instalaciones de ACS; no obstante actualmente las posibilidades son mucho más reducidas.

Los principales sistemas que se están aplicando para la desinfección en continuo son los siguientes:

CLORO / HIPOCLORITO

Cuando se aplica en circuitos de ACS se debe considerar que en estas instalaciones el CO₂ disuelto en el agua se evapora y el pH del agua se sitúa generalmente alrededor de 8,0 - 8,5; en estas condiciones si no se regula el va-



Fig. 3 - Desinfección mediante radiación ultravioleta en ACS

lor del pH, la eficacia de la desinfección será muy reducida.

DIÓXIDO DE CLORO

El dióxido de cloro se genera normalmente por reacción entre clorito sódico y ácido clorhídrico. Es un desinfectante con efecto residual y muy eficaz frente a *Legionella*.

Como ventajas más significativas frente al cloro debe destacarse que su eficacia no depende del valor del pH el agua y que no forma trihalometanos.

RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Este sistema genera una radiación ultravioleta con una longitud de onda de 254 nm (nanómetros) muy efectiva para la desinfección ya que provoca una reacción fotoquímica que inactiva el ADN de las células. De esta forma queda paralizado el metabolismo de los gérmenes impidiendo la posibilidad de reproducción, con lo cual el germen se neutraliza (figura 3).

En los circuitos de ACS debe considerarse que las características de las lámparas generadoras de radiación UV dependen de la temperatura. En general los equipos standard son adecuados para agua hasta una temperatura máxima de 35 40 °C, pero la dosis de radiación suministrada disminuye con la temperatura. Cuando se desea realizar una desinfección en un circuito de ACS se deberá utilizar un equipo diseñado para proporcionar una dosis útil de radiación (generalmente estimada en 400 J/m²) a la temperatura de trabajo.

GENERACIÓN DE IONES COBRE / PLATA

Los iones de cobre y plata se generan en una célula electrolítica a partir de electrodos de los metales correspondientes. Los iones de cobre y plata cargados positiva-



Fig. 4 – Desinfección mediante ozonización

mente se adsorben en la pared celular de las bacterias (efecto electrostático); esto produce una reducción de la permeabilidad de las paredes de la célula y la desnaturalización de las proteínas causando su muerte.

OZONIZACIÓN

El ozono es un poderoso oxidante que no solamente destruye bacterias sino que su campo de actuación se amplía también hasta los virus. Su elevado poder virucida se basa principalmente en la destrucción de los dobles enlaces del RNA y DNA de los virus lo cual provoca su destrucción.

La aplicación de ozono en el agua en las dosis adecuadas permite una eficaz desinfección y una completa eliminación de *Legionella*.

El ozono se genera normalmente por descarga eléctrica silenciosa y se adiciona generalmente en el retorno del ACS para que una cierta concentración de ozono residual pueda llegar hasta el depósito acumulador (figura 4).

SEGURIDAD ADICIONAL EN PUNTOS DE CONSUMO SIGNIFICATIVOS

Como un tercer paso en la prevención de la legionelosis se puede instalar filtros absolutos en puntos de consumo específicos. Estos filtros tienen un tamaño de paso inferior a 0,22 μm y evitan el paso de *Legionella* a consumo.

Recientemente se están aplicando elementos individuales de ultrafiltración en puntos de consumo como duchas en hospitales o en hoteles (figura 5). Proporcionan una seguridad adicional y permite un caudal adecuado para la aplicación (alrededor de 800 l/h).

d) Desinfecciones periódicas de los circuitos

El RD 865/2003 establece que las instalaciones de AFCH y de ACS se limpiarán y desinfectarán como mí-



Fig. 5 – Ultrafiltración para puntos de consumo

nimo, una vez al año, cuando se pongan en marcha la instalación por primera vez, tras una parada superior a un mes, tras una reparación o modificación estructural, cuando una revisión general así lo aconseje y cuando así lo determine la autoridad sanitaria.

Esta desinfección se puede realizar mediante un procedimiento químico o por elevación de temperatura.

En su anexo 3.B, el RD 865/2003 indica el procedimiento a seguir si la desinfección se realiza con cloro, con concentraciones que pueden llegar hasta 20-30 mg/l de cloro residual libre en el depósito de acumulación.

e) Desinfección en caso de brote

En el caso de producirse un brote se realizará un tratamiento en todo el sistema de distribución de acuerdo con el anexo 3.C del RD 865/2003 mediante adición de cloro (no se admiten otros biocidas) o por elevación de temperatura.

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LAS INSTALACIONES

a) Efectos de los sistemas de desinfección

COLORO / HIPOCLORITO

El cloro es el desinfectante más utilizado, no obstante también es el que puede presentar más problemas. Las concentraciones que figuran en el RD 865/2003 son variables en función del tiempo de contacto, pero pueden llegar hasta 20-30 mg/l de cloro residual libre. La aplicación de dosis elevadas de cloro no sólo favorece la formación de trihalometanos sino que puede producir graves procesos de corrosión en los elementos metálicos de la instalación y la degradación de otros componentes.

Los diversos datos existentes sobre resistencia de materiales ofrecen valores que, en general, permiten verificar su corrosividad frente a un agua hiperclorada como puede verse a continuación en las tablas 2, 3 y 4:

RESISTENCIA QUIMICA FRENTE A LA HIPERCLORACIÓN

PLÁSTICOS

X = Adecuado
 L = Limitado
 NR = No adecuado

CONCENTRACION DE CLORO EN EL AGUA	PVC	TRAP	PP	PE	ABS	OPAC	PM	PE
10 ppm (0.1)	X	X	X	X	X	X	X	X
1-200 ppm	L	L	X	X	L	-	L	-
> 200 ppm	NR	L	X	X	NR	NR	NR	-

Tabla 2. – Resistencia química de plásticos

Estas tablas deben considerarse siempre como orientativas. Para cada producto es el fabricante quien mejor puede facilitar su resistencia química y su comportamiento frente a la hipercloración.

DIÓXIDO DE CLORO

El dióxido de cloro es un gas que debe generarse in situ y que en contacto con el aire puede formar mezclas explosivas a determinadas concentraciones lo cual normalmente obliga a instalar sensores de alarma en el ambiente.

Además de los posibles problemas de corrosión, similares a los del cloro, el dióxido de cloro forma como subproducto de reacción iones clorito cuya concentración debe controlarse según el RD 140/2003, especialmente en un circuito de ACS con recirculación en el cual su concentración podría ir aumentando progresivamente.

RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

La desinfección mediante radiación ultravioleta es un proceso que destruye *Legionella* presente en el agua, libre de productos químicos y sin subproductos significativos de reacción; no obstante no destruye *Legionella* en el interior de amebas ni posee ningún efecto residual. La desinfección por radiación ultravioleta generalmente se complementa con otros tratamientos con efecto residual.

GENERACIÓN DE IONES COBRE / PLATA

Elimina *Legionella* y que posee efecto residual; no obstante deben considerarse sus condiciones de funcionamiento: un contenido elevado en cloruros (superior a 200 mg/l) puede producir la precipitación de sales de cloruro de plata en las tuberías y, por otra parte, dosis elevadas de iones cobre y plata pueden favorecer los procesos de corrosión por formación de pares galvánicos con otros metales menos nobles.

Asimismo en aguas duras con carácter incrustante, debe considerarse que durante el proceso electrolítico se pueden formar incrustaciones calcáreas en el cátodo.

RESISTENCIA QUIMICA FRENTE A LA HIPERCLORACIÓN

ELASTÓMEROS

X = Adecuado
 L = Limitado
 NR = No adecuado

CONCENTRACION DE CLORO EN EL AGUA	NEOPRENO	WTON	BUNA-N	TEFLON	EPDM	HYALON
10 ppm (0.1)	NR	X	NR	X	X	-
1-200 ppm	NR	X	NR	X	L	-
> 200 ppm	NR	X	NR	X	NR	-

Tabla 3. – Resistencia química de elastómeros

OZONIZACIÓN

El ozono es un oxidante muy enérgico y en concentraciones significativas puede causar importantes procesos de corrosión. Si bien la concentración de ozono en el agua de consumo no se halla regulada en el RD 140/2003, considerando las diversas regulaciones europeas, la concentración residual máxima de ozono en el agua de consumo debería ser inferior a 50 µg/l.

SEGURIDAD ADICIONAL EN PUNTOS DE CONSUMO SIGNIFICATIVOS

Estos elementos no poseen evidentemente ningún efecto residual. En cualquier caso, como en todos los medios filtrantes, el cartucho de filtración debe sustituirse regularmente.

b) Efectos de la elevación de temperatura

La elevación de temperatura en el circuito de ACS es un sistema de desinfección que se utiliza frecuentemente. En algunos casos este procedimiento se utiliza regularmente como desinfección de mantenimiento.

Presenta importantes ventajas, pero también deben considerarse algunos conceptos importantes:

RESISTENCIA QUIMICA FRENTE A LA HIPERCLORACIÓN

METALES

X = Adecuado
 L = Limitado
 NR = No adecuada

CONCENTRACION DE CLORO EN EL AGUA	ACERO AL CARBONO	ACERO INOXIDANTE	ACERO INOXIDANTE	ACERO GALVANIZADO	COBRE	PLATA
10 ppm (0.1)	NR	X	X	X	NR	X
1-200 ppm	NR	L	L	L	NR	NR
> 200 ppm	NR	NR	NR	NR	NR	NR

Tabla 4. – Resistencia química de metales

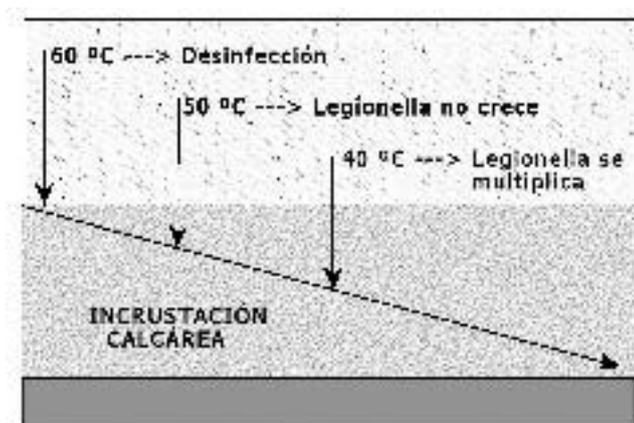


Fig. 6 – Efecto de las incrustaciones calcáreas en la desinfección

FORMACIÓN DE INCRUSTACIONES CALCÁREAS

La elevación de la temperatura en un agua con carácter incrustante o muy incrustante favorece la formación de depósitos calcáreos en las tuberías e instalaciones y con ello la formación de biocapas. Además actúan como un aislante produciendo un consumo excesivo de energía y reduciendo o incluso anulando la eficacia de los sistemas de desinfección tanto por adición de biocidas como por choque térmico (figura 6).

En aguas incrustantes será pues necesario realizar un tratamiento para evitar la formación de incrustaciones en el circuito. Los principales tratamientos utilizados son:

- Descalcificación del agua mediante resinas de intercambio iónico.
- Dosificación de inhibidores de incrustaciones.
- Aplicación de equipos físicos.

DESARROLLO DE PROCESOS DE CORROSIÓN

La temperatura es un factor muy significativo en los procesos de corrosión. Al elevar la temperatura generalmente aumenta la velocidad de los procesos de corrosión aunque en tuberías de cobre también es frecuente que la corrosión se produzca únicamente en las tuberías de agua fría.

Especialmente en acero galvanizado debe prestarse atención a la temperatura de servicio ya que por encima de 60 °C, en función de la composición química del agua, pueden producirse procesos de corrosión por un fenómeno de inversión de polaridad del zinc con respecto al hierro. Si se utiliza este material en las conducciones de ACS, es importante mantener la temperatura en el depósito de acumulación lo más cercana posible a 60 °C y no superar los 70 °C como temperatura normal de trabajo. Si es necesario se deben aislar las tuberías para mantener la temperatura lo más cercana posible a 60 °C.

El desarrollo de procesos de corrosión (figura 7), es un factor muy importante que debe ser tenido en consideración ya que aparte de ser un elemento importante en el desarrollo de biocapas, el hierro actúa como un impor-

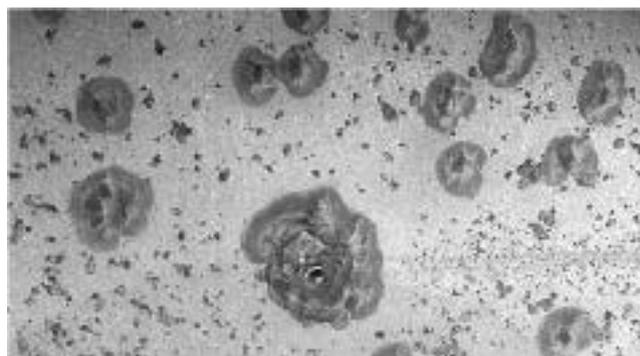


Fig. 7 – Corrosión en un acumulador de ACS

tante nutriente de *Legionella* favoreciendo su multiplicación.

c) Tratamientos recomendables

A la vista de todo lo anteriormente expuesto, se debe considerar que la desinfección química basada en aplicación de elevadas dosis de cloro puede favorecer en forma muy significativa los procesos de corrosión; por ello, en general, será preferible utilizar desinfectantes alternativos como los indicados anteriormente o bien utilizar una desinfección térmica.

La elevación de temperatura puede favorecer también los procesos de corrosión, pero normalmente estos procesos son de cinética lenta; elevaciones puntuales de temperatura para desinfección no afectan los procesos de corrosión. En cualquier caso sí debe tenerse en consideración el carácter incrustante del agua y si es necesario realizar el tratamiento adecuado para evitar la formación de incrustaciones calcáreas.

CONCLUSIONES

Los circuitos de AFCH y de ACS son un lugar adecuado para el desarrollo de *Legionella*. Este concepto se halla recogido en el RD 865/2003 el cual especifica que en todos ellos debe implantarse un tratamiento adecuado.

Para que este tratamiento sea efectivo, se deben considerar todos los elementos del circuito para garantizar no solamente su desinfección sino también que los tratamientos seleccionados no puedan favorecer procesos de corrosión ni la formación de incrustaciones calcáreas.

Para ello se deben considerar los diversos sistemas de desinfección existentes incluyendo elementos de seguridad en puntos de consumo significativos y evitar la utilización de biocidas agresivos con los diversos materiales del circuito.

Si se tienen en consideración todos estos conceptos, un correcto estudio del circuito permitirá conservar las instalaciones existentes en perfecto estado de higiene y de funcionamiento y garantizar a la vez el cumplimiento del R.D. 865/2003 para la prevención de la legionelosis.

BIBLIOGRAFÍA

1. REAL DECRETO 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
2. REAL DECRETO 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
3. ORDEN SCO/3719/2005, de 21 de noviembre, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.
4. REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
5. UNE-EN 806-2:2005. Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de edificios. Parte 2: Diseño.
6. UNE 112076:2004 IN. Prevención de la corrosión en circuitos de agua
7. UNE 100030:2005 IN. Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de *Legionella* en instalaciones.
8. UNE-EN 12502-1:2005. Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 1: Generalidades.
9. UNE-EN 12502-2:2005. Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 2: Factores que influyen para el cobre y aleaciones de cobre.
10. UNE-EN 12502-3:2005. Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 3: Factores que influyen para materiales férricos galvanizados en caliente.
11. UNE-EN 12502-4:2005. Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 4: Factores que influyen para el acero inoxidable.
12. UNE-EN 12502-4:2005. Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 5: Factores que influyen para fundición de hierro, acero no aleado y de baja aleación.
13. Guías Técnicas del Ministerio de Sanidad y Consumo. Junio 2006

ESTUDIO SOBRE LA EFECTIVIDAD PARA LA PREVENCIÓN DE LA LEGIONELOSIS DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO INSTANTÁNEO, INSTALADO EN LA RED DE AGUA SANITARIA DE UN HOSPITAL

EFFECTIVENESS STUDY OF A PASTEURIZATION SYSTEM IN CONTROLLING CONTAMINATION WITH LEGIONELLA INSTALLED IN A HOSPITAL'S HOT WATER SYSTEM

África López Guillén^a, Josep M^a Oliva Sole^b, Laura Gavaldà Mestre^c, Teresa Pellicer Formatger^d

^aServei Sanitat Ambiental. Direcció General de Salut Pública. Barcelona - ^bSecció Sanejament Ambiental. Servei territorial de Barcelona - ^cServei de Medicina Preventiva. Hospital Universitari de Bellvitge - ^dLaboratori Agència Salut Pública de Barcelona - Correo electronico: africa.lopez@gencat.net

RESUMEN

Se ha estudiado la efectividad de un sistema de pasteurización en el control de la contaminación por *Legionella* en la red de agua caliente de un hospital.

El hospital había optado por este sistema debido a que los acumuladores convencionales originales presentaban importantes problemas en la capacidad de producción y en el mantenimiento de las temperaturas de distribución.

El estudio fue iniciado después de haberse instalado los pasteurizadores y ha consistido en la realización de controles mensuales de *Legionella* y temperatura durante un período de 11 meses. De los resultados, se puede valorar que el sistema de pasteurización se considera efectivo, siempre y cuando las condiciones de la red (circulación, material, diseño, etc) sean las adecuadas. El sistema no se considera efectivo en redes antiguas y con ramales sin circulación como se ha podido constatar en este estudio en el edificio de servicios, donde las conducciones presentaban un estado de conservación deficiente. En esta zona de servicios los controles de *Legionella* han mostrado una mejora únicamente después de que se iniciara un programa de purgas junto con la paulatina sustitución de los tramos en mal estado.

PALABRAS CLAVES: *Legionella*, agua sanitaria caliente, pasteurización, temperatura

ABSTRACT

The effectiveness of a pasteurization system in controlling contamination with *Legionella* has been evaluated in a hospital's hot water system.

The hospital acquired these equipments because the original system – conventional hot water tanks – had problems in producing and maintaining the distribution temperatures in the hot water circuit.

The study started 11 months after the pasteurizers had been installed. The study consisted on *Legionella* and temperature controls which were conducted monthly during an 11-month period. Results have proved that a pasteurization system method to be an effective system of instantaneous warming provided that there are adequate conditions (circulation, materials, design, etc.). This system has no effectiveness in old nets or nets with branches and no circulation, as it has been shown in this study in the building of services, where conductions were damaged. In this area, controls of *Legionella* have improved only after a purging program was implemented, along with the progressive change of damaged distribution pipes.

KEYWORDS: *Legionella*, water system, pasteurization, temperature

INTRODUCCIÓN

En el conjunto de los casos de legionelosis nosocomial declarados, las redes de agua de los centros hospitalarios representan uno de los focos de contaminación, donde las consecuencias del crecimiento de *Legionella* son más graves.

En los hospitales hay enfermos con situaciones diversas de inmunosupresión, hecho que comporta un riesgo elevado de desarrollar formas graves de infección por legionella. Por ello los casos nosocomiales tienen una letalidad más alta que los brotes de legionelosis comunitaria. Los hospitales suelen ser edificios grandes con redes de distribución de agua sanitaria complejas. Cuando estas redes están colonizadas por *Legionella*, en un % muy elevado, es debido a que el sistema de agua sanitaria caliente presenta deficientes condiciones estructurales (acumuladores obsoletos, redes antiguas, ramales ciegos) y sobretodo por el incumplimiento de llegar a una temperatura óptima (>50° C) en los puntos distales.

Una de las soluciones que se están instaurando en los centros sanitarios para llegar a esta temperatura en los puntos distales es el **Sistema de calentamiento instantáneo "Pasteurizador"**.

Descripción del sistema

Se trata de un sistema de calentamiento que permite, en primer lugar, calentar el agua, a una temperatura >70°C de manera instantánea, mediante un intercambiador de plaques y, en segundo lugar, el mezclar el agua caliente con el agua fría para conseguir la temperatura deseada de 55°C.

El sistema asegura la pasteurización y la producción de agua caliente; además, el sistema se dimensiona teniendo en cuenta el consumo previsto para que, en una red de distribución equilibrada y con recirculación, se asegure una temperatura de 55°C en todas las zonas del edificio.

Este sistema es más eficaz y necesita menos espacio que los depósitos de acumulación de agua caliente convencionales, donde las temperaturas de agua alcanzadas, las estratificaciones y los sedimentos pueden dar soporte al crecimiento de legionella.

2. METODOLOGIA Y DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

El objetivo del estudio es evaluar la efectividad del sistema de pasteurización, como un sistema de calentamiento del agua instantáneo para la prevención de *Legionella pneumophilla*, en un hospital con una red antigua y de grandes dimensiones.

Antecedentes de la red de agua caliente, antes de la instalación del sistema

1. Descripción de la red de agua caliente

La red de agua caliente sanitaria estaba formada por dos circuitos:

- **Circuito de zonas altas:** Disponía de un acumulador de 10 m³ y se había instalado un clorador automático para cubrir eventuales fallos del sistema de calentamiento central, que no siempre era operativo.

- **Circuito de zonas bajas:** Disponía de dos acumuladores de 10 m³ cada uno y también se había instalado un clorador automático para cubrir eventuales fallos del sistema de calentamiento central, que no siempre era operativo.

2. Autocontrol

Desde el año 2002 se había contratado a una empresa de tratamiento externa para realizar las operaciones, de control y mantenimiento de la red de agua del hospital, marcadas por la normativa de prevención de la legionelosis.

Muestreos:

Esta empresa realizaba una recogida de muestra en ocho puntos de la red: salida de los acumuladores, dos en los retornos, dos en el circuito de zonas altas y dos en el de zonas bajas. Los análisis microbiológicos eran realizados en diferentes laboratorios externos, con diferentes límites de detección. Realizaban un muestreo diario del nivel de cloro en la red de agua fría y de temperatura en la red de agua caliente.

PERIODO 2002

Resultados analíticos.

Según los resultados analíticos, en algunas ocasiones se detecta *Legionella pneumophila*, serogrupo 2-14, tanto en las zonas altas como en las bajas.

Resultados temperaturas.

Según los resultados se detectan en un % muy elevado, temperaturas de 38°C, 40°C i 47°C, tanto a nivel del circuito de zonas altas como en el circuito de zonas bajas.

A partir del año 2003 y 2004 la Gerencia del Hospital se cuestiona la instalación del sistema de pasteurización en la red de agua caliente. Una vez informados del tema y con la finalidad de valorar la efectividad del sistema se tuvieron diversas reuniones con el Servicio de Medicina Preventiva y Servicios generales de Mantenimiento para planificar el estudio y valorar los puntos de muestreo. En estas reuniones se realizó una revisión sobre los planos y se valoraron los resultados del autocontrol existentes.

Desde esta fecha el Servicio de Medicina Preventiva coordinó, junto con el Servicio de Mantenimiento, la realización de los controles y los resultados realizados por la empresa externa, así como también realizaron análisis y se incorporaron más puntos de muestreo.

Período año 2004 hasta el 1 de abril de 2005 antes, durante y después de la instalación del primer pasteurizador en el circuito de zonas bajas (abril de 2004) y del segundo pasteurizador en el circuito de zonas altas (enero de 2005).

Resultados analíticos.

Se observa una disminución en los resultados positivos en relación con años anteriores: Se detecta *Legionella pneumophilla*, serogrupo 2-14, tanto en las zonas altas como en las bajas pero con niveles máximos de 10² ufc/l. y de forma puntual.

Resultados temperaturas.

Comparando los resultados con los del año 2002-2003 se observa una mejoría, tanto en el circuito de zonas altas como en las bajas.

ESTUDIO Y PROGRAMA DE MUESTREO DE LA RED DE AGUA CALIENTE DESPUES DE LA INSTALACION DEL SISTEMA DE PASTEURIZACIÓN

En fecha 15 de abril de 2005 se decidió poner en marcha un programa de estudio con un muestreo de la red. Se definieron inicialmente 15 zonas de toma de muestras. La recogida de muestras, con una frecuencia mensual, se efectuaría conjuntamente entre el Servicio de Medicina Preventiva y el Servicio de mantenimiento. En el momento de la recogida se realizaría la toma de temperatura. Las muestras serian transportadas al Servicio Territorial del Departament de Salut quien a su vez las enviaría al laboratorio. También se acordó que la analítica sería realizada por el laboratorio de la Agencia de Salud Pública de Barcelona.. El estudio comenzó el mes de mayo.

a) Descripción de la red de agua caliente

Este hospital consta de tres torres de hospitalización implantadas en una base común.

Las dependencias están formadas por:

- Tres torres de hospitalización de 9, 13 i 19 plantas (Torre "T9", Torre "T13" y Torre "T19")
- Un edificio de servicios que consta de tres alas, en disposición radial, dos de estas alas se comunican por sus extremos. Una de estas alas consta de sótano y planta y las otras dos de sótano y tres plantas.

En estas edificio de servicios se encuentran los quirófanos, urgencias, laboratorios y otros servicios generales: cocina, comedor, dirección, sala de actos, etc.

La red de agua caliente continua estando formada por dos circuitos, a los que se les han realizado los siguientes cambios:

- **Circuito de zonas altas:**

Dispone de un pasteurizador desde enero de 2005; anteriormente tenía un acumulador de 10 m³.

Abastece las plantas superiores de las torres de hospitalización T13 y T 19

El estado de conservación de esta red, acometidas, tuberías de distribución y de los ramales de retorno era sa-

tisfactorio. Las tuberías son de cobre y no hay ramales sin circulación,

- **Circuito de zonas bajas:**

Dispone de un pasteurizador desde abril de 2004; anteriormente tenía dos acumuladores de 10 m³ cada uno.

Abastece el edificio de servicios, todas las plantas de la torre de hospitalización T9 y las plantas inferiores de las otras torres (T13 y T19)

El estado de conservación de esta red era diferente: las tuberías de distribución de las torres son mayoritariamente de cobre; pero en el edificio servicios las tuberías son, mayoritariamente, de hierro galvanizado y muy antiguas. En este edificio de servicios no se conoce, con todo detalle, la estructura de la red. Se considera probable que las siguientes plantas compartan las mismas acometidas y ramales de retorno:

- el sótano y la planta 0, (acometidas ubicadas en el techo del sótano = suelo planta 0)
- las plantas 1, 2 i 3, (acometidas ubicadas en el techo de la planta 1 = suelo planta 2)

Ámbito del estudio

El estudio se efectuara sobre los circuitos de agua caliente sanitaria de las zonas altas y zonas bajas. Durara un año, aunque después de los primeros seis meses se replanteará su continuidad de acuerdo con los resultados obtenidos hasta el momento.

Plan de muestreo

El plan de muestreo:

- Deberá asegurar la representatividad de los dos circuitos incluidos en el estudio.
- Deberá incluir, especialmente, la red de distribución del edificio denominado de servicios, ya que es la parte de la instalación que se conoce peor y donde el estado de conservación de las tuberías es más deficiente.
- En los circuitos de distribución, se debe procurar recoger muestras de agua lo mas alejado posible del anillo de recirculación. Por tanto, se recogerá, preferentemente, de los puntos mas distales de cada ramal.

De acuerdo con todos estos requisitos se definen los quince puntos de muestreo: 3 en el circuito de zonas altas y 12 en el de zonas bajas (9 de ellas en el edificio de servicios)

Finalización del estudio

En fecha 15 de marzo de 2006 se da por finalizado el estudio, atendiendo que hay datos significativos suficientes para poder hacer una evaluación del sistema.

VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS. PERIODO DE ESTUDIO: MAYO 2005 - MARZO DE 2006.

1. Resultados analíticos,

Circuito zonas altas

Durante los primeros meses no se detectó *Legionella pneumophilla* en la mayoría de las muestras tomadas en el circuito de las zonas altas y solamente se detectó puntualmente en algunas muestras, con niveles máximos de 10² ufc/L.

Circuito zonas bajas

Durante el estudio, y desde el primer muestreo, se detecto contaminación en este circuito, en los puntos de muestreo del edificio de servicios. Donde, tal como ya se había comentado anteriormente, el estado de la red era muy deficiente.

Los valores fueron aumentando hasta llegar al mes de junio donde los resultados fueron positivos en 6 muestras. En consecuencia, se procedió a hacer un tratamiento de choque en toda la instalación, hecho que supuso un deterioro muy importante de esta parte denominada edificio de servicios (reventones de tuberías).

Paralelamente a las medidas correctoras y dentro de estudio, se hizo un muestreo dirigido y mucho mas exhaustivo del edificio de servicios, para poder llegar a averiguar cual era la problemática real, haciéndose la recogida selectiva en los puntos que se consideraban de más riesgo. Por tanto se aumentaron y cambiaron los puntos de muestreo. Tras esta medida se llegó a la conclusión de que en este edificio, existían ramales ciegos y sin circulación.

A continuación se realizo una investigación activa de actualización de los planos por parte del Servicio de Mantenimiento de la red en la zona problemática, intentando buscar y solucionar los puntos con ramales sin circulación.

Después de proceder a hacer la purga diaria de los puntos finales de esta zona y consecuentemente activar la circulación, los niveles de contaminación fueron bajando.

Posteriormente en el mes de enero se iniciaron las obras de reformas, cambiándose:

- Circuito zonas altas: se cambió toda la horizontal por acero inoxidable. Por tanto el circuito principal de las zonas altas es de material nuevo.
- Circuito zonas bajas:

Edificio de servicios:

- Planta 1,2, i 3, se cambiaron todas las tuberías por cobre
- Planta -1 en esta zona se identificó un problema en una válvula antiretorno, donde se mezclaba agua fría y caliente. Se cambió la válvula.

-Planta -1: se han ido reparando tramos aislados, que se han cambiado por acero.

Los resultados analíticos fueron regularizándose hasta alcanzar niveles prácticamente negativos.

RESULTADOS:

Circuito de zonas altas

De acuerdo con los resultados analíticos se ha notado una notable mejoría en la red correspondiente al circuito de las zonas altas con resultados negativos en todos los puntos. Es destacable que la red esta en buen estado y hay una circulación de agua constante.

Circuito zonas bajas

Los resultados fueron diferentes: en la zona correspondiente a las plantas altas los resultados fueron negativos. Mientras que en la correspondiente al edificio de servicios se detectaron resultados positivos, debido a la presencia de ramales ciegos sin circulación y con materiales no adecuados. Una vez realizadas primero las medidas de corrección mediante purgas diarias en los tramos finales y después las obras de reformas (cambio de tuberías) se pudo constatar una gran mejora en los resultados analíticos, con resultados prácticamente negativos en casi todos los puntos (hay que hacer constar que los últimos muestreos se hicieron sobre los puntos de más alto riesgo).

Resultados temperaturas.

Se ha notado una mejora significativa en los niveles de temperatura respecte al año 2003. Actualmente la media esta por encima de los 50°C en los puntos distales de la red.

DISCUSIONES

El sistema, como sistema de calentamiento instantáneo, se considera un sistema efectivo, siempre y cuando las condiciones de la red (circulación, material, diseño, etc) sean las adecuadas. Este sistema seria idóneo en instalaciones nuevas y bien diseñadas. Es importante valorar que se elimina un factor de riesgo como es el acumulador.

El sistema no se considera efectivo en redes antiguas y con ramales sin circulación. En el caso de que se quiera instalar este sistema en una red antigua seria conveniente hacer un estudio previo y en profundidad de la red, valorándose el material, el diseño, la circulación y sobre todo realizar una búsqueda activa de zonas con ramales ciegos. Si fuera posible, seria conveniente cambiar total o parcialmente la red antes de su instalación para garantizar al máximo su eficacia.

Aunque el estudio se ha realizado una vez instalado el sistema en la red de un hospital, se ha podido hacer una evaluación del mismo y se ha podido detectar una serie de problemáticas que pueden surgir en cualquier centro

hospitalario que se han de tener en cuenta para la prevención de la legionelosis nosocomial:

1. Coordinación interna del hospital entre el Servicio de Medicina Preventiva y de Mantenimiento.

Es imprescindible establecer un circuito de comunicación entre estos servicios. Siempre coordinados por el Servicio de Medicina Preventiva, ya que puede haber una información que queda sin clasificar hasta que no se detecte algún caso o brote de legionelosis.

2. Laboratorios autorizados

Se detectaron problemas en los laboratorios que analizaban las muestras. Los resultados previos al estudio, resultados del autocontrol, se basaban en analíticas con un límite de detección elevado o resultados sospechosamente negativos.

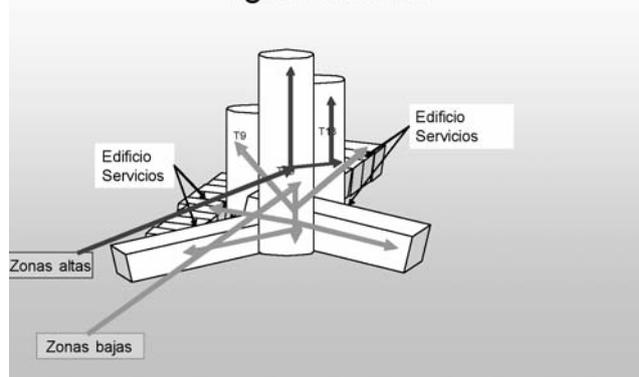
3. Empresas de tratamiento contra la *Legionella*

Antes de efectuar cualquier operación y planificar el autocontrol es imprescindible realizar un estudio previo de la instalación con identificación de los puntos críticos.

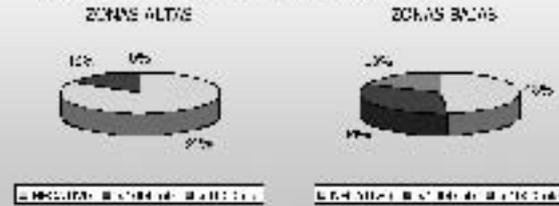
4. Realización de tratamientos de choque con hipocloración en una red antigua y con materiales no idóneos.

Hay que saber valorar el daño que puede sufrir la red y si pueden ser mas perjudiciales que beneficiosos.

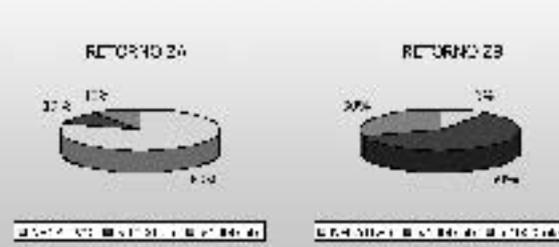
Esquema hidr_ulico de la red de agua caliente



Análisis de Legionella pneumophila Agua caliente en cataluña Mayo 2005 - Marzo 2006 (n=172 muestras)



Análisis de Legionella pneumophila Agua caliente en cataluña Mayo 2005 - Marzo 2006 (n=172 muestras)



BIBLIOGRAFÍA

1. Real decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis
2. Decreto 352/2004, de 27 de julio, por el que se establecen las condiciones higienico-sanitarias para la prevención y el control de la legionelosis.
3. Guia per a la prevenció de la legionel.losi. Quaderns de Salut Publica, numero16. Departament de Sanitat. Generalitat de Catalunya.

BIOCIDAS. EFICACIA. CRITERIOS PARA SU EVALUACIÓN Y AUTORIZACIÓN

BIOCIDES. EFFICACY. CRITERIA FOR ITS ASSESSMENT AND AUTHORIZATION

Covadonga Caballo Diéguez

Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral

RESUMEN

En el artículo 13 del Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis se contempla que en las operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario se podrán utilizar aquellos desinfectantes que para tal fin haya autorizado la Dirección General de Salud Pública.

De acuerdo con la legislación nacional existente, entre los requisitos exigibles para llevar a cabo esta autorización figura el ensayo de eficacia correspondiente, además de las propiedades físico-químicas del producto, datos sobre seguridad (toxicidad, ecotoxicidad) e información sobre incompatibilidad con otros productos químicos empleados en las instalaciones así como con los materiales de las mismas.

La Dirección General de Salud Pública, Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral, estudia y evalúa la información suministrada por el titular del producto. Si procede se incluye en el Registro Oficial de la Dirección General de Salud Pública.

La Dirección General de Salud Pública tiene inscritos, a fecha 1 de junio de 2006, 183 productos desinfectantes contra *Legionella*. Estos desinfectantes, en función de las materias activas, pueden dividirse por su forma de actuación en oxidantes y no oxidantes interaccionando de distinta manera con los factores ligados a la proliferación de *Legionella*. No obstante, la eficacia de los biocidas oxidantes y no oxidantes dependerá de condiciones tales como: las características propias de la instalación (dimensiones, material, tecnología, antigüedad), nivel de uso y mantenimiento, ubicación, uso de otros productos que puedan interferir con el biocida utilizado (anticorrosivos, antiincrustantes, etc).

Si bien es cierto que los ensayos de eficacia para registrar estos biocidas se basan en pruebas de laboratorio, no se puede poner en duda la eficacia en campo sin tener en cuenta factores tales como los arriba referenciados.

PALABRAS CLAVE: *Legionella*, biocidas, oxidante, no oxidante, eficacia

SUMMARY

Article 13 of Royal Decree 865/2003, 4 July, establishes hygienic-sanitary criteria for prevention and control of Legionellosis, provides for the use of disinfectants duly authorized by Public Health General Directorate, in the course of hygienic-sanitary maintenance operations.

In accordance with existing national laws among requirements necessary to effect said authorization are the due efficacy assay product, physic-chemical properties, data on toxicity and ecotoxicity and information on incompatibility with other chemicals used in installations, as well as materials constitutive of the latter.

Public Health General Directorate, General Subdirectorato of Environmental Health and Labour Health, studies and assesses the information provided by the applicant if appropriate the product is included in the Public Health General Directorate Official Register.

Up until 1st June 2006, 183 disinfectants products against *Legionella* are registered in the Public Health General Directorate. The said disinfectant products may be classified according to their action substances, and the way in which they act, into oxidants and non-oxidants all of them interacting the different with factors linked to *Legionella* proliferation. Nonetheless, efficacy of oxidant and non-oxidant biocides will depend on conditions such as: specific characteristics of the installation itself (dimensions, material, technology), usage and maintenance frequency, location, use of products that might interfere with the used biocide.

Although efficacy assays conducted to register these biocides rest mostly on laboratory studies, their "in vivo" efficacy should not be questioned without considering the above listed factors.

KEY WORDS: *Legionella*, Biocides, oxidant, non-oxidant, efficacy

En el artículo 13 del Real Decreto 865/2003¹, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis se contempla que en las operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario se podrán utilizar aquellos desinfectantes que para tal fin haya autorizado la Dirección General de Salud Pública.

De acuerdo con la legislación nacional existente, entre los requisitos exigibles para llevar a cabo esta autorización figura el ensayo de eficacia correspondiente, además de las propiedades físico-químicas del producto, datos sobre seguridad (toxicidad, ecotoxicidad) e información sobre incompatibilidad con otros productos químicos empleados en las instalaciones así como con los materiales de las mismas.

La Dirección General de Salud Pública, Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral, estudia y evalúa la información suministrada por el titular del producto. Si procede se incluye en el Registro Oficial de la Dirección General de Salud Pública adjudicándoles un número de registro XX-YYY-XXXXX, donde los dígitos YYY corresponden al nº 100, lo que significa que los productos registrados con este dígito podrán ser utilizados como desinfectantes para el tratamiento contra *Legionella*.

La Dirección General de Salud Pública tiene inscritos, a fecha 1 de junio de 2006, 183 productos desinfectantes contra *Legionella*. Estos 183 productos abarcan diferentes materias activas, la mayoría de las cuales han sido notificadas en el ámbito de la legislación comunitaria de Biocidas (Real Decreto 1054/2002, Directiva 98/8/CE y Reglamentos que la desarrollan 1896/2000, 2032/2003, 1048/2005)^{2,3,4,5,6}, para Tipo de Producto 11 (protectores para líquidos utilizados en sistemas de refrigeración y en procesos industriales) y Tipo de Producto 2 (desinfectantes utilizados en salud pública), lo que implica que a partir de 2008 estas materias activas se empezarán a estudiar a nivel de la UE para su inclusión en el Anexo I de la Directiva de Biocidas, mientras tanto los Estados miembros seguirán aplicando su legislación nacional. Así mismo, los productos biocidas registrados que contienen materias activas que no han sido notificadas para estos tipos de productos (11 y 2), la Dirección General de Salud Pública procederá a la cancelación de estos registros a fecha 1 de septiembre de 2006⁵.

Estos desinfectantes, en función de las materias activas, pueden dividirse por su forma de actuación en oxidantes y no oxidantes.

Los **biocidas oxidantes** destruyen los microorganismos por oxidación química penetrando la pared celular y alterando su metabolismo, llegando a destruir la membrana citoplásmica, desnaturalizar las proteínas estructurales o enzimáticas, así como los ácidos nucleicos. Su actividad no es selectiva y depende del pH del agua. Su espectro es de acción larga y actúa de dos formas:

- Oxidante: destruye la materia orgánica
- Biocida: desinfecta el agua del circuito

Los biocidas oxidantes reaccionan con los elementos contenidos en el agua del circuito: las materias minerales, orgánicas, ciertos inhibidores de la corrosión, algunos

biocidas no oxidantes (como el glutaraldehído, o el 2,2-dibromo-3-nitropropionamida (DBNPA).

La destrucción de los microorganismos es posible si:

- la cantidad de oxidante disponible es superior a la cantidad consumida por las materias orgánicas y otros compuestos oxidables aportados por el agua
- el pH del agua esta adaptado al tipo de oxidante. Ejemplo, el cloro se disocia en el agua en función del pH. La acción biocida del cloro se debe al ácido hipocloroso que solo se formará con un pH del agua entre 5-8

Ejemplos de biocidas oxidantes son el cloro, bromo, bromoclorodimetilhidantoina, etc

Los **biocidas no oxidantes**, no existe una relación simple entre la estructura química de un biocida y su mecanismo de acción, varían de un compuesto a otro, identificándose diferentes tipos de acción que incluyen la destrucción celular y la interferencia sobre el material genético. Su actividad es selectiva y su espectro de acción es reducido. Son moléculas de síntesis y su eficacia desinfectante esta condicionada a la calidad físico-química del agua, que puede afectar la vida media de la molécula. Ejemplos de biocidas no oxidantes son: DBNPA, Isotiazolonas, Glutaraldehído, Amonios cuaternarios, sulfato de tetrakishidroximetil fosfonio (THPS), etc.

Por tanto, dependiendo del mecanismo de acción de los biocidas estos interaccionarán de distinta manera con los factores ligados a la proliferación de *Legionella* y que son:

- Temperatura: 25°C-45°C
- Calidad del agua: presencia de nutrientes, depósitos, etc.
- Estancamiento del agua: zonas muertas
- Calidad de las superficies en contacto con el agua: rugosidades, asperezas debidas a los depósitos, corrosión
- Presencia de depósitos biológicos (biofilm) y ciertos microorganismos (protozoos, algas, bacterias)

A su vez, es posible la contaminación de la instalación a partir del medio exterior, vía el aire o vía el agua de aporte.

Legionella prolifera sobre el conjunto de las superficies de las instalaciones que están en contacto con el agua. Se han identificado 2 modos de proliferación:

- Proliferación en asociación con el biofilm
- Proliferación intracelular en otros microorganismos asociados al biofilm (algas, protozoos, amebas)

Legionella se multiplica en un medio ambiente caliente muy favorable para otras especies medioambientales, pero también presenta la particularidad de ampliar

su capacidad de multiplicación invadiendo células huésped como los protozoos.

Se ha demostrado que ciertas bacterias medioambientales tienen un efecto sinérgico sobre el crecimiento de *Legionella* mientras que otras tienen un efecto antagonista. En el primer caso, las bacterias producen L-cisteína permitiendo a las legionelas presentes multiplicarse. Numerosos autores han puesto en evidencia el efecto positivo de la microflora hídrica (flavobacterias, cianobacterias, algas verdes, amebas y protozoos filiaos) sobre el crecimiento de *Legionella*. Sin embargo, no ha sido posible establecer una correlación entre la abundancia de esta flora y la concentración de *Legionella* en las instalaciones.

El papel de las amebas ha sido particularmente estudiado, ciertos autores estiman que la multiplicación de *Legionellas* en agua sería imposible sin la presencia de amebas. La flora bacteriana a la cual están a menudo asociadas las legionellas serviría de nutrientes a las amebas. En lugar de ser digeridas, las legionellas que penetran en las amebas se multiplican en las vacuolas o vesículas y son eliminadas en gran número (hasta 10.000 por vacuola) hacia el exterior. Otros estudios demuestran que la proliferación de legionellas sin amebas necesitaría la presencia de una flora bacteriana compleja, en ausencia de la cual la *Legionella* no podría sobrevivir⁷.

Formación del biofilm: las bacterias se depositan sobre el soporte disponible y se fijan por secreción rápida de mucopolisacáridos. Este depósito constituye una fuente de contaminación permanente del agua: la presencia de biofilm en el agua circulante puede explicar ciertos resultados de aerobios muy variables. Determinados materiales utilizados son fácilmente y rápidamente colonizados por biofilm bacteriano encerrando legionellas.

Calidad del agua también influye en la formación del biofilm. El agua cargada de nutrientes favorece la formación de microorganismos. Las variaciones de la calidad del agua de aporte puede afectar considerablemente la eficacia de los tratamientos químicos. La calidad del agua vendría dada por:

- La calidad microbiológica: presencia de protozoos, algas, bacterias, etc.
- La calidad físico-química
- Materiales en suspensión
- Materia orgánica
- Sales minerales

Por todo ello, factores tales como corrosión, precipitación de sales inorgánicas, biofilm producido por factores de corrosión, depósitos de precipitación, contaminación, material biológico y la actividad microbiológica se deberán tener en cuenta en el programa de tratamiento del agua.

Limpieza y Desinfección: Existe a menudo una confusión entre los términos limpieza y desinfección. La limpieza puede ser mecánica y química. La limpieza mecá-

nica supone una acción enérgica. Se trata de eliminar los depósitos presentes en la superficie de los materiales. La limpieza mecánica concierne generalmente a las superficies accesibles, se utilizan chorros de media o alta presión. Es indispensable proteger al personal por el riesgo de dispersión de aerosoles contaminados.

La limpieza química concierne a todas las superficies en contacto con el agua. Su eficacia dependerá de las condiciones de puesta en práctica. Solo los detergentes alcalinos son eficaces para eliminar el biofilm. El biofilm asegura una protección de los tratamientos biocidas a los microorganismos que lo componen. La introducción de un producto biodispersante o biodetergente permite eliminar progresivamente el biofilm y luchar contra su formación.

Una limpieza puntual eliminará solo la parte superior del biofilm. Si el tiempo entre dos limpiezas es demasiado largo el depósito formado por la suciedad y los sedimentos no será jamás eliminado. La fase de eliminación del biofilm es delicada puesto que las bacterias van a pasar a la fase del agua. Es indispensable mantener el agua circulante en permanente desinfección, a su vez, el biodispersante o biodetergente utilizado en permanencia permitirá luchar contra la formación del biofilm. Si el sistema opera correctamente, la estrategia de lucha contra la proliferación de *Legionella* permite mantener la calidad microbiológica del agua, reservando las desinfecciones de choque solo para los periodos en que se constate una determinada concentración de *legionella*.

Desinfección Mediante la utilización de biocidas se lleva a cabo la desinfección destruyendo los microorganismos que se encuentran tanto en el agua como en la superficie del biofilm (algunos biocidas tienen un poder de penetración en el biofilm más o menos importante). Los microorganismos incluidos en el biofilm son mucho más resistentes a los desinfectantes que los que se encuentran dispersos en el medio líquido. No obstante, la resistencia a los desinfectantes desaparece después de la liberación de las células de su soporte y aumenta con la edad del biofilm.

La eficacia de los biocidas depende, por tanto, de las condiciones de puesta en práctica.

El manejo del riesgo en la proliferación de *Legionella*, como en todos los análisis de riesgo exige una gestión organizada a fin de comprender el problema y racionalizar las acciones. En este sentido, la identificación de los factores para el manejo de riesgo de proliferación de *Legionella* será:

- Identificación de objetivo: limpieza, desinfección, lucha anticorrosión
- Identificación de los medios:
 - Tratamiento químico: escoger la molécula adaptada al objetivo, a la calidad del agua, a los materiales, identificación del lugar de inyección, del lugar de la toma de muestra para el análisis de control, determinación de las condiciones de la puesta en obra (frecuencia de utilización)

- Tratamiento físico: identificación del modo de funcionamiento, identificación del emplazamiento adaptado a la instalación, evaluación del % de agua concerniente al tratamiento
- Redacción de los procedimientos específicos para la evaluación del riesgo (preventivo, curativo)

Además, se llevara un control del análisis del agua (conductividad del agua, pH, turbidez, residuos oxidantes, etc.).

Los tratamientos químicos abundantes y sistemáticos no son eficaces:

- El riesgo de proliferación de *Legionella* siempre esta presente: la aplicación sola de productos en el agua no es suficiente para restituir eficacia ni para gestionar el riesgo. Si la limpieza esta ausente o es insuficiente, el biofilm presente en la instalación sobre toda la superficie en contacto con el agua, puede estar fragilizado y más sensible a las fuerzas hidráulicas
- Riesgo para el medio ambiente: los residuos al medio ambiente de las purgas pueden contener compuestos químicos tóxicos, a concentraciones más o menos importantes en función del biocida utilizado.
- Riesgo de selección de cepas de *Legionella* resistentes: varias especies cohabitan en una instalación pero ciertas especies de *Legionella* o amebas (organismo huésped de la *Legionella*) resisten a la acción de los tratamientos defectuosos o abundantes y proliferan en detrimento de otros
- Coste de la explotación elevada: los productos químicos no son eficaces si las condiciones de la puesta en práctica no están adaptados. La *Legionella* frecuentemente detectada conduce generalmente a aumentar la dosis o la frecuencia de tratamiento para intentar controlar la proliferación
- Riesgo para las instalaciones: la mayor parte de los biocidas utilizados (biocidas oxidantes y biocidas no oxidantes) son muy corrosivos para ciertos materiales, en particular el cobre. La localización correctamente de los focos de corrosión son indispensables para el mantenimiento de la instalación.

En un análisis de la información relativa al uso de productos biocidas en el tratamiento de *Legionella* en instalaciones de torres de refrigeración, resultó que tanto biocidas oxidantes como no oxidantes estaban asociados a recuentos positivos de *Legionella* en cantidades superiores a 1000 UFC/l, aún cuando algunos de estos biocidas, especialmente no oxidantes, contaban con resultados bibliográficos positivos en ensayos de eficacia en campo⁸

Por todo ello,

Escoger los productos de tratamiento esta en función de:

- la calidad del agua
- el tamaño de la instalación
- material de la instalación
- el modo de gestión

La eficacia de los tratamientos esta afectada por:

- las modificaciones importantes de la calidad del agua de aporte
- las modificaciones de la calidad del aire en el medio ambiente de las torres
- del malfuncionamiento de los sistemas de filtración
- de las incompatibilidades entre los productos
- la ausencia de control y la falta de seguimiento

Si bien es cierto que los ensayos de eficacia se basan en pruebas de laboratorio, no se puede poner en duda la eficacia en campo sin tener en cuenta los factores analizados anteriormente. Por tanto, cuando se producen casos de legionelosis o un brote no bastaría con evaluar si la instalación tiene o no un tratamiento de mantenimiento o de choque, sino la idoneidad de este.

CONCLUSIONES

- Los desinfectantes mantienen bajo control la proliferación de microorganismos en las instalaciones. Sin embargo, otros productos químicos como biodispersantes, antiincrustantes, anticorrosivos, modificadores del pH, etc. deben acompañar al desinfectante para optimizar su eficacia.
- Además del uso de productos químicos, métodos físicos se emplean para mantener el sistema limpio. Esto incluye filtración, y limpieza manual. Todos los factores juegan una parte importante en el control del crecimiento de organismos y especialmente en el crecimiento de *Legionella*.
- La falta de limpieza en las instalaciones influirá en la eficacia de los biocidas. En un sistema limpio, los biocidas comercializados para este uso son efectivo contra *Legionella*. No obstante, aunque la actividad bactericida puede ser determinada por procedimientos de laboratorio, existe una ausencia importante de estudios de campo en el uso de los biocidas. Métodos estandarizados para tests biocidas contra *Legionella* en cultivos, suspensión y biofilm son necesarios, así como, ensayos para la valoración de eficacia en campo, eficacia de los procedimientos de limpieza y el posible papel del uso del biocida en continuo o intermitente en el control de crecimiento de *Legionella*.

La concentración del biocida a utilizar en función del volumen de agua de la torre.

El incremento o descenso de la temperatura ambiente incrementará o disminuirá la eficacia del biocida.

Cambios en el pH del agua puede afectar la estabilidad química y la actividad del biocida. Los fabricantes indicaran el rango de pH en el cual su producto es eficaz contra *Legionella*

Alternar distintas materias activas biocidas es aconsejable ante la posibilidad de aparición de cepas resistentes.

Es básica una formación adecuada y suficiente para el manejo de todos los factores que contribuyen al desarrollo de *Legionella*. Esta formación debe basarse tanto en el conocimiento de la bacteria, como de la calidad del agua, instalaciones y los productos químicos que se manejan.

Por todo ello, el control de la proliferación y la dispersión de *Legionella* en las instalaciones es un problema complejo en el que hay que tener en cuenta múltiples factores y que debe ser abordado desde una visión multidisciplinar, en la que es indispensable realizar una evaluación del riesgo continua que nos dará las pautas para el manejo adecuado de la instalación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis (BOE núm. 171, 18 de julio de 2003)
2. Real Decreto 1054/2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas (BOE núm. 247, 15 octubre 2002)
3. Directiva 98/8/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de febrero, relativa a la comercialización de Biocidas (DO L 123 de 24.4.1998)
4. Reglamento (CE) nº 1896/2000 de la Comisión de 7 de septiembre de 2000 relativo a la primera fase del programa contemplado en el apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 98/8/CE (DO L 228 de 8.9.2000)
5. Reglamento 2032/2003 de la Comisión, de 4 de noviembre de 2003, relativo a la segunda fase del programa contemplado en el apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 98/8/CE (DO L 307 de 24.11.2003)
6. Reglamento (CE) nº 1048/2005 de la Comisión de 13 de junio de 2005, por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 2032/2003 de la Comisión, de 4 de noviembre de 2003, relativo a la segunda fase del programa contemplado en el apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 98/8/CE (DO L 178 de 9. 7. 2005)
7. Guide de formation à la gestion du risqué de prolifération des légionelles dans les installations de refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Francia (Febrero, 2005)
8. Report of the Expert Advisory Committee on Biocides. Department of Health. UK

LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN: RIESGO TOXICOLÓGICO

CLEANING AND DISINFECTION: TOXICOLOGICAL RISK

Sebastián Sánchez-Fortún Rodríguez

Dpto. Toxicología y Farmacología, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid.

RESUMEN

La utilización de biocidas para la desinfección de superficies, como las torres de refrigeración, ha llegado a ser un elemento clave para la prevención de enfermedades, como es el caso de la legionelosis. Pero su utilización conlleva asumir una serie de riesgos, tanto para la Salud Pública como para el entorno medioambiental donde las descargas procedentes de los puntos de aplicación pueden provocar profundas alteraciones en el medio acuático. El análisis efectuado en el presente trabajo, acerca de los diferentes parámetros para la evaluación del riesgo que supone la utilización de estos formulados, lleva a la conclusión de que, aún entendiendo que todo biocida podría provocar efectos no deseados sobre los seres vivos y el medioambiente, un correcto equilibrio entre los criterios de eficacia y seguridad es la única pauta viable para prevenir el riesgo toxicológico generado por las necesarias pautas de limpieza y desinfección de estas superficies.

PALABRAS CLAVE: Riesgo toxicológico, desinfección, Salud Pública, Medioambiente.

SUMMARY

The use of biocides for the surfaces disinfection, as cooling towers, has ended up being a key element for the prevention of illnesses, like it is the case of legionellosis disease. But their use bears to assume risks, as much for the Public and Environmental Health where the discharges can cause deep alterations in the aquatic ecosystems. The analysis apply in this work, about the different parameters for the risk evaluation that supposes the use of these formulated, takes to the conclusion that, still understanding that all biocide could cause adverse effects on organisms and environments, a correct balance among effectiveness and security approaches is the only viable rule to prevent the toxicological risk generated by the necessary cleaning and disinfection rules of these surfaces.

KEY WORDS: Toxicological Risk, Disinfection, Public Health, Environment.

INTRODUCCIÓN

Según la Directiva 98/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de febrero de 1998, relativa a la comercialización de biocidas, este grupo queda definido como "sustancias activas y preparados que contienen una o más sustancias activas, presentados en la forma en que son suministrados al usuario, destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo nocivo por medios químicos o biológicos".

En su Anexo V, se engloban bajo el epígrafe de Desinfectantes y Biocidas Generales, de los que reconoce 5 tipos:

TIPO 1: BIOCIDAS PARA LA HIGIENE HUMANA. Los productos de este grupo son los biocidas empleados con fines de higiene humana.

TIPO 2: DESINFECTANTES UTILIZADOS EN LOS ÁMBITOS DE LA VIDA PRIVADA Y DE LA SALUD PÚBLICA Y OTROS BIOCIDAS. Productos empleados para la desinfección del aire, superficies, materiales, equipos y muebles

que no se utilicen en contacto directo con alimentos o piensos en zonas de la esfera privada, pública e industrial, incluidos los hospitales, así como los productos empleados como alguicidas. Las zonas de utilización incluyen, entre otras, las piscinas, acuarios, aguas de baño y otras; sistemas de aire acondicionado; paredes y suelos de centros sanitarios y otras instituciones; retretes químicos, aguas residuales, desechos de hospitales, tierra u otros sustratos (en las áreas de juegos).

TIPO 3: BIOCIDAS PARA LA HIGIENE VETERINARIA. Los productos de este grupo son los biocidas empleados con fines de higiene veterinaria, incluidos los productos empleados en las zonas en que se alojan, mantienen o transportan animales.

TIPO 4: DESINFECTANTES PARA LAS SUPERFICIES QUE ESTÁN EN CONTACTO CON ALIMENTOS Y PIENSOS. Productos empleados en la desinfección de equipos, recipientes, utensilios para consumo, superficies o tuberías relacionados con la producción, transporte, almacenamiento o consumo de alimentos, piensos o bebidas (incluida el agua potable) para seres humanos o animales.

Correspondencia: Sebastián Sánchez-Fortún Rodríguez. Dpto. Toxicología y Farmacología. Facultad de Veterinaria, UCM. Avda. Puerta de Hierro, s/n. 28040 Madrid. Tel. 91 394 38 41. E-mail: fortun@vet.ucm.es

TIPO 5: DESINFECTANTES PARA AGUA POTABLE. Productos empleados para la desinfección del agua potable (tanto para seres humanos como para animales).

Esta posibilidad de aparición de problemas de salud y medioambientales hace que el punto importante en cuanto a la utilización de estos formulados sean los parámetros de elección, es decir, de la amplia gama existente en el mercado cual sería el biocida adecuado para su aplicación en las superficies a tratar.

Está claro que con la utilización de estos biocidas se pretende obtener el máximo beneficio con el mínimo riesgo posible. Pero es igualmente cierto que los biocidas han sido diseñados para "destruir vida", y por tanto sería irreal pensar en uno de ellos que fuera totalmente inocuo. Por ello, la elección de un biocida para su aplicación será un ejercicio de equilibrio entre el beneficio necesario y el riesgo que podamos ser capaces de asumir en su utilización.

Riesgo Toxicológico para la Salud Pública

Para la consecución del máximo de reducción del riesgo que para la salud pública tiene la utilización de estos compuestos, las distintas instancias internacionales tienen elaborada una batería de ensayos toxicológicos, con los que se pretende obtener la información suficiente de cara al modo de actuación toxicológico de cada uno de los principios activos y de los formulados en su conjunto. Así, resulta imprescindible conocer, tanto del compuesto parental como de sus metabolitos, su cinética; los efectos toxicológicos a corto, medio y largo plazo; el posible riesgo por contacto; y los posibles cambios que pudieran provocar acciones mutagénicas, oncogénicas o efectos sobre la reproducción.

Del conjunto de datos toxicológicos recopilados para todos y cada uno de los elementos empleados para esta función, se desprende que la pretendida elección del "desinfectante ideal" resulta al menos comprometida. Si se examinan estos compuestos desde el punto de vista relativo al riesgo para la Salud Pública, el grupo fundamental de principios activos, esto es, los diferentes grupos de surfactantes, resultan estar catalogados como nocivos.

Si el análisis se centra en principios activos ampliamente utilizados en esta función, como son los derivados de cloro, igualmente aparecen signos evidentes de riesgo. Así, un rápido recorrido por las características químicas de elementos como el hipoclorito sódico o el cloro (gas) como tal, pone en evidencia su inclusión en recopilaciones tan prestigiosas como la *European Risk Category* o la *NFPA Health Ranking*, dentro de la categoría de elementos peligrosos para la Salud Pública (Tabla 1).

De igual forma, el análisis de otros principios activos no oxidantes, como el formaldehído y glutaraldehído, revelan esa peligrosidad e incluso pueden llegar a establecer un riesgo de tipo carcinógeno, como es el caso del formadehído según la *IARC* (Tabla 2).

Bajo parámetros similares de riesgo podríamos seguir poniendo ejemplos con el resto de compuestos químicos incluidos en los formulados utilizados para la limpieza y des-

infección de superficies, y así incluir elementos corrosivos (algunos blanqueantes, ácidos, bases, ...), nocivos (preservantes, solventes, fragancias, ...) e incluso añadir algún compuesto carcinógeno más, como es el caso del 1,4-dioxano que se emplea como preservante en estos formulados.

Riesgo para la Salud Medioambiental

A la hora de valorar el posible Riesgo Ambiental de estos compuestos, el punto clave del proceso está basado en predecir la concentración de la sustancia, por debajo de la cual no son de esperar efectos adversos en el compartimento medioambiental de que se trate. Este proceso conlleva a la obtención de aquella concentración que previsiblemente no provocará efectos (PNEC), e igualmente la obtención de la concentración más pequeña capaz de provocar efectos (PEC), de tal forma que se considerará a un compuesto que no representa un riesgo ambiental cuando su relación PEC/PNEC sea menor o igual a 1, o bien puede resultar peligroso para el medioambiente cuando dicha relación sea superior a 1.

En el caso de los compuestos utilizados para la limpieza y desinfección existe además un problema medioambiental añadido, como es el grave riesgo de contaminación de aguas. Estudios realizados en la Unión Europea, acerca de la utilización del agua en los diferentes sectores, indican que el 32 % del agua empleada es dedicada a estas tareas de limpieza y desinfección, frente al 10 % utilizado en agricultura, 10 % para industria, o 14 % para uso público. Estas cifras dan una idea de la verdadera dimensión del riesgo medioambiental provocado por el vertido de estos compuestos al medio acuático.

Por todo ello, y al igual que ocurría en el caso de estudio del riesgo para la Salud Pública, los estudios para establecer el posible impacto ambiental están perfectamente desarrollados, y abarcan desde los estudios de biodegradación, tanto aeróbica como anaeróbica, el poder de bioacumulación de estos compuestos sobre los distintos organismos integrantes de la cadena trófica, y los posibles efectos tóxicos sobre dichos organismos, desde algas hasta la fauna piscícola, pasando por los distintos grupos de crustáceos y organismos presentes en el sedimento.

Descarga de biocidas al medio acuático

Aquellas industrias que prevean realizar descargas de cualquier tipo de biocida al medioambiente, deben tener previsto el potencial de peligrosidad que dicho vertido suponga al medio acuático donde se vierte. Existen diferentes formas de predecir el impacto ambiental, todas ellas encaminadas a determinar si la concentración final en el medio representa un riesgo toxicológico, y por tanto si la utilización del biocida elegido resulta aceptable o no, pero una forma rápida y sencilla podría estar configurado bajo una serie de parámetros que a continuación se analizan.

La **concentración emitida al medio** se define como la concentración de la descarga del producto, en condiciones "7Q10", y expresada en porcentaje. Resulta evidente que, para que este dato resulte útil, es necesario que su obtención se realice cuando el flujo del medio acuático donde va a ser emitido el producto se encuentre bajo

condiciones adversas, es decir, cuando el caudal sea reducido. Es por ello por lo que se aplica el factor "7Q10", que queda definido como la medio de flujo mínimo que soporta el curso de agua en un periodo de 7 días consecutivos, y que representa una media de repetición de una vez cada 10 años. El cálculo de la concentración emitida al medio se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$CEM = \frac{DD}{(7Q10) \times [0.646 + DD]} \times 100$$

El parámetro de **concentración letal** utilizado es aquel que aporta información acerca de aquel valor capaz de provocar la muerte del 50 % de los organismos seleccionados para la prueba, es decir, la Concentración Letal 50 (CL₅₀). Aún siendo un valor útil e imprescindible para los estudios de ecotoxicidad, debe tenerse en cuenta que desde el punto de vista toxicológico es considerada como una prueba *imperfecta*, ya que existe un amplio margen de efectos patológicos entre la ausencia de efecto y la letalidad. Además de todo ello, los resultados de la prueba no pueden considerarse como valores absolutos sino sólo orientativos, no tienen valor de seguridad puesto que no son reproducibles ni entre investigadores ni en repeticiones, no prejuzgan posibles efectos letales a concentraciones inferiores, y no pueden ser extrapolables a especies diferentes. Por tanto, el valor obtenido no puede considerarse como una constante biológica, sino únicamente un valor que por su característica de parámetro único, resulta extremadamente útil para la valoración del efecto agudo de un compuesto sobre determinados organismos. El tiempo de exposición es la principal variable a tener en cuenta en los ensayos, siendo éste variable desde periodos de 24 horas (ensayos con especies como *Artemia salina*), 48 horas (ensayos con *Daphnia spp*), o exposiciones de 96 horas generalmente aplicadas a ensayos con peces. El valor obtenido se expresa normalmente como miligramos/litro.

El **volumen emitido** representa aquel que, en su totalidad, está previsto que pase directamente al cauce receptor. Dicho valor quedará expresado en gramos de producto, por lo que resulta necesario practicar la conversión de volumen a masa.

La necesidad de conocer, por parte de la industria emisora del vertido, el tiempo que transcurrirá desde que el producto ha sido vertido hasta que se degrada totalmente, hace imprescindible establecer un parámetro que aporte información al respecto. Es por ello por lo que se utiliza el valor de vida media, es decir, el tiempo necesario para la degradación del 50 % del producto en el medio receptor. Es este parámetro el principal para el conocimiento del **índice de degradación**, el cual relaciona dicha vida media con el medio mediante la siguiente fórmula:

$$ID = \frac{\ln 2}{VM} = \frac{0.69}{VM}$$

Intimamente relacionado con el índice de degradación aparece el **factor de degradación**, el cual relaciona dicho

parámetro con la estimación de descarga de producto, tanto en el sistema como en el punto de vertido permitido. El factor de degradación es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$FD = \frac{DD}{VOLUMEN} + ID$$

La **concentración de descarga constante** queda definida como aquella concentración final resultante y dependiente del volumen de emisión del producto. Por tanto, es una relación entre los niveles de dosificación al medio por parte de la industria implicada y los valores reales de ese producto en el medio receptor. Para su cálculo resulta necesario conocer el grado de dosificación, expresado en gramos, del producto en un periodo de 24 horas, y la fórmula a aplicar para su obtención sería:

$$CDC = \frac{D}{FD \times VOLUMEN \times 3785}$$

La **concentración en el medio receptor**, expresada en miligramos/litro, es aquella que se produce en el cauce donde ha sido vertido el producto, bajo condiciones de escasa fluidez, es decir, cuando el caudal del medio es el menor previsible dentro de su ciclo. Para la obtención de este dato se relacionan los parámetros ya obtenidos anteriormente acerca de la concentración en el medio receptor, expresado en gramos, y la concentración de descarga constante, mediante la fórmula:

$$CMR = \frac{CDC \times CEM (\%)}{100}$$

Se entiende como **limitación** aquella que ha sido establecida, y por tanto regulada, por los organismos competentes para ello. Por tanto, son límites legales establecidos para cada uno de los compuestos, y serán expresados en miligramos/litro. La limitación está directamente relacionada con la vida media de los compuestos y se expresa bajo el parámetro conocido de la Concentración Letal 50 (CL₅₀), de tal forma que cuando la vida media de un compuesto no supera los 4 días, la limitación se establece como 0.5 x CL₅₀; mientras que si la vida media del producto supera estos 4 días, o simplemente no es conocida, la limitación quedaría como 0.01 x CL₅₀.

Una vez conocidos estos datos, sólo restaría la toma de decisión dependiente del resultado de la valoración, sobre si el compuesto vertido posee la seguridad de que no representará un peligro para el medioambiente. Esta decisión se establece sobre la base de la relación entre la concentración del producto en el medio receptor y las limitaciones legales establecidas, de tal forma que si esta concentración supera los límites establecidos, el compuesto se consideraría inaceptable para su uso.

Características específicas que intervienen en el Riesgo Medioambiental

Independientemente de las características específicas de estos contaminantes, la relación concentración-dependencia juega un importante papel en el riesgo ecotoxicológico. En general se podría indicar que la gravedad del riesgo ambiental está directamente relacionada con el aumento en la concentración del contaminante, y aún admitiendo que esto es así en un gran número de compuestos, los factores antes descritos de bioacumulación y de efectos sobre las poblaciones pueden llegar a variar este concepto. Así, tomando como ejemplo el riesgo ambiental del hipoclorito sódico, analizado en tres tramos de concentración (menor del 2 %, entre 2 y 20 %, y superior al 20 %), nos permite afirmar que, mientras la condición de dependencia respecto a la concentración llega a cumplirse en el daño sobre los recursos vivos, su escasa bioacumulación hace que no exista un aumento del riesgo conforme aumenta la concentración del compuesto (Figura 2).

Si se intenta caracterizar el riesgo ambiental en base a la relación PEC/PNEC, se observa como alguno de los principios activos más utilizados en los formulados, caso de los surfactantes aniónicos (alquil-sulfatos), complejantes (fosfonatos), solventes (butoxietanol), etc. suponen un muy alto riesgo medioambiental, tanto en suelos como en agua o sedimentos. Pero si la relación se intenta en base a los efectos toxicológicos de tipo agudo sobre organismos, el riesgo consignado resulta ser mucho más alto, de tal forma que, salvo pocas excepciones, el riesgo ambiental se movería en los rangos de tóxico, muy tóxico o extremadamente tóxico en los tres compartimentos mencionados.

¿Es posible adoptar una decisión para la elección del desinfectante adecuado?

Una vez analizados estos datos referentes al riesgo, tanto para la salud pública como para el medioambiente, la decisión acerca de cual sería el desinfectante adecuado para utilizar en superficies sigue siendo difícil de tomar, ya que o bien resulta arriesgado su uso para la salud pública, o bien para el medioambiente, o incluso para ambos. Y sin embargo resulta obligado elegir.

Una forma de intentar tomar una decisión acerca del biocida a emplear sería tomar en consideración el riesgo toxicológico inmediato al que se encontrarían expuestas las personas, tanto manipuladores de los compuestos como transeúntes. Para ello, la decisión podría quedar amparada por la clasificación de los distintos principios activos incluidos en los formulados. Sin embargo, cuando se analiza este parámetro aparecen un muy amplio grupo de principios activos sin clasificar, junto con otro porcentaje importante de compuestos que son clasificados como de Clase O, 2, 3, 4 ó 5, lo que evidencia un amplio rango variable de riesgo a asumir con su utilización (Tabla 3). Tampoco la consideración del riesgo toxicológico a medio y largo plazo sobre las personas ofrece una respuesta a la pregunta planteada, ya que en la mayoría de las familias de compuestos incluidos en los formulados aparecen principios activos clasificados como de Clase O, A, B ó D, que igualmente implican un riesgo toxicológico sobre la Salud Pública (Tabla 4). Si además se intenta interrelacionar estos hechos con una toma de decisión acerca del peligro

medioambiental, aparecen porcentajes altos de principios activos incluidos en la clasificación en todas y cada una de las Clases incluidas.

En el caso concreto de elección del biocida apropiado para la limpieza y desinfección de torres de refrigeración, la decisión pudiera esta abalada por los ensayos laboratoriales practicados por distintos autores, y así, los trabajos de Nalepa y col. (2002), y los presentados por Puckorius y Dile (2003) señalan la conveniencia de utilizar biocidas oxidantes halógenos para los tratamientos rutinarios, e hipoclorito sódico para las aplicaciones sobre elementos nuevos; mientras que para los tratamientos de emergencia se reservarían biocidas no oxidantes del tipo isotiazolonas, glutaraldehído o dibromonitripropionamida (DBNPA), aún corriendo el riesgo de aparición de resistencias a corto plazo.

Sin embargo, y fundamentalmente debido a la grave problemática en cuanto a los casos periódicos de legionosis relacionados directamente con estas instalaciones de refrigeración, las propuestas realizadas por estos autores están basadas casi exclusivamente en criterios de eficacia, y por tanto, ¿qué conclusiones se podrían sacar en cuanto a la relación eficacia-seguridad?

Un rápido repaso por los valores límite propuestos para estos compuestos por las distintas organizaciones internacionales, tales como la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), o la NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), pone de manifiesto que hasta el momento presente no se dispone de principios activos capaces de ofrecer una buena eficacia con un máximo de seguridad para la Salud Pública y Medioambiente conjuntamente.

Evaluación medioambiental de principios activos incluidos en preparados para desinfección de torres de refrigeración

A partir de los datos recogidos en la literatura, puede realizarse una aproximación acerca del peligro ambiental que supone el vertido de estos compuesto tras su utilización como desinfectantes de las torres de refrigeración. Bien es verdad que una correcta evaluación conllevaría la utilización de los datos directos pertenecientes a los preparados comerciales, pero al no disponer de ellos, al menos se puede realizar una aproximación con los principios activos incluidos en los preparados.

Con respecto a la **Toxicidad Aguda en Peces**, y tomando como referencia a la trucha arco iris (*Oncorhynchus mikiss*), como especie más utilizada en los ensayos con peces de aguas continentales, los resultados indican un alto riesgo de toxicidad acuática ya que incluso los compuestos menos tóxicos (con base de amonio) resultaron tener una $LC_{50(96)}$ alrededor de 1.2 mg/l. Sin embargo, los dos QUATs estudiados separadamente han presentado un alto grado de toxicidad frente a esta especie. Los biocidas donantes de cloro han demostrado ejercer una extrema toxicidad frente a trucha arcoiris, puesto que son suficientes concentraciones de pocos microgramos para obtener la $CL_{50(96)}$. En parecidos términos se comportaban otros derivados halogenados, con excepción del bromuro

sódico, en el que se establece el dato en aproximadamente 30 mg/l. De algunos principios activos no se poseen datos acerca de la $LC_{50(96)}$ en trucha arco iris, aunque sí sobre otros peces. De entre ellos cabe destacar el resultado obtenido con los silicatos de aluminio y sodio, que presentaron una $LC_{50(96)}$ de 1800 mg/l, es decir, atóxicos, frente a *Poecilia reticulata* y *Gambusia affinis*, respectivamente. El único resultado que presenta una relativa baja toxicidad correspondería a uno de los compuestos resultantes de la degradación del sulfato de tetrakis(hidroximetil) fosfonio, la fosfamina, que presentó una $LC_{50(96)}$ de 100 mg/l, pero sin embargo este compuesto irá acompañado del formaldehído, cuya toxicidad es extremadamente alta. También cabría destacar que el único dato obtenido para el monopersulfato potásico ha sido la $LC_{50(48)}$, la cual se destaca significativamente de los otros datos con concentraciones de 234 mg/l y, aunque no es posible extrapolarlo, puede ser un indicador de que su toxicidad a 96 horas puede ser inferior a la obtenida en trucha arco iris para el resto. Este dato contrasta enormemente con el obtenido para el otro donante de oxígeno estudiado, el peróxido de hidrógeno, el cual se comportaba como extremadamente tóxico para esta especie. Existen grandes diferencias entre los compuestos a base de metales pesados, ya que si bien el nitrato de plata se comporta como extremadamente tóxico, el borax se ha comportado como un producto prácticamente atóxico. Por su parte, los donadores e formaldehído también se presentan como extremadamente tóxicos, al igual que los alcoholes, y los derivados de formol como muy tóxicos. Finalmente indicar que no se han obtenido datos para el efecto del hipoclorito sódico, borato sódico y ácido málico.

En lo referente a la **Toxicidad Aguda sobre *Daphnia magna***, los resultados son muy parecidos, apareciendo un alto grado de riesgo ecotoxicológico, quedando únicamente fuera de este alto riesgo los silicatos de aluminio y sodio, que arrojaron unas concentraciones de 1000 y 494 mg/l, respectivamente para la $EC_{50(48)}$. Todos los QUATs estudiados presentaron un alto grado de toxicidad frente a *Daphnia magna*, pero sobre todo cabría destacar el grado de toxicidad que presenta el WSPC, con una $CE_{50(48)}$ de 0.3 µg/l, lo que representa una gran peligrosidad en las aguas contaminadas con este producto. Algo menos tóxico, pero igualmente peligroso, se presentaba el cloruro de benzalkonio, con la concentración de 39 µg/l. En muy parecidos términos se presentaban los donantes de cloro, y aunque no se disponen de datos acerca de este biosensor para el hipoclorito sódico, la acción ejercida por este compuesto frente a *Brachionus calyciflorus*, sobre el que es capaz de provocar una CE_{50} de 3 µg/l en sólo una hora, hace que su emisión al medio acuático sea muy preocupante. Igualmente resultan peligrosos otros halogenados. Existen grandes diferencias entre los dos donantes de oxígeno estudiados, ya que si el peróxido de hidrógeno se comportaba como extremadamente tóxico, con una $CE_{50(48)}$ de 4.3 µg/l, el monopersulfato potásico no lo era tanto, y había que aumentar la concentración hasta 92 mg/l para ejercer la misma acción. Los metales pesados, alcoholes y los derivados del fenol también resultan extremadamente tóxicos para *Daphnia magna*, y con respecto a los donantes de fenol, aunque no con la virulencia de los anteriores, también presentan un alto grado de toxicidad. Finalmente, existen algunos principios activos de los que no se dispone de datos.

En cuanto a la **Toxicidad Aguda en Algas**, No ha sido posible encontrar suficientes datos que avalen correctamente una evaluación en este sentido. El motivo principal es que los diferentes autores han desarrollado las técnicas de ensayo determinado la IC_{50} a 24 o 96 horas, por lo que sólo se puede realizar una aproximación a las 72 horas estipuladas. Los compuestos amónicos presentaban un alto riesgo para estos organismos, y así se determinó una $IC_{50(96)}$ de alrededor de 0.28 mg/l para *Chlorella pyrenoidosa*, y en parecidos términos aparecía el riesgo ecotoxicológico para el ácido tricloroisocianúrico y formaldehído. Similar grado de toxicidad se presentaba el peróxido de hidrógeno, como lo demuestran estudios realizados en algas del género *Aphanizomenon*, en las que se establecía la CE_{50} a tiempos de exposición de 22 horas, en 0.9 mg/l, y cuando eran expuesta algas de la especie *Oscillatoria rubescens*, solamente eran necesarios 1.75 mg/l para eliminar al 100 % de la población. Sobre hipoclorito sódico, se ha realizado experiencias a muy corto plazo, entorno a los 30 minutos, los cuales demostraron que este producto es extremadamente tóxico para algas, puesto que eran necesarias solamente concentraciones de 170 µg/l para establecer la CE_{50} . Los estudios realizados con borato sódico, sobre algas de la especie *Chlorella vulgaris*, determinaron el valor NOEC y LOEC a 90-120 días, demostrando que estos organismos son igualmente muy susceptibles al compuesto, puesto que fueron establecidos valores de 5.2 mg/l para el primero, y 10.4 mg/l para el segundo. Cuando eran aplicado el borato sódico sobre algas verdes de la especie *Scenedesmus quadricauda* se establecía el límite de seguridad en 0.58 mg/l. No se obtuvieron datos para 5-cloro-2-metil-4-isotiazolin-3-ona, bromuro sódico, DBNPA, nitrato de plata, borax, fosfamina, 2-hidroxibifenilo, bronopol, ácido sulfámico o ácido málico. Los silicatos de aluminio y sodio, por su parte eran menos tóxicos, presentando $IC_{50(96)}$ de 180 y 850 mg/l, respectivamente.

Conclusiones

Por tanto, y como conclusión de todo lo anteriormente dicho, queda claro que la imposibilidad de eliminar estos compuestos de las labores cotidianas de limpieza y desinfección obliga a un ejercicio de responsabilidad por parte de todas las instituciones implicadas, para conseguir un equilibrio entre el riesgo toxicológico a nivel de Salud Pública y Medioambiental para que, manteniendo la eficacia de los formulados autorizados, seamos respetuosos con el medioambiente, preservándolo en las mejores condiciones posibles a las futuras generaciones.

Referencias

- Nalepa et al (2002) "The Control of Bacteria on Surfaces: Effectiveness of Bromine-Based Biocides towards Microbial Biofilms and Biofilm-Associated Legionella Pneumophila." Presented at the 2002 CTI Annual Conference.
- Puckorius and Diehl (2003) "Water Reuse Experiences With Cooling Tower Systems in San Antonio, Texas." Presented at the 2003 Cooling Technology Institute (CTI) Annual Conference.
- Sánchez-Fortún S. y Barahona M.V. (2000) Riesgo toxicológico medioambiental de compuestos activos utilizados para la desinfección de torres de refrigeración. Línea 300, Editorial Complutense, Madrid. 93 pp.

Tabla 1. Evaluación del riesgo toxicológico relacionado con el hipoclorito sódico y el cloro (gas), por parte de distintas organizaciones internacionales.

COMPUESTO	EUROPEAN TOXICITY RISK CODE	EUROPEAN RISK CATEGORY	NFPA HEALTH RANKING
Hipoclorito sódico	 C	3	3
Cloro (Gas)	 TX	1	3

ERC: (1): Extremadamente peligroso; (3): Peligroso

NFPA: (3): Alto

Tabla 2. Evaluación del riesgo toxicológico relacionado con el formaldehído y glutaraldehído, por parte de distintas organizaciones internacionales.

COMPUESTO	EUROPEAN TOXICITY RISK CODE	EUROPEAN RISK CATEGORY	NFPA HEALTH RANKING	IARC Animal/humano	
Formaldehído	 T, CAN	2	3	SI	NO
Glutaraldehído	 Xi	3	3	NO	NO

ERC: (2): Muy peligroso; (3): Peligroso

NFPA: (3): Alto

Tabla 3. Principios activos, incluidos en los formulados para limpieza y desinfección de superficies, clasificados según su riesgo inherente desde el punto de vista de su toxicidad aguda.

GRUPO	CLASE						
	s/c	0	1	2	3	4	5
Surfactantes aniónicos	7%	7%		50%	36%		
Surfactantes no iónicos	57%			31%	12%		
Surfactantes catiónicos	53%	8%		8%	8%	23%	
Surfactantes anfóteros	50%					50%	
Agentes complejantes	17%				33%	33%	17%
Agentes preservantes	20%			10%	20%	50%	
Agentes blanqueantes	20%			60%			20%
Acidos y Bases					100%		
Solventes	67%				11%	11%	11%
Fragancias	100%						

Tabla 4. Principios activos, incluidos en los formulados para limpieza y desinfección de superficies, clasificados según su riesgo inherente desde el punto de vista de su toxicidad aguda.

GRUPO	CLASE						
	s/c	O	A	B	C	D	E
Surfactantes aniónicos	8%	7%				14%	71%
Surfactantes no iónicos	77%						23%
Surfactantes catiónicos	31%	23%				23%	23%
Surfactantes anfóteros							100%
Agentes complejantes	16%			17%		17%	50%
Agentes preservantes	46%		9%			45%	
Agentes blanqueantes	20%	20%				20%	40%
Acidos y Bases							100%
Solventes	67%					33%	
Fragancias	100%						

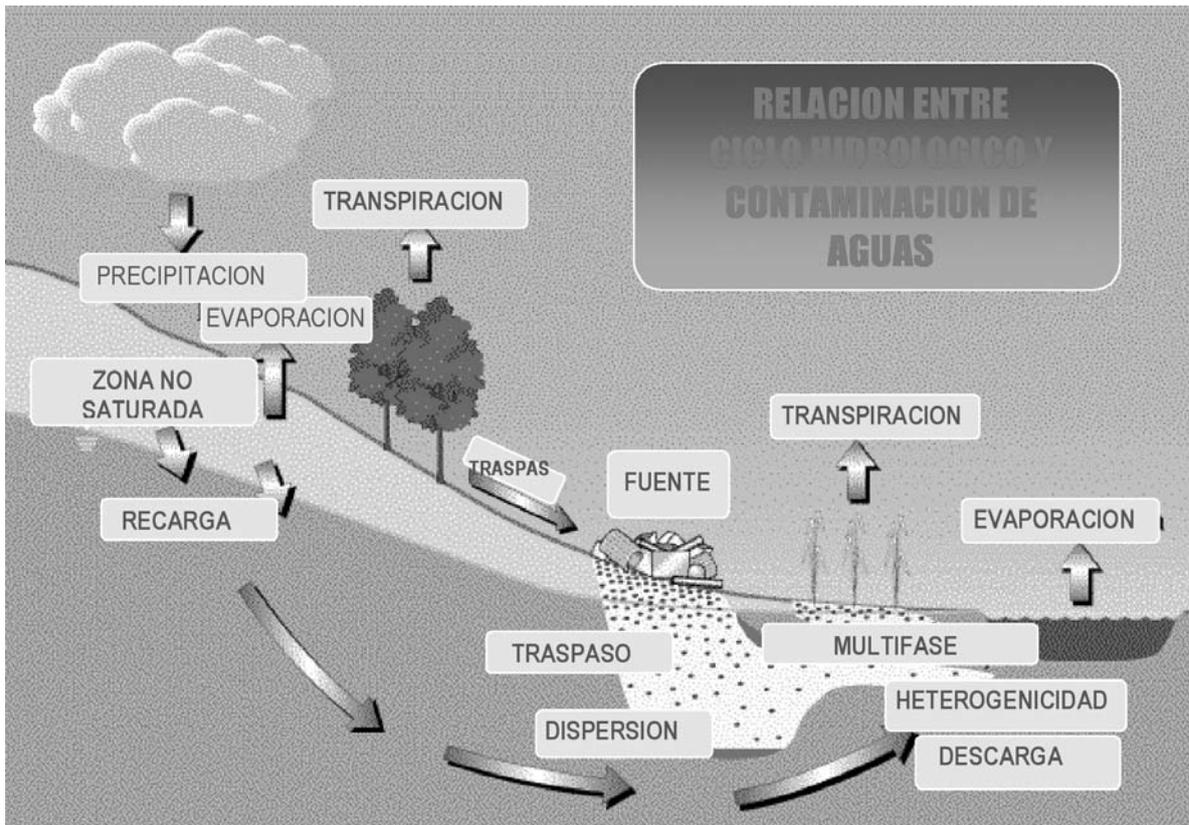


Figura 1. Relación entre el Ciclo Hidrológico y el fenómeno de contaminación acuática.

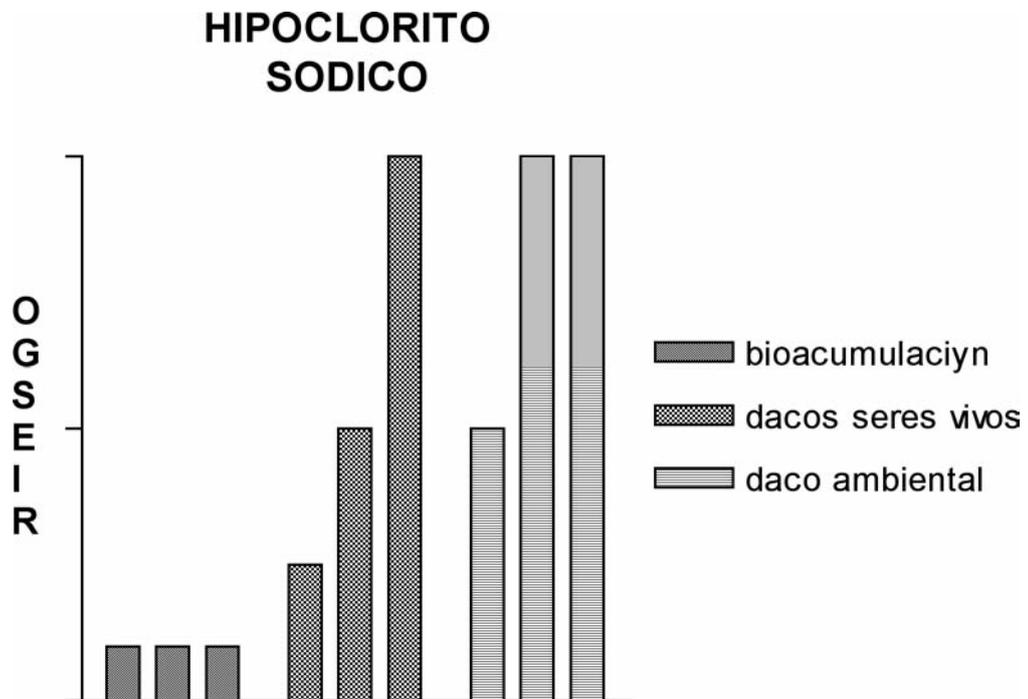


Figura 2. Relación entre el riesgo medioambiental del hipoclorito sódico y la concentración del compuesto en el fenómeno de exposición. Los valores analizados fueron de <math>< 2\%</math>, $2-20\%$ y $> 2\%$ de NaOCl, respectivamente.

ANÁLISIS SOBRE LA NORMATIVA DE LAS AGUAS MINERO-MEDICINALES. POSIBLES TRATAMIENTOS

ANALYSIS OF MINING-MEDICINAL WATERS REGULATION. POSSIBLE TREATMENTS

María del Mar Corral Lledó, Miguel Abolafia de Llanos, Juan Antonio López Geta

Instituto Geológico y Minero de España

RESUMEN

Las aguas minero-medicinales han estado y están presentes en nuestras vidas desde épocas remotas hasta la actualidad, ya que a las mismas se le atribuyen propiedades terapéuticas beneficiosas para el organismo humano. Este hecho, hace que sea trascendente un análisis de la legislación vigente en esta materia (El Real Decreto-Ley de 743/1928, de 25 de abril, por el que se aprueba el Estatuto sobre la explotación de manantiales de aguas minero-medicinales; Ley de Minas de 1973 y el Reglamento que la desarrolla), para determinar los posibles tratamientos a que pueden ser sometidas estas aguas, especialmente en el caso de aparición de la Legionella, o como medida preventiva de la misma. De las diferentes normativas, se deduce que no existe limitación o prohibición alguna en los tratamientos a los que pueden estar sujetas, siempre y cuando no se alteren las características del agua y sus efectos. La Legionella, constituye un nuestros días un motivo de preocupación, por la que Sanidad ha establecido, las pautas a seguir por los establecimientos balnearios para evitar o combatir un posible brote.

PALABRAS CLAVE: aguas minero –medicinales; legislación; tratamientos; Legionella

1. INTRODUCCIÓN

La utilización de las aguas minerales como remedio de enfermedades se remite a las más antiguas civilizaciones debido a la creencia en sus propiedades curativas. Este hecho, unido a la posterior aparición de disciplinas que se han ocupado de investigar el origen y aplicación de estas aguas, han originado su cada vez mayor consideración a nivel popular.

Recientemente, la aparición de la Legionella, bacteria ambiental capaz de sobrevivir en un amplio intervalo de condiciones físico-químicas, ha motivado la preocupación en los titulares de los balnearios y la inquietud en aquellas personas que acuden habitualmente o no, a estos establecimientos.

Aunque el nicho ecológico natural son las aguas superficiales, la Legionella puede proliferar en condiciones

ABSTRACT

The mineral waters have been a part of our lives for many centuries, since they are believe to be beneficial and to have therapeutic properties for the human health. This fact makes a key issue to provide an analyses of the current legislation on this issue (Royal Decree-Law 743/1928, April 25th, that aproves the statute on exploitation of spring of mineral and medicinal water; Mining Law of 1973 and its regulations), in order to determine the treatments that may be applied to these watersm meanly in the case of Legionella appearance, or as preventive maesure of it. The results of this analysis shows that there is no limitation or prohibition in the treatments to what they may be subjected, as long as their physico-chemical characteristic remains altered. Contamination by Legionella bacterium, is nowadays an issue of concern, and that is reason why Public Health Authority has established the quidelines to apply for spas in order to avoid or fight a possible outbreak.

KEY WORDS: Mineral waters; legislation; treatments; Legionella.

adecuadas de temperatura, multiplicándose y dispersándose al aire, penetrando por inhalación en el sistema respiratorio humano (R.D. 856/2003, de 4 de julio).

Por tanto, deben de tomarse las medidas necesarias para la prevención de la legionelosis, sin que se produzcan alteraciones en las propiedades terapéuticas de las aguas minero-medicinales, que constituyen la base en la que se asienta la industria balneoterápica.

2. NORMATIVA ESTATAL SOBRE AGUAS MINERALES

A lo largo de la historia, se han producido cambios en las normativas, asociados al proceso evolutivo que ha ido experimentando el propio concepto de agua mineral y el bienestar socio-económico que proporciona. Los primeros recursos hidrominerales que tuvieron consideración oficial fueron las aguas minero-medicinales, a través de

un edicto de Enrique IV en el año 1604, si bien con anterioridad existieron algunas reales órdenes, pero dictadas para casos muy concretos (Baeza *et al*, 2001).

En España, podría decirse que la normativa sobre aguas minerales arranca con el Reglamento de Baños y Aguas Mineromedicinales de 28 de marzo de 1817, modificado por los Reglamentos de 1834, 1874 y el Real Decreto de 18 de abril de 1927; sin embargo todos ellos regulaban parcialmente y de forma confusa las aguas minero-medicinales. Finalmente, en abril de 1928 aparece un marco legislativo, el Real Decreto-Ley 743/1928 por el que se aprueba el Estatuto sobre explotación de manantiales de aguas minero-medicinales, en el cual se regula con carácter general esta aguas.

Respecto a las aguas de bebida envasadas, la primera normativa estatal que recoge los distintos tipos de aguas existentes en Europea es de 1981, cuando aparece la Reglamentación Técnico Sanitaria. No obstante, transcurrieron 5 años desde la entrada de España en la Comunidad Europea en adaptar nuestra legislación, como consecuencia del obligado cumplimiento de todos los países miembros de la Directiva Comunitaria 80/777 que regula las aguas minerales naturales, posteriormente modificada por la Directiva 96/70/CE de 28 de octubre de 1996. Con este motivo, en España aparece el Real Decreto 1164/1991 de 22 de junio, por el que se aprueba la "Reglamentación Técnico Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de las aguas de bebida envasadas" que deroga a la de 1981. Esta reglamentación fue modificada por el RD 781/1998 de 30 de abril.

Una importante etapa en la evolución de la normativa española, viene marcada por la asunción de competencias por las Comunidades Autónomas. En aplicación de dicha competencia, hasta ahora cuatro Comunidades de las 17 que conforman el territorio español (Cantabria, Castilla-La Mancha, Extremadura y Galicia) han establecido su propia legislación en esta materia, a partir de la Ley de bases, que en la actualidad es la Ley de Minas (Corral *et al*, 2005).

En la actualidad los textos vigentes en materia de aguas minerales son los siguientes:

- Real Decreto Ley 743/1928, de 25 de abril, por el que se aprueba el Estatuto sobre explotación de manantiales de aguas minero-medicinales (Gaceta de Madrid, de 26 de abril de 1928).
- Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.
- Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería.
- Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso para la elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas.
- Real Decreto 1744/2003, de 19 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso para la elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas.

La Ley 22/1973, de Minas y el Reglamento General para el Régimen de la Minería, cuando regula las aguas minerales y termales las clasifica y define como:

- Aguas Minero-Medicinales: las alumbradas natural o artificialmente que por sus características y cualidades, sean declaradas de utilidad pública.
- Aguas Minero-Industriales: aquellas que permiten el aprovechamiento racional de las sustancias que contengan, entendiéndose incluidas en este grupo las aguas tomadas del mar a estos efectos.
- Aguas Termales: aquellas cuya temperatura de surgencia sea superior, al menos, en cuatro grados centígrados a la media del lugar donde se alumbren, siempre que en caso de destinarse a usos industriales, la producción calorífica máxima sea inferior a 500 termias por hora.

El Real Decreto 1074/2002, por el que se regula el proceso para la elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas, en su artículo 2 define dos tipos más de aguas minerales:

- Mineral Natural: son aquellas bacteriológicamente sanas, que tengan su origen en un estrato o yacimiento subterráneo y que broten de un manantial en uno o varios puntos de alumbramiento naturales o perforados.
- De Manantial: son las potables de origen subterráneo que emergen espontáneamente en la superficie o se captan mediante labores practicadas al efecto, con las características naturales de pureza que permitan su consumo.

Como se puede apreciar, en la clasificación establecida en la Ley de Minas no están contempladas las aguas de bebida envasadas (agua mineral natural y de manantial), debido a que en 1973 fecha en la que se promulgó esta ley, no existían en el mercado español; no obstante, su propia reglamentación en los art. 17.a)3. y 18.a)2., las remite a la Ley de Minas, por considerarse ambas aguas minerales y por tanto sujetas a su cumplimiento.

3. NORMATIVA EN MATERIA DE AGUAS MINERO-MEDICINALES

De las diferentes normativas que rigen el sector de las aguas minerales, la legislación estatal vigente en materia de aguas minero-medicinales es:

- Real Decreto Ley 743/1928, de 25 de abril, por el que se aprueba el Estatuto sobre explotación de manantiales de aguas minero-medicinales
- Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.
- Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería.

Quedan excluidos del ámbito de aplicación a este tipo de aguas minerales, el Real Decreto 1074/2002 y su modificación R.D. 1744/2003, ya que ambos solo hacen referencia a las aguas de bebida envasadas.

3.1. REAL DECRETO LEY 743/1928

El Real Decreto-Ley de 743/1928, de 25 de abril, por el que se aprueba el Estatuto sobre la explotación de manantiales de aguas minero-medicinales, sigue vigente en la actualidad, ya que la Ley de Minas de 1973 aunque posterior, solo deroga en su disposición final quinta el Título I "De la propiedad de las aguas minero-medicinales y de sus derechos y obligaciones"; el Título III "Del expediente sobre la declaración de utilidad pública y demás trámites que han de proceder a la explotación de aguas minero-medicinales"; y el artículo 77 sobre multas y sanciones por el cambio de uso de la explotación o abandono y cierre, sin autorización previa. Por el contrario, respeta los derechos adquiridos por la Ley 743 de 1928 y en consecuencia las aguas declaradas hasta esa fecha, siguen siendo de propiedad privada.

Como la propia exposición de motivos del Real Decreto-Ley de 1928 señala, éste surge por la necesidad de refundir y recopilar en un único texto toda la legislación vigente que sobre balnearios y aguas minero-medicinales existían, ya que hasta ese momento solo se había legislado de una forma incompleta y a retazos. Por tanto, es el primero texto legal que regula con carácter general dichas aguas.

Los principales aspectos que contempla, algunos de ellos derogados en la actualidad son:

- Crea la figura del perímetro de protección y establece la expropiación forzosa de los terrenos necesarios para la salvaguardia del manantial.
- Regula el uso de las marcas, envases y etiquetas en la explotación de aguas minero-medicinales.
- Fija los trámites a seguir para la declaración de utilidad pública y demás trámites que han de proceder a la explotación.
- Marca las normas de asistencia médica en los establecimientos balnearios y el régimen de estos.
- Establece la inspección sanitaria en los balnearios y plantas embotelladoras.
- Instaure medidas para la mejora y fomento de la riqueza hidromineral.

3.2. LEY DE MINAS Y SU REGLAMENTO

Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas y Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería, constituyen la norma fundamental en materia de aguas minerales, siendo su aplicación de ámbito estatal, por ello, aunque las Comunidades Autónomas en virtud de la aplicación de la Constitución Española tienen transferidas sus competencias, sin embargo no puede legislar en contraposición a esta ley. Regula aspectos tan importantes como:

Las normas para obtener la condición de mineral de una aguas determinadas, así como para su posterior autorización de aprovechamiento como tales.

Los plazos máximos para su puesta en explotación.

Los derechos u deberes de los titulares de los aprovechamientos de aguas minerales.

Crea la figura de caducidad para las concesiones de explotación.

4. CALIDAD DE LAS AGUAS MINERO-MEDICINALES

Al contrario que para las aguas de bebida envasadas, la Unión Europea no ha promulgado ninguna Directiva sobre la calidad de las aguas minero-medicinales ni sobre su composición físico-química. Este hecho es lógico, ya que a este agua se le atribuyen diferentes propiedades terapéuticas, precisamente en función de su propia naturaleza, por tanto no deben ponerse limitaciones a los parámetros esenciales que la caracterizan. Quizás sería razonable establecer a nivel europeo sistemas de control de calidad que marquen una periodicidad mínima, para salvaguardar los efectos beneficiosos que esta agua presentan.

En España, la Ley de minas de 1973 y el Reglamento que la desarrolla tampoco hacen referencia al control de calidad de las aguas, una vez han sido declaradas como minero-medicinales.

Por tanto, a nivel estatal, la única referencia legal vigente es el Real Decreto-Ley del 1928, el cual de manera somera hace referencia en su articulado a algunos aspectos relacionados con la calidad de las aguas. Así, el art. 66 indica que cada diez años deberá girarse visita al balneario para realizar un análisis de sus aguas, y el art. 57 señala que anualmente se deberá disponer de la clasificación química de las mismas. Probablemente tiene una mayor relevancia el art. 58 que pone de manifiesto la necesidad de la permanencia de la naturaleza y virtudes de las aguas, a fin de que las medicaciones hidro-minerales den el resultado apetecido.

El análisis de la legislación sobre la calidad de las aguas minero-medicinales deja entrever que el aspecto más importante es que se mantengan las propiedades terapéuticas que se le suponen al agua y que motivaron su declaración de utilidad pública. Aunque se hace referencia a la permanencia en la naturaleza y características (clasificación química del agua), no impone que la composición físico-química deba de mantenerse constante, siempre y cuando las acciones terapéuticas si lo sean.

Cabe destacar que a nivel estatal existe una carencia en la periodicidad con la cual deben realizarse los controles de calidad. Una excepción, la constituye la legislación gallega que según la Orden de 5 de noviembre de 1995, por la que se regula la autorización sanitaria de los establecimientos balnearios de dicha comunidad, establece en el punto 6 del anexo I los controles, señalando que anualmente se realizarán analíticas microbiológicas y físico-químicas por un laboratorio autorizado o acreditado.

POSIBLES TRATAMIENTOS

Es un error muy común, creer que las aguas minero-medicinales están sujetas al cumplimiento de lo establecido en el Real Decreto 1074/2002, y su modificación el Real Decreto 1744/2003, por el que se regula el proceso para la elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas,

en el cual se fija que en las aguas minerales naturales y las de manantial, sólo podrán permitirse determinados tratamientos como:

- La separación de elementos naturales inestables, tales como los compuestos de azufre y hierro, por filtración o decantación, precedida, en su caso, de oxigenación.
- La separación de los compuestos de hierro, manganeso y azufre, así como el arsénico por aire enriquecido con ozono.

Por el contrario, al realizar un análisis de la legislación vigente sobre aguas minero-medicinales, choca que no se haga referencia en ninguno de los artículos tanto de la Ley de Minas y el Reglamento que la desarrolla, como en la Ley de 1928 a los posibles tratamientos a los que pueden ser sometidos este tipo de aguas o aquellos otros que se prohíben. No obstante, conviene recordar que aunque no exista limitación alguna, las características del agua y sus efectos, no pueden descender por debajo de los límites bajo los cuales desaparecen las propiedades terapéuticas que las han definido como tal (Ladislav Melioris, 2000).

Una de las cuestiones que suscita una mayor problemática actualmente, es la aparición de la *Legionella* en los establecimientos balnearios, así como los procedimientos posibles para su prevención o destrucción de forma fácil y eficaz. A este respecto, el Real Decreto 865/2003, de 4 de Julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis, indica en su art. 2 que el ámbito de aplicación se extenderá a las instalaciones que utilicen agua en su funcionamiento, produzcan aerosoles y se encuentren ubicadas en el interior o exterior de edificios de uso colectivo, entendiéndose por tanto, incluidos a los establecimientos balnearios.

En dicho Real Decreto, se especifican las medidas preventivas y programas de mantenimiento de las instalaciones, la necesidad de inspecciones sanitarias y controles de calidad. También señala la posibilidad de utilización de tratamientos que constan de dos fases: un primer tratamiento de choque seguido de un tratamiento continuado.

En el caso de brote de legionelosis, el tratamiento de choque puede consistir en una desinfección con cloro o bien desinfección térmica. Dentro de los métodos de tratamiento de las instalaciones, el Real Decreto recoge que podrá utilizarse cualquier desinfectante que para tal fin haya autorizado la Dirección General de Salud Pública, y sistemas físicos y físico-químicos que aunque no precisen autorización específica, deben de ser de probada eficacia frente a la *Legionella*.

El método más idóneo para aplicar en los balnearios sería el sistema físico, entendiéndose por el mismo al procedimiento de desinfección basado en la aplicación de equipos de filtración adecuados para la retención de bacterias, aplicación de radiación ultravioleta, aumento de la temperatura o cualquier otro sistema utilizado con el fin de retener o destruir la carga bacteriológica de agua sin introducir productos químicos ni aplicar procedimientos electroquímicos. Este es el más apropiado, ya que no

hay que olvidar la necesidad y obligatoriedad de conservar los efectos terapéuticos atribuidos al agua minero-medicinal.

6. CONCLUSIONES

Se dispone en la actualidad de tres normativas a nivel estatal en materia de aguas minero-medicinales: Real Decreto Ley 743/1928, de 25 de abril, por el que se aprueba el Estatuto sobre explotación de manantiales de aguas minero-medicinales; Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas; y Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería. En ellas se regulan los diferentes aspectos relativos a las aguas minero-medicinales.

El análisis de dichas normativas, refleja que no se hace referencia a los controles de calidad que deberían llevarse a cabo, ni los posibles tratamientos o limitaciones impuestas a los mismos, no obstante evidencia la importancia de la conservación de las propiedades terapéuticas que propiciaron la declaración de utilidad pública.

El Ministerio de Sanidad y Consumo promulgó un Real Decreto para la prevención y control de la legionelosis, en el cual se contemplan medidas de prevención, programas de mantenimiento y posibles tratamientos. En el caso de los establecimientos balnearios deben tomarse especiales precauciones para que los procedimientos seleccionados no supongan una merma en la naturaleza propia del agua minero-medicinal. Por este motivo, los métodos más idóneos son los sistemas físicos, ya que no introducen productos químicos que puedan alterar las características de estas aguas.

BIBLIOGRAFÍA

- Real Decreto 865/2003, de 4 de Julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. BOE núm 171, de 18 de julio.
- Baeza, J., Durán, J.J., y Cuchí, J.A. Las Aguas Minerales en España. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid; 1995.p 21-31.
- Real Decreto-Ley 743/1928, de 25 de abril, por el que se aprueba el Estatuto sobre explotación de manantiales de aguas minero-medicinales. Gaceta de Madrid, de 26 de abril de 1928.
- Corral Lledó, M.M., Baeza J. y López Geta, J.A.. Síntesis y aplicación de la legislación estatal en materia de aguas minerales. VI Simposio del Agua en Andalucía. Tomo II, pp 1377-1386. NIPO 657-05-017-2. ISBN tomo II 84-7840-578-X. ISBN obra completa 84-7840-579-8.
- Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas. BOE núm 189, de 24 de julio.
- Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería.
- Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso para la elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas. BOE núm 259, de 29 de octubre.
- Real Decreto 1744/2003, de 19 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso para la elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas. BOE núm 312, de 30 de diciembre.

CAPACITACIÓN DEL PERSONAL QUE REALIZA LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO HIGIÉNICO-SANITARIO DE LAS INSTALACIONES DE RIESGO FRENTE A LEGIONELLA

PROFESSIONAL TRAINING FOR HYGIENIC AND SANITATION MAINTENANCE OF SYSTEMS AND EQUIPMENTS WITH RISK OF LEGIONELOSIS

Milagros Fernández de Lezeta Sáez de Jáuregui

Directora General de ANECPLA

RESUMEN

La formación del personal técnico dedicado a las tareas de mantenimiento, limpieza y desinfección de equipos e instalaciones de riesgo frente a *Legionella* requiere una revisión y actualización que debe ser realizada teniendo en cuenta el tipo de tareas desempeñadas y conocimientos exigidos para su desarrollo.

En este artículo se hace un análisis sobre la formación actual y se proponen diferentes niveles de capacitación en base a los criterios y experiencia que ANECPLA posee en materia de formación y conocimiento de las habilidades que se tienen que desarrollar en el trabajo de prevención y control de legionelosis.

PALABRAS CLAVE: *Legionella*, formación, personal técnico, revisión y adecuación, niveles de capacitación

INTRODUCCIÓN

La formación del personal técnico de las empresas de servicios de control de plagas se reguló en el año 1994. En aquellos momentos no existía una demanda de los servicios para la prevención y control de la legionelosis por lo que en los programas de los diferentes cursos no se incluyeron contenidos sobre la desinfección de las instalaciones en las que puede producirse la proliferación y diseminación de legionella.

Es a partir de los brotes de Alcalá de Henares y de Murcia cuando la legionelosis se manifiesta como una enfermedad importante y surge la necesidad de solicitar los servicios de las empresas DDD para realizar el mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones de riesgo.

ANECPLA, Asociación Nacional de Empresas de Control de Plagas, formada por más 260 empresas del sector

SUMMARY

Training for technicians in charge of maintenance, cleaning and disinfection of the equipment and installations that could be amplify and spread *Legionella* need to be checked and updated. This revision must to be done keeping with the kind of tasks performed and requested knowledges for technicians.

In the following lines there is an analysis about the present training and ANECPLA proposes different levels based on its training experience and skills need by technicians to prevent and control legionnaires' disease.

KEY WORDS: *Legionella*, training, technicians, checked and updated, different levels.

de servicios biocidas, constituye en el año 1997 un Grupo de Trabajo, integrado por expertos en materia de prevención y control de la legionelosis, cuyo objetivo es colaborar con la autoridad sanitaria en el desarrollo legislativo y definir una formación específica para especializar, en este campo, a las empresas del sector.

En 1999, ANECPLA comienza a organizar los primeros cursos para especializar a las empresas de servicios de control de plagas en el control y prevención de la legionelosis. En ese momento no existía una normativa estatal sobre procedimientos de actuación, ni formación específica homologada, ni desinfectantes específicamente autorizados contra legionella, ni tampoco un sector reconocido para efectuar este tipo de servicios. El programa se diseña en base a la experiencia multidisciplinar de los componentes del Grupo de Trabajo y se envía al Ministerio de Sanidad y Consumo para su futura homologación.

Con la publicación de la Orden SCO/317/2006 se regula la formación del personal que realiza las operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones de riesgo. Esta norma establece un único curso, con una duración de 25 horas (posteriormente ampliado hasta 30 horas en algunas Comunidades Autónomas), que capacita por igual a todo el personal técnico.

DISCUSIÓN

Hasta la fecha, ANECPLA ha organizado más de 50 cursos de Capacitación del personal que realiza las operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones de riesgo frente a legionelosis, formando aproximadamente a 1200 alumnos, en 12 Comunidades Autónomas.

Como resultado a esta experiencia, consideramos que si bien la Orden SCO/317/2003 ha servido para cubrir el vacío formativo que existía hace unos años, es necesaria su modificación para adaptar la formación a las funciones y/o responsabilidades que se infieren del Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

En base a la descripción de las tareas y responsabilidades que se tienen sobre las operaciones realizadas, ANECPLA propone 3 niveles formativos:

- Nivel 1- Responsable técnico
- Nivel 2- Técnico de operaciones higiénico-sanitarias
- Nivel 3- Auxiliar de operaciones

Nivel 1- Responsable técnico

Corresponderán al Responsable Técnico las siguientes funciones:

- * Establecer el Programa de mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones de riesgo, adecuarlo a la situación de partida, verificar su ejecución, determinar las medidas correctoras y fijar los medios para su ejecución
- * Definir y supervisar la gestión documental y adoptar las medidas de prevención de riesgos laborales y medioambientales.

Para poder desarrollar estas funciones, el curso de capacitación para este nivel tiene que incluir los siguientes contenidos formativos:

- 1) Importancia sanitaria de la legionelosis
- 2) Química general del agua, parámetros fundamentales, tipos de aguas, calidad del agua.
- 3) Ámbito legislativo y competencias (legionelosis, instalaciones, biocidas, prevención de riesgos laborales, normativa medioambiental, etc.)
- 4) Criterios generales de limpieza y desinfección
- 5) Sistemas y productos químicos utilizados (composición, modos de actuación, etc.)

- 6) Instalaciones de riesgo: diseño, funcionamiento y modelos.
- 7) Metodología de planes de control de puntos críticos
- 8) Programas de control de las instalaciones de riesgo basados en el APPCC: Identificación de puntos críticos. Elaboración de programas de control. Sistema de evaluación y medidas de corrección.
- 9) Salud pública y salud laboral. Identificación y prevención de riesgos para la salud en el mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones.
- 10) Almacenamiento y transporte de productos químicos. Gestión de residuos y envases.
- 11) Prácticas

Nivel 2- Técnico en operaciones higiénico-sanitarias

Su función será la ejecución del Programa de mantenimiento higiénico-sanitario definido por el Responsable Técnico.

Entre otras, realizará las siguientes tareas:

- * Limpieza de las instalaciones
- * Aplicación y manipulación de desinfectantes y otros productos químicos
- * Mantenimiento preventivo: revisión de equipos de dosificación, equipos de purgas automáticas de conductividad, filtros, elementos mecánicos, etc.
- * Recogida de muestras
- * Medición residual biocida y parámetros físico-químicos in situ
- * Revisión general del estado higiénico de la instalación

El curso de formación constará de los siguientes contenidos:

- 1) Importancia sanitaria de la legionelosis
- 2) Ámbito legislativo
- 3) Criterios generales de limpieza y desinfección
- 4) Salud pública y salud laboral
- 5) Instalaciones de riesgo
- 6) Identificación de puntos críticos. Elaboración de programas de control
- 7) Prácticas

Nivel 3- Auxiliar de operaciones

Incumben a este nivel las *funciones* de: mediciones, registros y acciones periódicas que, definidas en el Programa de mantenimiento higiénico-sanitario y tuteladas por el nivel 1 ó 2, no requieran especialización y sí conocimientos mínimos.

- * Medición y registro residual de biocida diario
- * Medición y registro de temperatura diaria
- * Apertura de puntos terminales semanal
- * Purga de instalaciones (válvulas de drenaje de tuberías, fondo de acumuladores, etc.)

Los *contenidos* formativos necesarios son:

- 1) Conocimientos generales legionella y legionelosis
- 2) Instalaciones de riesgo
- 3) Biocidas
- 4) Salud Pública y Salud Laboral
- 5) Legislación
- 6) Prácticas

La formación en materia de prevención y control de la legionelosis, debe contemplar, además de los aspectos regulados por la autoridad sanitaria, el reconocimiento profesional que se establece en la Ley Orgánica 5 /2002, de

19 de marzo, de las Cualificaciones y de la Formación Profesional e integrar estos puestos de trabajo en el Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales (CNCP).

En base a los criterios que se tienen en cuenta en la elaboración del CNCP (competencias, entorno profesional, etc.) y considerando todo lo anteriormente expuesto, se incluirán en dicho Catálogo los niveles 1 y 2, mientras que para el nivel 3 no procede su reconocimiento profesional al no ser el desarrollo de las tareas descritas su función principal, sino que estas constituyen una parte limitada de las funciones que desempeña en su puesto de trabajo.

Por lo tanto, será a través del Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales donde se definirán las competencias generales, unidades de competencia, entornos profesionales y formaciones asociadas para el Responsable técnico y para el Técnico en operaciones higiénico-sanitarias para la prevención y control de la legionelosis.

En cuanto al Auxiliar de operaciones, proponemos un curso, de 6,30 h de duración, con el siguiente programa:

- Conocimientos generales legionella y legionelosis (1 h.)
- Instalaciones de riesgo (2 h.)
- Biocidas (1 h.)
- Salud Pública y Salud Laboral (1 h.)
- Legislación (1/2 h.)
- Prácticas (1 h.)

Agradecimientos: ANECPLA agradece a todos los integrantes del Grupo de Trabajo de Legionella su colaboración en la elaboración del presente artículo.

SITUACIÓN DE LAS EMPRESAS DE MANTENIMIENTO HIGIÉNICO-SANITARIO DE INSTALACIONES DE RIESGO DE LEGIONELOSIS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

SITUATION OF THE COMPANIES OF HYGIENIC MAINTENANCE OF FACILITIES OF RISK OF LEGIONELOSIS IN MADRID

Consuelo de Garrastazu Díaz

Dirección General de Salud Pública y Alimentación. Comunidad de Madrid.

RESUMEN

El control del mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones de riesgo de legionelosis se verifica a través de tres tipos de actuaciones: las notificaciones de torres de refrigeración y condensadores evaporativos, el registro de las empresas que realizan estos tratamientos a terceros y la formación reglada del personal que realiza los mismos. Además, mediante la inspección sanitaria se verifica el correcto funcionamiento de este mecanismo de de vigilancia y control.

En relación con las empresas que realizan el mantenimiento higiénico-sanitario, y realizado un análisis temporal frente a otras empresas de servicios biocidas, se ha constatado que se trata básicamente de las que ya realizaban servicios de control vectorial (empresas DDD). En la Comunidad de Madrid y frente a los criterios adoptados por otras comunidades autónomas, se exige que estas empresas cuenten con almacén propio o subcontratado o bien que justifiquen una gestión adecuada de producto, de manera que siempre esté bajo la supervisión y control del personal especializado para su utilización. Asimismo, se exige que estas empresas cuenten con un Director Técnico, que se responsabilice de los procedimientos de actuación y tratamientos realizados. En cuanto a la realización de tratamientos por parte de empresas registradas en otras comunidades autónomas, actualmente no se insta al registro de éstas en Madrid si no disponen de domicilio social o industrial, pudiendo realizar el mantenimiento siempre que dicha actividad esté debidamente registrada en la comunidad autónoma donde estén ubicados.

La Comunidad de Madrid está homologada por el Ministerio de Sanidad y Consumo para la autorización de cursos de formación de personal que realiza operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario de instalaciones de riesgo de Legionella, contando en la actualidad con 26 cursos autorizados. El seguimiento de estos cursos se realiza mediante la exigencia de una notificación previa a la celebración de ediciones y la realización de inspecciones y auditorías a los centros docentes.

PALABRAS CLAVE: Legionella, empresas biocidas, Director Técnico, cursos autorizados.

SUMMARY

The control of the hygienic maintenance of the facilities of legionellosis risk is verified through three types of performances: the notifications of cooling towers and evaporative condensers, the registry of the companies that make these treatments and the regulated formation of the personnel who makes these. In addition, by means of the sanitary inspection the correct operation of this mechanism of monitoring and control is verified.

In relation to the companies that make the hygienic maintenance, it has been made a temporary analysis front to other companies of biocidas services, being stated that is basically that already they made biocide control services (companies DDD). In the Community of Madrid and as opposed to the criteria adopted by other communities, it is demanded that these companies count on warehouse own or subcontracted or that justify an adapted product management, so that it is always under the supervision off personnel specialized for his use. Also, it is demanded that this companies have a Technical Director, who takes responsibility of the procedures of performance and made treatments. In whatever to the accomplishment of treatments by part of companies registered in other communities, at the moment is not necessary registry of these in Madrid if they do not have social or industrial address, being able to make the maintenance if this activity is properly registered in the community where they are located.

The Community of Madrid is accredited for the authorization of courses for personnel who conducts operations of hygienic maintenance of facilities of risk of Legionella, counting at the present with 26 courses authorized. The pursuit of these courses is made by means of the exigency of a previous notification to the edition celebration and the accomplishment of inspection and audit to the teaching institutions.

KEY WORDS: Legionella, biocides companies, Technical Director, courses authorized

En base a lo dispuesto en el R.D. 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis, el control a nivel de las diferentes comunidades autónomas del mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones de riesgo de legionelosis, se realiza actualmente a través de tres procesos administrativos: Las notificaciones de torres de refrigeración y condensadores evaporativos, la inscripción de las empresas de servicios que aplican desinfectantes de instalaciones de riesgo de legionelosis en el Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Plaguicidas (Biocidas) y mediante la autorización de los cursos de formación del personal que realiza mantenimiento higiénico-sanitario de estas instalaciones.

Paralelamente a la gestión de dichos procesos administrativos, la Comunidad de Madrid, a través del Instituto de Salud Pública, verifica la adecuación de dichos tratamientos a través de la planificación y ejecución de un programa de actuaciones que en cuanto al seguimiento de las empresas de servicios contempla:

- a.- La realización de inspecciones a demanda derivadas de procedimientos de asentamiento registral,
- b.- La realización de inspecciones programadas para verificar el correcto funcionamiento de estas empresas,
- c.- Y, la verificación indirecta de dicho funcionamiento a través de las inspecciones de las propias instalaciones de riesgo de legionelosis

Datos recientes del Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Plaguicidas, arrojan valores de un total de 371 empresas de servicios biocidas actualmente inscritas en la Comunidad de Madrid, de las cuales 141 realizan tratamientos tanto de control vectorial (DDD) como de tratamiento de desinfección de instalaciones de riesgo de legionelosis, limitándose a 63, las empresas que se especializan exclusivamente en materia de legionella.

Realizado un análisis temporal de las empresas de servicio que realizan estos tratamientos de una manera exclusiva o junto con la realización de tratamientos DDD (Figura 1.), se observa una escasa especialización y un crecimiento del número de empresas que realizan los dos tipos de actividad.

En cuanto a la gestión de este registro, tres son los aspectos más relevantes que diferencian los criterios de actuación de las diferentes comunidades autónomas; en concreto la exigencia o no de contar con un almacén para los productos que se utilizan en los tratamientos así como para los posibles residuos generados de los tratamientos realizados; la necesidad de que estas empresas de Servicios cuenten con un Director Técnico que se responsabilice de los tratamiento realizados por la empresa; y la realización de tratamientos por parte de empresas de servicios no registrados en la misma comunidad autónoma donde van a ser realizados estos.

En la Comunidad de Madrid las Empresas de Servicios deben contar bien con un almacén propio, con la preceptiva licencia municipal de apertura como actividad calificada, principal inconveniente para poder dar de alta esta actividad, o bien, subcontratar éste con un almacén autorizado (acuerdo de utilización de las instalaciones entre el titular del almacén autorizado y la empresa de servi-

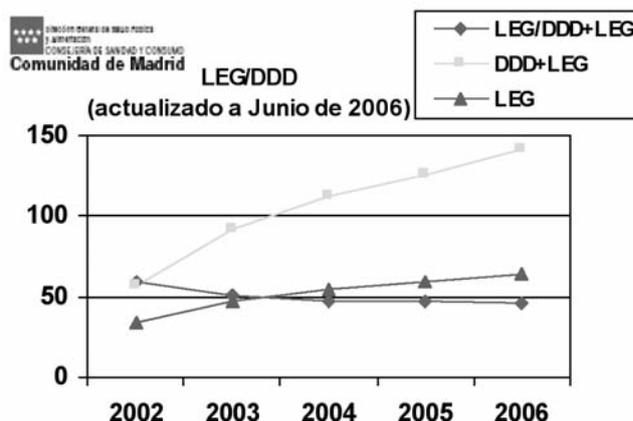


Figura 1.

cios). Además en estos casos, y por la peculiaridad de estos tratamientos y la escasa peligrosidad de los desinfectantes utilizados, también se contempla la posibilidad que no contando la empresa con un almacén ni propio ni subcontratado, presente justificación de una gestión adecuada de estos productos. Dicha adecuación se alcanza cuando se garantice el no almacenamiento de productos en oficinas, medios de transporte u otras instalaciones no autorizadas, realizándose el suministro directo de los productos a utilizar desde el proveedor al titular de la instalación y manteniendo éstos de manera adecuada hasta su uso; así como una gestión adecuada de los posibles residuos generados de los tratamientos (acuerdo con proveedores, asociaciones u otras empresas biocidas).

La Comunidad de Madrid es una de las pocas comunidades autónomas que exige en estas empresas la presencia de un Director Técnico que se responsabilice de los tratamientos realizados, que deberá contar con la formación y experiencia adecuada para poder garantizar dicha responsabilidad. En este sentido se ha establecido un criterio de valoración de idoneidad de estos profesionales, que contempla una titulación técnica, sanitaria y/o química, reforzada con la formación recibida a través de cursos de formación de personal que realiza operaciones de mantenimiento higiénico-sanitaria de instalaciones de riesgo de legionelosis.

En relación con empresas de otras comunidades autónomas, en la Comunidad de Madrid no se inscriben domicilios sociales o industriales no ubicados en su ámbito territorial, por lo que para hacer tratamientos en Madrid el único requisito será que la empresa de servicios esté debidamente inscrita en su comunidad autónoma, para esta actividad en concreto. Únicamente se contempla una excepción, la realización de trabajos que por su volumen de actuaciones puedan suponer la imposibilidad de gestión desde la comunidad autónoma originaria.

Sobre los cursos de formación del personal que realiza mantenimiento higiénico-sanitario de instalaciones de riesgo de legionelosis, y según dispone la Orden SCO/317/2003, de 7 de Febrero, la Comunidad de Madrid obtuvo la homologación con fecha 25 de abril de 2003, para poder autorizar los citados cursos. El modelo de curso homologado contiene un programa de igual conte-

Alumnos formados
(actualizado a Junio de 2006)

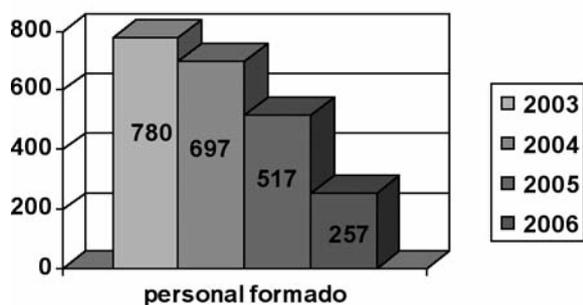


Figura 2.

Ediciones notificadas
(actualizado a Junio de 2006)

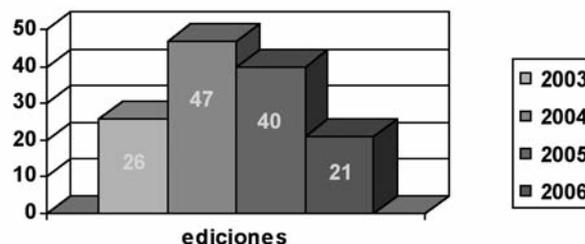


Figura 3.

nido y duración que el propuesto en la Orden de referencia, exigiéndose profesores titulados universitarios con formación suficiente en relación con la materia impartida, un número máximo de 25 alumnos, una asistencia obligatoria al 100% de las clases teóricas y prácticas, salvo causas de fuerza mayor (10%). En cuanto a las prácticas, estas deberán ser realizadas en instalaciones representativas que no entrañen riesgo para los alumnos, debiendo disponer de suficientes equipos de medición "in situ", materiales para la toma de muestras y equipos de protección personal. Un vez finalizado el curso, deberá realizarse una prueba de evaluación (25 preguntas tipo test).

Para el control de estos cursos, se exige la notificación previa de las distintas ediciones a realizar y una vez realizadas estas, una relación de alumnos participantes en el curso junto con las calificaciones alcanzadas y copia de los exámenes realizados.

Actualmente contamos con 26 cursos autorizados, de los cuales 9 son reconocimientos mutuos de otras comunidades autónomas. Hasta junio se han solicitado 21 ediciones por parte de 10 de los cursos autorizados, de los cuales un curso va a realizar 9 ediciones. Esto muestra una clara tendencia a focalizar la formación en tres o cuatro cursos. En las figuras 2 y 3, se muestran los datos sobre la formación autorizada; alumnos formados y ediciones notificadas, todo ello actualizado a junio de 2006.

Como uno de los objetivos para el 2006 el Servicio de Registros Oficiales de Salud Pública, adscrito a la Dirección General de Salud Pública y Alimentación de la Comunidad de Madrid, está desarrollando un programa de seguimiento de cursos de formación autorizados, en el que se está realizando una verificación de la adecuación en relación con los programas de formación (contenido, nº horas, control de asistencias), las características estructurales de las aulas donde se imparten las clases teóricas (dimensión, iluminación, mobiliario), la metodología utilizada (material de apoyo, homogeneidad de grupos, tratamiento de suspensos, evaluación de contenidos, evaluación calidad de enseñanza) y como se realizan las prácticas (Tipo de instalaciones, EPI, actuaciones "in situ"), así como del personal docente que imparte el curso y la realización de registros (Control de cursos, seguimiento de alumnos, pérdidas) y seguimiento de alum-

nos (Tutorías, formación continuada). Para realizar este control, se están realizando las siguientes actuaciones; un seguimiento de las notificaciones de las diferentes ediciones de cursos organizadas, vistas de control a clases teóricas, visitas de control a clases prácticas y realización de auditorias a las entidades docentes. De las primeras valoraciones realizadas se han detectado:

a.- Fallos en cuanto a la selección de alumnos a la hora de crear grupos homogéneos en cuanto a formación y conocimientos previos,

b.- Deficientes o nulos sistemas de seguimiento (formación continuada) de los alumnos a través de tutorías, forma de establecer un sistema dinámico que resuelva dudas y afiance actuaciones,

c.- Una negligencia detectada con cierta frecuencia en las visitas realizadas sin aviso, ha sido la impartición de docencia por parte de profesores no autorizados, es decir, no notificados a la hora de la concesión de la autorización del curso, si bien, en la mayoría de los casos, se trataba de docentes cualificados para ello.

A modo de resumen, y como proyección de futuro de estas empresas de mantenimiento de instalaciones de riesgo de legionelosis, sería importante considerar ciertos aspectos que reforzaría la profesionalización y la verificación de su gestión por parte de la administración sanitaria:

Adaptación normativa biocidas; Se propone una rápida adaptación de la normativa sobre biocidas para poder establecer una especificidad de actuación frente a otras empresas de servicios.

Apoyar todo tipo de actuaciones tendentes a obtener una mayor profesionalización de estas empresas y la adquisición de una mayor responsabilidad en cuanto a los mantenimientos realizados. A este respecto, se valora positivamente la exigencia de la presencia de un Director Técnico adscrito a estas empresas de servicios.

En cuanto a la formación del personal que realiza mantenimiento higiénico-sanitario de instalaciones de riesgo de legionelosis, si bien esta se considera necesaria para poder garantizar la realización de un mantenimiento

adecuado de estas instalaciones, se propone mejorar la formación de personal “cualificado” y establecer una menor exigencia de personal de apoyo.

Otro aspecto que necesita una actuación urgente es el establecimiento de una política de control consensuada entre comunidades autónomas, para evitar las discrepancias de criterio que en numerosas ocasiones genera desconfianza por parte de este sector hacia la administración sanitaria.

BIBLIOGRAFÍA:

- Real Decreto 1054/2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas.
- Orden SCO/317/2003, de 7 de febrero, por la que se regula el procedimiento para la homologación de los cursos de formación del personal que realiza operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones de riesgo de legionelosis.
- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Orden 809/1994, de 15 de junio, de la Consejería de Economía y de la Consejería de Salud, sobre inscripción y funcionamiento del registro oficial de Establecimientos y Servicios Plaguicidas.

MÉTODOS ANALÍTICOS PARA EL ESTUDIO DE *LEGIONELLA*

METHODS FOR LEGIONELLA DETECTION

Carmen Pelaz Antolín

Centro Nacional de Microbiología

RESUMEN

Los ensayos para la determinación de *Legionella* en muestras de agua son uno de los aspectos contemplados en la legislación española sobre prevención de legionelosis. La periodicidad de estos ensayos en función del tipo de instalación, los laboratorios que los realizan, y las acciones correctoras que derivan de ellos en función de los recuentos bacterianos son acciones incluidas en los planes de mantenimiento preventivo de las instalaciones consideradas de riesgo (Real Decreto 865/2003). La comparación de nuestra legislación con otras legislaciones o recomendaciones adoptadas en otros países (Reino Unido, Francia, Australia, América) permite conocer nuestro grado de exigencia en relación a algunos de los parámetros contemplados. El cultivo de la bacteria es el método de referencia para la detección de *Legionella* en muestras de agua y existen varios ensayos normalizados, como los estándares ISO 11731/98 y 2004 y NF T 90-431/2003 (AFNOR). Para ayudar a la interpretación de los resultados, los ensayos deben reflejar el estándar en el que se basan y el límite de detección del método, que no debe ser superior a 100 ufc/L. Además, los laboratorios que realizan estos ensayos deben estar acreditados por nuestra entidad de acreditación ENAC. En los últimos años se han desarrollado métodos rápidos de detección de la bacteria basados en la amplificación de ADN cromosómico en muestras de agua mediante reacciones de PCR. El desarrollo científico de estos métodos va por delante del desarrollo reglamentario, y los ensayos de PCR no deben desplazar a los ensayos de cultivo en cumplimiento de las normativas vigentes, sino que deben complementarlo.

PALABRAS CLAVE: *Legionella*, agua, ensayo normalizado, cultivo, límite de detección, laboratorio acreditado, toma de muestras, actividad bactericida.

SUMMARY

Assays for *Legionella* detection in water samples are one of the aspects included in the Spanish legislation on prevention of Legionnaires' disease. The frequency of these assays, laboratories that carry out them, and the required actions that derive from them, regarding colony counts, are included in the maintenance plans when *Legionella* prevention is carried out in water installations (Real Decree 865/2003). The comparison of our legislation with other legislations or recommendations adopted in other countries (United Kingdom, France, Australia, America) allows to know our degree of demand of some parameters. Bacteria culture is the gold standard method for *Legionella* detection in water samples, and there are several normalized assays, such as ISO 11731/98 and 2004 or NF T 90-431/2003 (AFNOR). To help the interpretation of the results, *Legionella* assays should reflect the standard in which they are based and the limit of detection of the method, that should not be over 100 ufc/L. Moreover, laboratories that carry out these assays should be accredited by our national accreditation body (ENAC). In the last years, fast methods have been developed for *Legionella* detection based on the amplification of chromosomal DNA in water samples by PCR reactions. PCR assays should not be used alone, but it should be a complement of culture assays, when normative actions are implemented in water installations.

KEY WORDS: *Legionella*, water, standardized assay, culture, detection limit, accredited laboratory, sampling, bactericidal activity.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en España se ha hecho un gran esfuerzo en el abordaje de la prevención de legionelosis. Entre las medidas adoptadas se pueden citar:

Amplia implantación en los servicios de microbiología de los hospitales de métodos de diagnóstico basados en la detección de antígeno de *L. pneumophila* en muestras

de orina, lo que permite diagnosticar las neumonías debidas a *Legionella*.

La Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica incluye a la legionelosis entre las enfermedades de declaración obligatoria, por lo que todos los casos diagnosticados deben ser notificados.

Se dispone de legislación específica de prevención y control de legionelosis a nivel nacional desde 2001 (RD

909/2001 reemplazado por RD 865/2003), y de legislación complementaria en al menos 8 CCAA (Madrid, Cataluña, Comunidad Valenciana, Aragón, Galicia, Extremadura, Cantabria, Andalucía,...). En cumplimiento de esta normativa todas las torres de refrigeración deben ser registradas, además, las instalaciones de agua consideradas de riesgo deben tener implantado un plan de mantenimiento que incluye la aplicación de tratamientos de limpieza y desinfección, y muestreos periódicos para determinación de la bacteria.

A pesar de estas medidas, casos y brotes de legionelosis siguen ocurriendo en nuestro país, como el brote que está ocurriendo estos días en Pamplona, que afecta de momento a 140 personas. Por ello, sería bueno plantearse en este momento la revisión de algunos de los procedimientos que se están utilizando cuando se llevan a cabo los planes de mantenimiento, como por ejemplo la evaluación del riesgo, los métodos de desinfección, o los ensayos y/o muestreos realizados para las determinaciones analíticas de *Legionella*.

Métodos analíticos para el estudio de Legionella

Los métodos analíticos disponibles para el estudio de *Legionella* en muestras de origen ambiental que más nos interesan hoy día son el cultivo de la bacteria y la amplificación genómica mediante técnicas de PCR (reacción en cadena de la polimerasa). La inmunofluorescencia directa (IFD) realizada sobre el concentrado de una muestra de agua puede ser un método presuntivo rápido para detectar la bacteria en una muestra de agua, y de hecho se contempla en algunos documentos técnicos como la guía americana ASTM (ASTM 2002), sin embargo no es un método muy recomendable ya que pueden aparecer reacciones cruzadas con otros microorganismos que pueden producir resultados falsamente positivos. También se ha utilizado en años anteriores un ensayo de detección de antígeno de *L. pneumophila* en agua, aunque su sensibilidad resultó más baja de lo esperado, y hoy no está disponible comercialmente.

El cultivo de la bacteria es el método de elección ya que permite la detección e identificación de cualquier especie o serogrupo del género y hacer estudios posteriores que ayudan a mejorar el conocimiento de la bacteria, como las investigaciones epidemiológicas para detectar las posibles fuentes de infección, o la realización de estudios de sensibilidad frente a productos desinfectantes.

En los últimos años también se han desarrollado métodos de detección de *Legionella* basados en la amplificación del ADN cromosómico en muestras de agua mediante PCR. Los ensayos se han dirigido fundamentalmente a las mismas dianas utilizadas con muestras respiratorias, el gen *mip* y los genes ribosómicos 5S ARNr y 16S ARNr. Básicamente, la investigación de *Legionella* por PCR se efectúa en 3 fases: 1) Concentración por filtración o centrifugación. 2) Lisis bacteriana, extracción y purificación de los ácidos nucleicos. 3) Amplificación de una o varias secuencias específicas mediante PCR. La visualización de los productos amplificados se realiza en geles de agarosa teñidos con bromuro de etidio o mediante hibridación o secuenciación.

Legislación para el control de Legionella en sistemas de agua

Nuestra legislación sobre prevención y control de *Legionella* en instalaciones de agua, el RD 865/2003, establece una serie de criterios en relación a los análisis para detectar la presencia de la bacteria. En el plan de mantenimiento de instalaciones interiores de agua caliente sanitaria (Anexo 3) se establece una determinación de *Legionella* anual, aunque no se contemplan niveles mínimos que requieran una acción correctora. En el caso de las torres de refrigeración y condensadores evaporativos (Anexo 4) se establece una periodicidad trimestral para los ensayos de *Legionella*, y unos niveles mínimos de entre 100 y 1.000 ufc/L (unidades formadoras de colonia por litro) de la bacteria para que se inicien acciones correctoras. También se detalla que los análisis se realizarán según la norma ISO 11731, parte 1, 1998 (ISO 11731/98), por laboratorios acreditados para la realización de estos ensayos o laboratorios con un sistema de calidad implantado.

Comparando los niveles mínimos de *Legionella* que desencadenan una acción correctora con los niveles contemplados en otras guías o códigos de buenas prácticas de otros países, el RD 865/2003 es de los más exigentes en el caso de torres de refrigeración, marcando estos niveles entre 100 y 1.000 ufc/L, al igual que el Reino Unido (HSE 2000). La guía europea de prevención de legionelosis asociada a viajes (EWGLI 2005) marca estos niveles entre 1.000 y 10.000 ufc/L, la guía francesa (Guide Ministère de la Santé, France 2005) entre 1.000 y 100.000 ufc/L, la australiana (CPNSW, 1991) marca estos límites por encima de 100 ufc/ml (100.000 ufc/L) para cualquier sistema de agua, y la ASHRAE (ASHRAE 2000) americana no establece límites.

En el caso de los sistemas de agua caliente sanitaria, el RD865/2003 es menos restrictivo que otros ya que no establece niveles mínimos de bacteria que desencadenan una acción, como algunas de las guías citadas, que marcan estos límites generalmente por encima de 1.000 ufc/L (Francia, Reino Unido, EWGLI).

Ensayos normalizados para la detección de Legionella en muestras de agua mediante cultivo

Los ensayos de cultivo de *Legionella* en muestras de agua constan básicamente de 5 fases (Pelaz y cols 2005):

1. Concentración de la muestra de agua original, para facilitar la recuperación de la bacteria. Este proceso se puede realizar mediante filtración por membrana o mediante centrifugación en el caso de aguas sucias o turbias.
2. Descontaminación del concentrado, ya que en ocasiones la bacteria va acompañada de otra microbiota que dificultará el reconocimiento de la misma en los medios de cultivo. Se utilizan dos métodos, tratamiento térmico (50°C durante 30 min) y tratamiento ácido (con un tampón de pH 2,2 y 5 min de contacto. Ambos tratamientos se realizan antes de la siembra en los medios de cultivo.
3. Siembra en los medios de cultivo, que llevan adicionados antibióticos y antifúngicos para ayudar a eliminar flora acompañante.

4. Incubación de los medios sembrados a 36°C durante 10 días, en condiciones de humedad.
5. Recuento, confirmación de las colonias y expresión de resultados.

El ensayo para el cultivo de *Legionella* en muestras de agua más ampliamente utilizado en los laboratorios es el Estándar Internacional ISO 11731 de 1998, pero algunos laboratorios pueden estar utilizando AFNOR NF T 90-431, ya que fue el primero en normalizarse por AFNOR (Asociación Francesa de Normalización) en 1993. Algunos otros ensayos normalizados y publicados por otras entidades de normalización de otros países se detallan a continuación:

- NF T 90-431 (Noviembre de 1993): Essais des eaux. Recherche et dénombrement des *Legionella* et *Legionella pneumophila*. Méthode générale par ensemencement direct et filtration sur membrane. AFNOR 1993.
- NF T 90-431 (Septiembre de 2003): Qualité de l'eau. Recherche et dénombrement de *Legionella* spp. et *Legionella pneumophila*. Méthode par ensemencement direct et après concentration par filtration sur membrane ou centrifugation. AFNOR 1993.
- NF T 90-431/A1 (Avril 2006): Amendement A1 á la norme homologuée NF T 90-431 de septembre 2003. AFNOR 2006.
- ISO 11731/98. Estándar Internacional ISO 11731. Water quality - detection and enumeration of *Legionella*. Part 1, 1998. AENOR.
- ISO 11731. Water quality - detection and enumeration of *Legionella*. Part 2: Direct membrane filtration method for waters with low bacterial counts, 2001. AENOR.
- AS/NZS 3896: 1998. Waters - Examination for legionellae including *Legionella pneumophila*. Australian / New Zealand Standard, 1998.
- AS/NZS 5024 (Int): 2005. Potting mixes, compost and other matrices - Examination for legionellae. Australian / New Zealand Standard, 2005.

Los ensayos ISO 11731/98 y 2004 y NF T 90-431 son bastante completos, pero presentan algunas diferencias remarcables. ISO 11731 aporta detalles útiles en relación a la recogida, transporte y conservación de muestras de agua o concentrados, es bastante flexible con los volúmenes de agua de partida, concentración, tratamientos de descontaminación o siembra, contempla el procesamiento de aguas con poca microbiota, sin embargo es escueto en las explicaciones detalladas para calcular los recuentos de colonias y expresión de resultados. NF T 90-431 contempla la siembra de más placas de cultivo por muestra de agua analizada, es menos flexible en los volúmenes, contempla la posibilidad de combinar los dos tratamientos de descontaminación en el caso de muestras consideradas sucias, e incluye 4 anexos normativos o informativos: A: Placas a sembrar en función del tipo de agua, B: Tabla conteniendo cálculos y comentarios para

la expresión de resultados en función de los volúmenes analizados, las placas elegidas para el recuento y el nº de colonias confirmadas. C: Ejemplos de recuentos de *Legionella* y *L. pneumophila*, en muestras de agua caliente sanitaria y de torres de refrigeración. D: Variaciones estadísticas y expresión de resultados (Ley de poisson), incluyendo 5 tablas informativas.

Interpretación de resultados de cultivo de *Legionella* utilizando la norma ISO 11731/1998

En ocasiones se pueden detectar discrepancias cuando se analizan resultados obtenidos por cultivo en muestras de agua, incluso utilizando la misma normativa (ISO 11731). En este sentido, hay dos hechos que inciden directamente en los resultados de los análisis. De un lado la toma de muestra, que generalmente no es realizada por el laboratorio que realiza el ensayo. De otro lado el ensayo utilizado, ya que la norma ISO 11731 permite la utilización de distintos volúmenes durante el procesamiento de las muestras de agua, y el recuento final dependerá de ellos. Por ejemplo, utilizando la ISO 11731/98, el recuento de ufc/L se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$C = \frac{N \times V}{J} \times \frac{1}{S}$$

Donde :

- C es el número de ufc por litro de la muestra original
- N el número de colonias en la placa de GVPC con mayor número de colonias
- V el volumen (ml) del concentrado utilizado
- J el volumen (ml) inoculado en la placa
- S el volumen (litros) que fue usado del litro original

Teniendo en cuenta que el volumen de agua original (0,2-1L), el volumen de concentrado (5-25 ml), y el volumen inoculado en los medios de cultivo (0,1-0,5 ml) pueden variar, la variación del límite de detección teórico podría oscilar entre 10 y $1,2 \times 10^3$ ufc/L. Además, el procedimiento de concentración (filtración o centrifugación) y los tratamientos de descontaminación (térmico y ácido) también afectan a *Legionella* que perderá viabilidad en el proceso. Los límites de detección reales se pueden obtener procesando muestras de agua simuladas conteniendo distintas concentraciones de la bacteria, y tendrán un valor superior al calculado de manera teórica con la aplicación de la fórmula.

Por ello, los ensayos de cultivo de *Legionella* presentados por los laboratorios deberían reflejar el estándar en el que se basan, el límite de detección real del método seguido, y además este límite debería ser igual o inferior a 100 ufc/L.

Laboratorios que realizan los análisis de *Legionella*

El RD 865/2003 contempla que los laboratorios que deben realizar los análisis de *Legionella* serán laboratorios acreditados para la realización de estos ensayos o la

laboratorios con un sistema de calidad implantado. Esta frase es redundante para los laboratorios acreditados por ENAC, ya que la acreditación de un ensayo implica tener un sistema de calidad implantado en el laboratorio y participar en ejercicios de intercomparación o controles de calidad externos, sin embargo, para el resto de los laboratorios es insuficiente, ya que la implantación de un sistema de calidad no garantiza la capacidad técnica de un laboratorio para la realización de los ensayos.

La página web de ENAC (Entidad Nacional de Acreditación) refleja que los laboratorios de ensayo acreditados para ensayos de detección y recuento de *Legionella* en aguas se acreditan según la norma ISO 11731 o por un procedimiento interno. En el primer caso la norma se sigue exactamente, pero en el segundo caso se introducen modificaciones a la norma (ISO ó AFNOR). Se podrían admitir modificaciones a la norma (ISO 11731) siempre que éstas mejoren el método o ayuden a calcular los recuentos, por ejemplo introducir algún aspecto contemplado en la norma AFNOR NF T 90-431. Pero no se deberían admitir modificaciones que disminuyan las posibilidades de detección de la bacteria, como por ejemplo la eliminación de un tratamiento de descontaminación.

En este sentido, ENAC juega un papel muy importante si garantiza la competencia técnica de los laboratorios para la realización de los ensayos. Para ello, ENAC necesitaría normas en las que se basen los ensayos y criterios técnicos bien definidos.

Detección de Legionella mediante ensayos de amplificación genómica (PCR)

Sin entrar en detalles específicos de los ensayos de amplificación genómica para la detección de *Legionella* en muestras de agua, cabe mencionar la reciente publicación de un proyecto de norma experimental contemplando este tipo de ensayos: XP T90-471 (Abril 2006). Qualité de l'eau. Détection et quantification des *Legionella* et/ou *Legionella pneumophila* par concentration et amplification génique par réaction de polymérisation en chaîne (PCR). AFNOR 2006. Este documento no incluye detalles metodológicos específicos, sino que describe las exigencias metodológicas generales y las exigencias para la evaluación de los resultados y de los controles de calidad de los ensayos.

En la introducción del documento se especifica que los resultados de los análisis basados en este método proporcionarán información complementaria a los resultados obtenidos mediante cultivo, y se reflejan los 3 objetivos del documento:

- Responder a las expectativas analíticas, particularmente en términos de plazos, de los clientes y la administración cuando se enfrentan a la gestión de los riesgos asociados a *Legionella*.
- Permitir la utilización de nuevas tecnologías.
- En el marco de los controles reglamentarios para la búsqueda de *Legionella* y/o *Legionella pneumophila*, el presente método NO PUEDE SER UTILIZADO. La reglamentación estipula que la norma NF T 90-431

(cultivo) debe ser utilizada para los controles reglamentarios.

El desarrollo científico de la PCR va por delante del desarrollo reglamentario. Los ensayos de PCR no deben desplazar a los ensayos de cultivo sino que deben complementarlos.

Toma de muestras de agua para el estudio de Legionella

Uno de los aspectos que incide directamente en los ensayos para determinación de *Legionella* es la toma de muestra. El éxito de un ensayo detectando la bacteria depende de la calidad de la muestra.

Básica y resumidamente, y utilizando algunas guías como referencia (ASHRAE 2000; Environmental Agency, UK, 2005; Circulaire DGS, France, 1997), la toma de muestras de agua para determinación de *Legionella* debe diseñarse en función de la finalidad del ensayo, debe ser representativa de aquello que queremos analizar, todos los pasos deben ser optimizados (incluyendo tiempo y lugar) para conseguir el mayor recuento posible, y las condiciones de la muestra deben variar lo menos posible entre la toma y el comienzo del ensayo. Por ello, es necesario contar con guías consensuadas para la toma de muestras para determinación de *Legionella* en función de la finalidad de los análisis.

En una instalación que contiene *Legionella*, un ensayo positivo permite conocer la situación en el momento del ensayo, analizar el riesgo asociado y aplicar las medidas correctoras que se consideren necesarias, incluso evaluarlas. Por el contrario, un ensayo negativo no refleja la realidad de la situación y transmite una falsa y temporal sensación de seguridad.

En investigaciones de brotes epidémicos

En estas situaciones es necesario insistir en la necesidad de contar con el mayor número posible de cultivos de pacientes. Los ensayos de detección de antígeno en orina están desplazando al cultivo como método diagnóstico, lo que hace que en ocasiones, desde los Servicios de Salud Pública, haya que insistir para contar con los cultivos humanos. Los ensayos de epidemiología molecular con los cultivos humanos y ambientales son necesarios para buscar las fuentes ambientales de infección.

Así mismo es necesario contar con cultivos ambientales, en los que se deben analizar, incluso con métodos moleculares, el mayor número de colonias posible de cada muestra de agua analizada, ya que en una instalación pueden coexistir diferentes tipos de *Legionella*.

Ensayos de actividad bactericida de productos desinfectantes frente a Legionella pneumophila

Por último, mencionar los ensayos destinados a valorar la actividad bactericida de los productos desinfectantes frente a *Legionella pneumophila* (Draft prEN 13623, June 1999). La actividad bactericida frente a *Legionella pneumophila* se define como la capacidad del producto

para producir una reducción en el número de células viables de la cepa de referencia, en al menos 4 unidades logarítmicas (10^4), a 30°C y en las condiciones especificadas, en 60 minutos (los productos con efecto rápido) y en 24 h (los productos de efecto lento).

Estos ensayos generalmente demuestran la actividad bactericida "in vitro" de los productos desinfectantes, sin embargo los resultados obtenidos no parecen extrapolables, y algunos productos se muestran ineficaces cuando son aplicados en torres de refrigeración. En estas instalaciones hay otros factores que pueden afectar a la actividad de los biocidas, pH, cambios de temperatura, tiempos de contacto, presencia de materia orgánica, presencia de biofilms,... etc.

Sería bueno contar con análisis de datos tras la vigilancia continuada de torres de refrigeración, incluyendo datos fiables sobre la dosificación del/los biocidas y las operaciones de mantenimiento.

Conclusiones

1. Algunos de los procedimientos que se están utilizando cuando se llevan a cabo los planes de mantenimiento deben ser revisados, como por ejemplo la evaluación del riesgo, los métodos de desinfección, los ensayos y/o muestreos realizados para las determinaciones analíticas de *Legionella*.
2. Comparando los niveles mínimos de *Legionella* que desencadenan una acción correctora con los niveles contemplados en otras guías o códigos de buenas prácticas de otros países, el RD 865/2003 es de los más exigentes en el caso de torres de refrigeración, marcando estos niveles entre 100 y 1.000 ufc/L. En el caso de los sistemas de agua caliente sanitaria es menos restrictivo que otros ya que no establece niveles mínimos de bacteria.
3. Los ensayos de cultivo de *Legionella* presentados por los laboratorios deben reflejar el estándar en el que se basan (ISO 11731/1998, 2004 ó NF T 90-431/3003), el límite de detección real del método seguido, y además este límite debería ser igual o inferior a 100 ufc/L. Los laboratorios deben estar acreditados por ENAC para la realización de estos ensayos.
4. ENAC juega un papel muy importante si garantiza la competencia técnica de los laboratorios para la realización de los ensayos. Para ello, ENAC necesitaría normas en las que se basen los ensayos y criterios técnicos bien definidos.
5. Los ensayos de PCR deben ser utilizados como complemento de los ensayos de cultivo. Aunque existe una norma AFNOR estos ensayos no deberían utilizarse en solitario en la búsqueda de *Legionella* en muestras de agua.
6. Es necesario contar con guías consensuadas para la toma de muestras para determinación de *Legio-*

nella, estableciendo criterios bien definidos en función de la finalidad de los análisis.

7. En investigaciones de brotes epidémicos, es necesario insistir en la necesidad de contar con el mayor número posible de cultivos de pacientes. Y analizar, incluso con métodos moleculares, el mayor número de colonias posible de cada muestra de agua analizada, ya que en una instalación pueden coexistir diferentes tipos de *Legionella*.
8. Sería bueno contar con análisis detallados de la vigilancia continuada de torres de refrigeración, incluyendo datos fiables sobre la dosificación del/los biocidas y las operaciones de mantenimiento. Biocidas que se muestran activos en ensayos "in vitro" no demuestran su eficacia cuando son aplicados en torres de refrigeración.

REFERENCIAS CITADAS

- ASTM, D 5952-02. Standard Guide for inspecting water system for Legionellae and investigating possible outbreaks of legionellosis (Legionnaires' Disease or Pontiac Fever). 2002.
- Draft prEN 13623: 1999 E. Chemical disinfectants and antiseptics – Bactericidal activity of products against Legionella pneumophila–Test method and requirements (phase 2 / step 1).
- Real Decreto 865/2003, de 18 de Julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. BOE nº 171, 18-7-2003.
- ISO 11731/98. Estándar Internacional ISO 11731. Water quality - detection and enumeration of *Legionella*. Part 1, 1998. Part 2: Direct membrane filtration method for waters with low bacterial counts, 2004.
- CPNSW. Code of Practice for the control of legionnaires' disease. New South Wales. Sidney: NSW Health Department, ISBN: 0 7305 3453 7. 1991.
- HSE book. Legionnaires' Disease: The control of Legionella bacteria in water systems. Approved Code of Practice and Guidance (L8). 3ª Ed. ISBN: 0 7176 1772 6. 2000.
- European guidelines for control and prevention of travel associated Legionnaires' Disease. EWGLI and EWGLINET (<http://www.eugli.org>), 2005.
- ASRHAEGuideline 12-2000. Minimizing the risk of legionellosis associated with building water systems. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1-17, 2000.
- The determination de *Legionella* bacteria in waters and other environmental samples (2005). Part 1: Rationale of surveying and sampling. Standing Committee of Analysts, Environmental Agency, UK, (<http://www.environment-agency.gov.uk/nls>). 2005.
- Guide d'investigation d'un ou plusieurs cas de légionellose. Bulletin épidémiologique Hebdomadaire (BHE), Circulaire DGS nº 97/311, Francia, 1997.
- Guide Ministère de la Santé. Le risque lié aux légionelles. Guide d'investigation et d'aide à la gestion. Ministère de la Santé et des Solidarités, Direction Générale de la Santé, France, 2005.
- C Pelaz, V Ausina, V Catalán y E Cercenado. Diagnóstico microbiológico y control de la legionelosis. Procedimientos en Microbiología Clínica nº 20, ed: E Cercenado y R Cantón, Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (<http://www.seimc.org>), ISBN: 84-609-9044-3, 2005.

LA TÉCNICA DE PCR: ¿EN QUÉ FASE DE DESARROLLO TÉCNICO SE ENCUENTRA?

PCR TECHNOLOGY: IN WHICH STAGE OF TECHNICAL DEVELOPMENT IS?

Vicente Catalán Cuenca

Applus+ LABAQUA

RESUMEN

Debido a las limitaciones de los métodos que habitualmente se emplean en el estudio de *Legionella*, los métodos diagnósticos moleculares como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) se han convertido en la mejor alternativa a los métodos convencionales, debido principalmente a su rapidez, sensibilidad y especificidad. Sin embargo, a pesar de las múltiples ventajas de la PCR, su implementación en laboratorios diagnósticos está siendo lenta, debido por un lado a la falta de normalización de éstos métodos, pero también a la carencia de legislaciones que los incorporen, y a la dificultad técnica de su implementación. Sin embargo, su progresiva incorporación en los laboratorios, bien mediante la validación de métodos propios o usando kits comerciales, favorecerá la realización de trabajos de normalización y facilitará el uso de técnicas futuras más automatizadas.

INTRODUCCIÓN

Los métodos de análisis que habitualmente se emplean para el estudio de *Legionella* están basados fundamentalmente en caracteres fenotípicos e incluyen desde el aislamiento en medios de cultivo selectivos, hasta diversos métodos inmunológicos, como la detección de antígeno en orina por enzimoimmunoanálisis o por inmunocromatografía.

A pesar de las múltiples ventajas que presentan estos métodos, tienen también importantes inconvenientes y limitaciones. En el caso del aislamiento en cultivo, el tiempo para la obtención de resultados es largo, llegando incluso en algunos casos a semanas; además es difícil aislar *Legionella* en muestras con abundante microbiota, y no es posible detectar células viables no cultivables. En el caso de otros métodos, los niveles de sensibilidad y especificidad son bajos, y la interpretación de los resultados puede llegar a ser difícil o ambigua.

Para solventar estos inconvenientes, en los últimos años, estos métodos están siendo complementados e incluso en algunos casos, desplazados o sustituidos progresivamente por métodos basados en caracteres genotípicos.

SUMMARY

Due to the limitations of the methods commonly used for the study of *Legionella*, molecular diagnostic methods such as the polymerase chain reaction (PCR) have become the best alternative to conventional ones, mainly due to their rapidness, sensitivity and specificity. Nevertheless, despite the multiple advantages of PCR, their implementation in diagnostic laboratories is being slow, due to, on one hand to the lack of standarization of these methods, but also due to the lack of legislations that include them and to the technical difficulty of their implementation. Nevertheless, their progressive incorporation to laboratories, by means of the validation of "in house" methods or using available commercial kits, will favour the performance of normalization works and will facilitate the use of more automated future technologies.

sivamente por métodos basados en caracteres genotípicos.

De todas las técnicas de biología molecular, las basadas en amplificación de secuencias específicas de DNA mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) han revolucionado múltiples áreas de la ciencia relacionadas con la manipulación de ácidos nucleicos, incluida la del diagnóstico microbiológico y se han convertido en una alternativa válida a muchos métodos basados en caracteres fenotípicos ya que se caracterizan por ser técnicas extremadamente rápidas, sensibles y específicas.

PCR clásica o convencional

La reacción de PCR es un proceso enzimático simple y muy versátil, que consiste básicamente en incrementar exponencialmente el número de copias de un fragmento DNA diana específico a partir de una o unas pocas moléculas que actúan como DNA molde, empleando para ello dos oligonucleótidos cebadores de secuencia específica homóloga al fragmento a amplificar y una enzima DNA po-

limerasa termoestable. Los amplicones obtenidos por PCR convencional son detectados generalmente por electroforesis en gel de agarosa, tinción con bromuro de etidio y transiluminación con luz ultravioleta.

Se trata de una metodología cualitativa, que informa de la presencia o ausencia del microorganismo, pero no de su concentración en la muestra ni del estado de viabilidad de las células detectadas, dado que la molécula investigada es DNA y se ha descrito ampliamente la persistencia del DNA después de la muerte celular (Yañez *et al.*, 2005; Josephson *et al.*, 1993).

PCR cuantitativa a tiempo-real

Más recientemente, la tecnología de PCR a “tiempo real” basada, en la detección fluorescente, está ganando terreno a la PCR convencional ya que además de detectar la presencia del microorganismo, permite cuantificar su concentración.

Básicamente existen dos sistemas de detección fluorescente, por un lado, el uso de agentes intercalantes, como el SYBR Green, que son fluorocromos que aumentan la emisión de fluorescencia cuando se unen a DNA de doble cadena. Y las sondas específicas, que son oligonucleótidos específicos de secuencia homóloga al fragmento amplificado y que están marcados con una molécula de fluorocromo que emite fluorescencia al hibridarse con el fragmento diana.

La cuantificación del DNA de las muestras se realiza con una recta de calibrado construida con los valores Ct (ciclo del proceso de amplificación en el que se supera un umbral establecido de fluorescencia o valor “threshold”) y el logaritmo de la cantidad de DNA de una serie de controles de concentraciones conocidas de DNA.

Mediante esta tecnología, los procesos de amplificación y detección se producen de forma simultánea en el mismo vial, sin necesidad de ningún proceso posterior por lo que se reduce tanto el tiempo de reacción como la posibilidad de contaminaciones.

Detección por PCR de células viables

A pesar de que la PCR a tiempo real ha solventado el problema de la cuantificación, persiste el inconveniente de poder discriminar entre células viables y no viables. Este problema se ha abordado desde distintas perspectivas; por un lado tenemos la estrategia del precultivo, enriquecimiento previo al análisis de detección, que permite incrementar el número de células vivas presentes en la muestra. Otra estrategia se basa en el empleo como molécula diana para la reacción PCR, del RNA mensajero o el RNA ribosomal (Coutard *et al.*, 2005). Para ello se emplean técnicas como la transcripción inversa acoplada a una reacción de PCR (RT-PCR), que permite investigar la presencia de células vivas transcripcionalmente activas. Más recientemente, se ha descrito la técnica NASBA (Nucleic Acid Sequence-Based Amplification) que ha demostrado tener importantes ventajas en términos de sensibilidad y especificidad, sobre la técnica de RT-PCR (Cook, 2003). Se fundamenta en una amplificación basada en la transcrip-

ción donde participan tres enzimas AMV-RT (Avian Myeloblastosis Virus-Reverse transcriptase), RNasa H y T7 RNA polimerasa, en condiciones isotérmicas.

Una última aproximación a la detección de células viables es el empleo de moléculas como la monoazida de etidio que bloquean tanto el DNA libre como el DNA de las células muertas, permitiendo la amplificación por PCR exclusivamente del DNA procedente de células integras (Nogva *et al.*, 2003).

Interpretación de resultados obtenidos por PCR

Es frecuente intentar comparar los resultados obtenidos por aislamiento en cultivo y por PCR. Sin embargo, hay que tener en cuenta que mientras que por cultivo detectamos unidades formadoras de colonia (ufc), por PCR detectamos fragmentos de ácidos nucleicos de secuencia específica, y en muchas ocasiones los resultados no son comparables. Diferentes estudios realizados, han demostrado que cuando se trata de cultivos de *Legionella*, donde la mayoría de la población es viable y cultivable, los resultados obtenidos por cultivo y PCR son totalmente coincidentes. Sin embargo, cuando comparamos los resultados de PCR y cultivo mediante el análisis de muestras reales, la PCR siempre proporciona resultados superiores al cultivo, dado que nos encontramos con poblaciones en diferentes estados metabólicos, y en consecuencia el cultivo subestima el número total de células presentes.

Por PCR convencional, la molécula diana es DNA y en consecuencia se trata de una técnica cualitativa que nos informa de la presencia o ausencia de células totales del microorganismo investigado, no discriminando entre células vivas o muertas, dado que el DNA puede perdurar después de la muerte celular. La PCR a “tiempo real” emplea igualmente DNA como molécula diana, por lo que informa también de células totales (vivas y muertas), pero en este caso proporciona el número de células, ya que se trata de un método cuantitativo.

Por último, las técnicas RT-PCR y NASBA, emplean RNA como molécula diana y en consecuencia la detección de esta molécula se puede asemejar a existencia de actividad metabólica, es decir de células vias, aunque no son cuantitativas, ya que el grado de transcripción dependerá del estado metabólico de la célula.

Si se demuestra eficaz el empleo de agentes intercalantes como la monoazida de etidio, se podrá en un futuro cuantificar el número de células vivas presentes en la muestra.

En consecuencia, la PCR es un método diagnóstico extremadamente potente, pero cuyos resultados hay que interpretar correctamente para poder tomar las medidas apropiadas en cada situación.

Futuro de la técnica PCR

En cualquier caso, las técnicas de PCR han demostrado tener un gran potencial de desarrollo y en base a ello, el futuro de las tecnologías aplicadas al diagnóstico

microbiológico está orientado al análisis simultáneo de un gran número de patógenos. En los últimos años, la tendencia es a miniaturizar los métodos biológicos, especialmente mediante la tecnología de los microchips de DNA. Estos dispositivos vislumbran importantes ventajas sobre los métodos convencionales, como mayor rapidez en la obtención de resultados, menor consumo de reactivos y muestra, así como, alta reproducibilidad debido a la automatización. Sin embargo, estas tecnologías no están exentas de inconvenientes, ya que presentan un coste económico elevado y un límite de detección más alto de lo deseable.

Siguiendo esta línea de desarrollo, que conjuga la microbiología con la biología molecular, la biotecnología y la nanotecnología se está comenzado a trabajar en el desarrollo de plataformas automatizadas que integren las ventajas de la PCR cuantitativa y el análisis microarrays, basadas en microchips con tecnología de microcanales (microfluidics) para la identificación múltiple y simultánea de patógenos (Joseph *et al.*, 2006).

Preparación de muestras

Un problema ampliamente conocido de los métodos moleculares basados en la amplificación enzimática del DNA, es la presencia de inhibidores que dificultan o bloquean la reacción PCR, especialmente los que afectan a las DNA polimerasas (Abu Al-Soud y Radson, 2004). Se han descrito múltiples sustancias inhibitoras presentes en las matrices de distintos tipos de muestras, sin embargo, el mecanismo de acción de muchas de ellas aún no se conoce. Entre las sustancias inhibitoras más comunes destacan, la hemoglobina, sales biliares, urea y heparina, en muestras clínicas; compuestos orgánicos y fenólicos, proteasas de la leche, grasas, etc. en muestras de alimentos y ácidos húmicos y fúlvicos, compuestos fenólicos, metales pesados, etc. en muestras ambientales. Los restos o trazas de reactivos utilizados para el aislamiento del DNA, así como contaminantes de laboratorio, como por ejemplo el polvo de los guantes, también pueden afectar negativamente a las reacciones de amplificación. La preparación de la muestra y el proceso de eliminación de inhibidores es un paso crucial para obtener una reacción de calidad, pero la mayoría de los métodos empleados son procesos largos, caros y laboriosos (Miller *et al.*, 1999; Rossen *et al.*, 1992), por lo que el desarrollo de métodos automatizados y que sean eficaces es una de las áreas de desarrollo más importante para que la implantación de los métodos PCR tenga éxito.

Diseño y validación de los sistemas de amplificación por PCR

A pesar de las múltiples ventajas que presentan los métodos moleculares de diagnóstico, la realidad es que a diferencia de lo que ha ocurrido en los laboratorios de investigación, donde se ha convertido en una herramienta imprescindible, en los laboratorios diagnósticos su implementación está siendo más lenta de lo esperado y deseable. Las razones son múltiples, pero una de las causas que ha perjudicado la extensión de los métodos moleculares entre los laboratorios diagnósticos, es la falta de legislaciones que reconozcan métodos de PCR como méto-

dos oficialmente aprobados, pese al reconocimiento generalizado de que se tratan de métodos extremadamente potentes. Esto puede ser debido a que los métodos diagnósticos por PCR se han venido empleando como herramientas científicas más que como técnicas analíticas, por lo que existe una carencia de métodos de PCR normalizados. Este inconveniente se está solventando progresivamente, existiendo cada vez mayor número de estudios intercolaborativos que tienden a normalizar métodos PCR, lo que redundará en un futuro cercano en su progresiva incorporación a las legislaciones vigentes, a medida que estos métodos se conozcan con mayor profundidad. Este es el caso del proyecto Francés de Norma XP T90-471 "Calidad del agua. Detección y cuantificación de Legionella y *L. pneumophila* por concentración y amplificación génica mediante la PCR" que está elaborando AFNOR.

Otra de las razones que dificultan la implementación de estos métodos de diagnóstico basados en PCR, es que requieren un importante esfuerzo económico y de trabajo en las fases de diseño, desarrollo y validación del método que en muchos casos, hacen extremadamente difícil su implementación en laboratorios diagnósticos orientados a proporcionar a sus usuarios un servicio analítico de calidad, pero empleando en la mayoría de los casos métodos normalizados u oficialmente aprobados.

Está claro que cada vez más casas comerciales están ofertando nuevos diseños de métodos de PCR en formato kit que pretenden evitar a los laboratorios las costosas fases de diseño, desarrollo y validación. Sin embargo, este desarrollo tecnológico debe ir avalado por una amplia experiencia en este campo, así como por un importante respaldo científico. También se debe aportar un apoyo técnico adecuado a las necesidades de cada laboratorio, con el fin de proporcionar la seguridad y garantía de una correcta utilización de estos kits.

Es en consecuencia importante señalar que requisitos mínimos se les debe exigir tanto a los kits comerciales como a los métodos desarrollados por el propio laboratorio, para que garanticen un máximo rendimiento. En este sentido, se debe tratar de una metodología de fácil aplicación, un tiempo de realización optimizado al mínimo, una interpretación clara y objetiva de los resultados, y disponer de controles internos de reacción para verificar la calidad de la reacción y prevenir la aparición de falsos negativos. Por último, es extremadamente importante, contar con una exhaustiva y correcta validación del método que permita conocer sus principales características, así como sus limitaciones.

Un requisito indispensable para el uso de técnicas basadas en la biología molecular en el análisis microbiológico es conocer total o parcialmente el genoma del microorganismo en cuestión, con el fin de poder diseñar cebadores o sondas que permitan identificar regiones específicas para cada organismo. La selección del fragmento de DNA a utilizar para la detección debe basarse en un gen que confiera una característica lo más específica posible al microorganismo a detectar. Para verificar este punto se suelen realizar alineamientos de todas las secuencias de nucleótidos disponibles en las bases de datos de secuencias como el GenBank y EBI (European Bioinformatics Institute) del EMBL (European Molecular Biology Laboratory) y, a continuación, se utilizan progra-

mas informáticos específicos para el diseño de cebadores, que seleccionan las secuencias con una compatibilidad máxima a unos determinados parámetros de reacción teóricos.

Es imprescindible, una vez optimizadas las condiciones de amplificación, verificar experimentalmente que los cebadores funcionan en diferentes aislados y cepas de la especie a investigar, así como la no detección de especies taxonómicamente relacionadas, de tal modo que se compruebe que el diseño es apropiado en términos de sensibilidad, especificidad, selectividad, falsos positivos y falsos negativos. También es fundamental disponer de un control interno de reacción, que nos permita discernir la ausencia de microorganismo diana de una reacción inhibida, así como de un incorrecto funcionamiento del termociclador o de una baja actividad de la enzima (Hoofar *et al.*, 2004).

Hasta aquí sería suficiente para poder caracterizar un método molecular empleado como sistema de identificación. En el caso de disponer de un método cualitativo, es importante conocer también el límite de detección del método y los valores de repetibilidad y reproducibilidad cualitativa (conformidad y concordancia), así como el efecto matriz. Por último, en el caso de métodos cuantitativos es importantísimo conocer además los valores de exactitud, y precisión (repetibilidad y reproducibilidad), así como la incertidumbre, linealidad y límite de cuantificación.

Cabe resaltar, que es frecuente intentar calcular la exactitud de un método PCR por comparación con el método de aislamiento en cultivo. Este procedimiento puede ser eficaz cuando se trata de cultivos de laboratorio donde la mayoría de las células están vivas, pero no es eficaz en el caso de muestras reales donde el estado de viabilidad de la población celular es muy diverso y no es posible encontrar una correlación entre unidades formadoras de colonia (ufc) y el número de copias de genoma. En consecuencia, siempre será más exacto poder calcular el parámetro exactitud en términos de número de copias de genoma, empleando para ello materiales de referencia de DNA conteniendo una concentración conocida.

Conclusiones

La incidencia que tiene *Legionella* sobre la salud pública, así como la alarma social que la frecuente aparición de brotes genera y su repercusión en diferentes sectores productivos como el industrial o el turismo, hace que el estudio microbiológico de muestras tanto clínicas como ambientales sea un área de gran importancia.

Por ello, los laboratorios de diagnóstico microbiológico debemos disponer de herramientas analíticas que sean rápidas y fiables y que mejoren drásticamente los métodos que tradicionalmente se vienen empleando en el estudio de *Legionella*. En este sentido la implementación de métodos moleculares, basados actualmente en méto-

dos de PCR, es un camino inexorable que los laboratorios de microbiología tendremos que andar para poder estar preparados y llegar en buena disposición a la incorporación de las futuras tecnologías moleculares que se prevean, y que se pueden identificar como "lab on a chip", es decir el uso de microchips que permitan la detección simultánea y automatizada de diferentes microorganismos patógenos, incluida por supuesto *Legionella*.

En el camino, la implementación de métodos PCR en los laboratorios, ya sean de desarrollo propio o en formato kit comercial, es un proceso crucial que va a facilitar la normalización de dichos métodos, por lo que deberán estar correctamente diseñados y validados de modo que cumplan correctamente con el fin para el que han sido desarrollados.

BIBLIOGRAFÍA

- Abu Al-Soud, W. and Radsrom P. Capacity of nine thermostable DNA polymerases to mediate DNA amplification in the presence of PCR-inhibiting samples. 2004. *Appl. Environ. Microbiol.* 64(10): 3748-3753
- Cook N. The use of NASBA for the detection of microbial pathogens in food and environmental samples. 2003. *J. Microbiol Methods.* 53(2):165-74.
- Coutard, F., Pommepuy, M., Loaec, S., Hervio-Heath, D. mRNA detection by reverse transcription-PCR for monitoring viability and potential virulence in a pathogenic strain of *Vibrio parahaemolyticus* in viable but nonculturable state. 2005. *J. Appl. Microbiol.* 98(4): 951-961. 2005.
- Hoofar, J., Malorny, B., Abdulmawjoed, A., Cook, N., Wagner, M. and Fach, P. 2004. Practical considerations in design of internal amplification controls for diagnostic PCR assays. *J. Clin. Microbiol.* 42 : 1863-1868.
- Joseph, C., Mastali, L., M., Gau, V., Suchard, M.A., Møller, A.K., Bruckner, D.A., Babbitt, J.T., Li, Y., Gornbein, J., Landaw, E.M., McCabe, E.R.B., Churchill, B.M. and Haake, D.A. Use of Electrochemical DNA Biosensors for Rapid Molecular Identification of Uropathogens in Clinical Urine Specimens. 2006. *J. Clin. Microbiol.* 44 (2): 561-570.
- Josephson, K.L., Gerba, C.P. and Pepper, I.L.. Polymerase chain reaction detection of nonviable bacterial pathogens. 1993. *Appl. Environ. Microbiol.* 59(10): 3513-3515.
- Miller, D.N., Bryant, J.E., Madsen E.L., and Ghiorse W.C. Evaluation and optimization of DNA extraction and purification procedures for soil and sediment samples. 1999. *Appl. Environ. Microbiol.* Vol. 65; 4715-4724.
- Nogva, H.K., Dromtorp S.M., Nissen, H., Rudi, K. Ethidium monoazide for DNA-based differentiation of viable and dead bacteria by 5'-nuclease PCR. *Biotechniques.* 34(4): 804-813. 2003.
- Yáñez, M.A., Carrasco-Serrano, M.C., Barberá V.M., and Catalán, V. Quantitative Detection of *Legionella pneumophila* in Water Samples by Immunomagnetic Purification and Real-Time PCR Amplification of dotA Gene. 2005b. *Appl. Environ. Microbiol.* 71: 3433-3441.
- Rossen, L., Norkov, P., Holmstrom K., and Rasmussen, O.F. Inhibition of PCR by components of food samples, microbial diagnostic assays and DNA-extraction solutions. 1992. *Int. J. Food. Microbiol.* 17: 37-45.

CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS Y DE MUESTREO ESTABLECIDOS EN LA LEGISLACIÓN VIGENTE PARA EL CONTROL DE *LEGIONELLA*

MICROBIOLOGICAL AND SAMPLING CRITERIA ESTABLISHED IN THE PRESENT SPANISH LEGISLATION FOR THE CONTROL OF LEGIONELLA

Isabel Inza Rojas, M^a José Figueras Salvat

Unidad de Microbiología, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad Rovira i Virgili.

Se ha investigado retrospectivamente la relación existente entre las bacterias aerobias totales (BAT) y la presencia de *Legionella* en un total de 576 muestras de agua procedentes de torres de refrigeración industriales. Los resultados revelan un menor porcentaje de muestras positivas para *Legionella* (19,8%) por encima del nivel de 10⁴ UFC/ml BAT establecido como límite de acción, que por debajo de este (80,2%), lo que indica que este límite no cumple su función en las instalaciones investigadas. Niveles de BAT superiores 100 y 1000 UFC/ml parecen ser más útiles para predecir la presencia de *Legionella*. Hemos observado una concentración de BAT significativamente más elevada en las muestras positivas para *Legionella* que en las negativas. Esto indica que las BAT son una buena herramienta para la validación de la eficacia del Plan de Autocontrol (PA) establecido en estas instalaciones. Estos resultados apoyan la importancia de seguir manteniendo el control de las BAT (a 36 ± 1 °C) como un indicador de riesgo de presencia de *Legionella* y evidencian la necesidad de introducir un límite de acción más bajo para las BAT. Por otra parte se discuten algunos aspectos vinculados a la toma de muestras y a su transporte, y algunos tópicos vinculados al periodo de incubación de la enfermedad y a los métodos de tipado epidemiológico.

PALABRAS CLAVE: bacterias aerobias totales, *Legionella*, APPCC, AFLP, PFGE, MLST

INTRODUCCIÓN

Desde la descripción del primer brote de neumonía por *Legionella* ocurrido en Filadelfia en 1976, este microorganismo ha seguido produciendo numerosos brotes en todo el mundo. Entre 1999 y 2004 se produjeron 4 brotes importantes (Holanda, España, Reino Unido y Australia), con un montante global de unos 1000 casos de Legionelosis, 40 de los cuales fueron fatales¹.

La Legionelosis es considerada en nuestro país un problema prioritario de salud pública especialmente después de que el mayor brote mundial de esta enfermedad se produjera en la ciudad de Murcia² en julio del año 2001. La legis-

We have retrospectively investigated the relationship between the presence of total aerobic bacteria (TAB) and the presence of *Legionella* sp. in 576 water samples from industrial cooling towers. A lower percentage of positive samples for *Legionella* sp. (19.8%) was encountered when the concentration of TAB was above 10⁴ CFU/ml than below this concentration (80.2%). The concentration of 10⁴ CFU/ml TAB is established in Spanish legislation as the action limit, above which a higher risk of *Legionella* positive samples is expected. Despite that, our results indicate that levels of TAB above 100 or 1000 CFU/ml seem more useful for predicting the presence of *Legionella* in the cooling towers investigated. We observed that the concentration of TAB was significantly higher in the positive samples for *Legionella* than in the negative ones, which seems to indicate that TAB is a good tool for evaluating the effectiveness of the Autocontrol Safety Measures of those cooling towers. Our results reinforce the need for controlling the levels of TAB (at 36 ± 1 °C) because it is a good indicator of the presence of *Legionella* spp. despite the fact that the standard established as the action limit should be lowered. Within the study we also reviewed the sampling procedures and provide new data on the incubation period of the disease and on the genotyping methods classically employed in epidemiological investigation.

KEY WORDS: total aerobic bacteria, *Legionella*, HACCP, AFLP, PFGE, MLST

lación actual española se rige por el Real Decreto 865/2003 que establece los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la Legionelosis y los controles microbiológicos que deben realizarse en torres de refrigeración y condensadores evaporativos para la validación de la eficacia de su Plan de Autocontrol (PA). Estos incluyen un control trimestral de *Legionella* sp., y uno mensual de bacterias aerobias totales (BAT). Cuando los niveles de este último parámetro sean superiores a 10⁴ UFC/ml, será necesario comprobar la eficacia de la dosis y el tipo de biocida utilizado y realizar un muestreo adicional de *Legionella*. Los pocos estudios que investigan la relación existente entre las BAT y la presencia de *Legionella* indican que no existe una correlación entre la concentración de ambos microorganismos³. Sin

embargo, la Organización Mundial de la Salud⁴ considera que una concentración elevada de BAT en el agua revela la existencia de condiciones favorables para el crecimiento de *Legionella* y, por tanto, indica la necesidad de realizar las correcciones oportunas para minimizar el riesgo para la salud.

El objetivo principal de este estudio es establecer si los criterios microbiológicos requeridos por la legislación son suficientes para la prevención. Para ello se evaluará la validez o no del nivel de 10.000 ufc/ml BAT para predecir el riesgo de presencia de *Legionella*, a través del análisis retrospectivo de los resultados obtenidos en 576 muestras de agua procedentes de torres de refrigeración de instalaciones industriales. Dado que el estudio se ha realizado a lo largo de los últimos cuatro años, 2002-2005, y que en este periodo la nueva legislación entró en vigor, se investigará si la puesta en práctica de la misma ha significado una mejora en el control de *Legionella* en las torres de refrigeración estudiadas. Por otra parte se hará énfasis en algunos aspectos vinculados a la toma de muestras y a su transporte. Se discutirán algunos tópicos vinculados al periodo de incubación de la enfermedad y a los métodos de tipado epidemiológico.

Materiales y Métodos

Se han analizado las bacterias aerobias totales (BAT) a 36 ± 1 °C y *Legionella* en paralelo en un total de 576 muestras de agua procedentes de torres de refrigeración de instalaciones industriales. Los análisis se realizaron mensualmente a lo largo de 5 años (2002 a 2005) utilizando las metodologías (ISO 11731 y 6222) indicadas en el RD 865/2003, con la salvedad que para las BAT se utilizó la técnica de filtración de membrana. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS v. 11.5. Se utilizó el test no paramétrico de Mann-Whitney para el estudio comparativo de la significación de las diferencias entre las concentraciones de bacterias aerobias o *Legionella* y el test de Chi-cuadrado se utilizó para comparar los porcentajes de muestras positivas o negativas para la presencia de *Legionella*.

Resultados y Discusión

Nuestros resultados revelan que sólo en un 17,5% de las muestras estudiadas se detectó la presencia de *Legionella* spp. (Tabla 1). Éste porcentaje, al igual que las concentraciones de este último microorganismo y de BAT, han ido disminuyendo progresivamente a lo largo de los cinco años estudiados (Tablas 1-3). Estos resultados evidencian una mejora progresiva en el control de las instalaciones estudiadas y el impacto de la aplicación del RD (Tabla 3). Probablemente nuestros resultados pueden ser un ejemplo de lo ocurrido en otras instalaciones de este tipo, a escala nacional, y vincularse también a la progresiva disminución de los casos de Legionelosis notificados a lo largo de los años 2003 y 2004. Nos queda la duda de si la mejora observada en las instalaciones industriales se corresponde con una mejora comparable en los centros sanitarios de nuestro país, si se tiene en cuenta que los brotes recientes más importantes se han producido por torres de refrigeración de centros Sanitarios (Barcelona, 2004; Zaragoza, 2004).

También hemos observado una concentración de BAT significativamente más elevada en las muestras positivas para *Legionella* que en las negativas (Tabla 1), lo que indica

que las BAT son una buena herramienta para la validación de la eficacia del Plan de Autocontrol (PA) establecido en estas instalaciones. Sin embargo, el nivel establecido en el RD de BAT $>10^4$ UFC/ml como límite de acción, parecería no ser adecuado ya que el porcentaje de muestras positivas para *Legionella* por encima de esta concentración de BAT fue inferior (19,8%) al obtenido (80,2%) para niveles de BAT $<10^4$ UFC/ml (Tabla 2). Niveles de BAT superiores a 100 y 1000 UFC/ml parecen ser más útiles, tal y como se muestra en la Tabla 2, para predecir la presencia de *Legionella*. Estos resultados apoyan la importancia de seguir manteniendo el control de las BAT (a 36 ± 1 °C) como un indicador de riesgo de presencia de *Legionella* y evidencian la necesidad de introducir un límite de acción más bajo para las BAT. No obstante, sería importante corroborar nuestros resultados a escala más amplia en otras regiones geográficas de nuestro país. En aquellas instalaciones en las que mensualmente se están analizando simultáneamente ambos parámetros (BAT y *Legionella*), parece adecuado no obviar el análisis de BAT, ya que sus resultados aportan información complementaria sobre las deficiencias del tratamiento de desinfección y exceso de materia orgánica en el sistema. Todo esto indicaría la necesidad de realizar las correcciones oportunas, independientemente de que se aislara o no *Legionella*. Por otra parte podría considerarse que el análisis de *Legionella* realizado en paralelo ya sería el requerido por la norma en caso de superación de los límites de BAT de 10^4 UFC/ml.

Las mejoras observadas también indican que un seguimiento en continuo de validación del PA (mensual o trimestral) a través de los análisis microbiológicos conduce a una mejoría importante en las instalaciones. Sobre la base de este hecho y considerando que en microbiología unos análisis puntuales debe tomarse como resultados solo representativos de aquel momento concreto; pudiendo no ser representativos ni de la calidad global, ni del riesgo asociado a una instalación; debería reconsiderarse si tiene algún sentido realizar únicamente análisis anuales de *Legionella* en las instalaciones interiores de agua caliente sanitaria y agua fría de consumo humano tal y como exige la legislación vigente. A nuestro entender deberían establecerse la obligatoriedad de analizar los mismos parámetros microbiológicos (BAT y *Legionella*) y con la misma frecuencia que en las torres de refrigeración por lo menos en instalaciones de alto riesgo como es el caso de los centros sanitarios. Así mismo deberían establecerse al igual que en las torres de refrigeración las concentraciones en las deberían realizarse acciones correctivas.

Otro aspecto importante durante el muestreo es el referente a la recogida de materiales sedimentados, restos de suciedad e incrustaciones, tal y como establece el anexo 6 del RD. Cabe recordar que los análisis microbiológicos forman parte de la validación del PA de las instalaciones basado en el APPCC y que, por tanto, tienen que intentar reflejar la situación más desfavorable. En estas circunstancias, un resultado con concentraciones por encima de las establecidas en el RD para *Legionella* (>100 UFC/l) puede indicar un fallo en el programa de limpieza y desinfección vinculado al PA y, por tanto, permite corregirlo a tiempo antes de que el problema sea más grave.

Otro aspecto es el relacionado con la adición de neutralizante a los envases de recogida de muestras. La norma ISO 11731 para *Legionella* establece que cuando el biocida sea el cloro u otro producto oxidante deberá adicionarse tiosul-

fato sódico o potásico e indica que no existen datos sobre neutralizantes para otros biocidas. En la practica, muchas veces se están utilizando envases tratados con tiosulfato independientemente de que el biocida utilizado en la instalación sea de naturaleza no oxidante. Debería investigarse si esto tiene algún efecto sobre los resultados microbiológicos obtenidos.

La temperatura y tiempo transcurrido durante el transporte de las muestras y su análisis están también especificados en la norma ISO mencionada. Se indica una temperatura de transporte entre 18 °C y 6 °C y que el análisis deberá iniciarse a los 2 días, indicándose que nunca deberán excederse los 5 días. Esta claro que estas temperaturas no se ajustan a la realidad de muchas muestras que tienen temperaturas elevadas y que probablemente se irán enfriando en los contenedores isotérmicos de transporte. Tanto las condiciones del transporte como el tiempo transcurrido antes del análisis pueden a nuestro entender influir en la concentración final obtenida, lo cual requiere una investigación exhaustiva. Lo más conveniente, tal y como también recomienda la norma ISO, es que los tiempos se reduzcan al mínimo posible.

En el ámbito de los resultados microbiológicos, otro aspecto que probablemente requiere una revisión es el tiempo establecido (15 días) para evaluar la eficacia de los tratamientos de choque, ya que en muchos casos se obtienen muestras positivas con concentraciones elevadas de *Legionella*. Estas concentraciones no tienen porque estar siempre motivadas por un fallo en el tratamiento de choque, sino más bien ser una consecuencia de la liberación de incrustaciones y biopelículas. Si el objetivo es evaluar la eficacia del tratamiento debería esperarse más tiempo y establecer, sobre la base de la experiencia existente, el tiempo más adecuado para realizar esta validación. Probablemente las BAT podrían ser una herramienta útil de seguimiento post-tratamiento, especialmente si se tiene en cuenta la rapidez con la que se obtienen los resultados (48h) y su bajo coste, y su utilización podría permitir hacer un seguimiento de este fenómeno.

Por último, y a pesar de que no guardan una relación directa con este trabajo, comentaremos otros aspectos poco conocidos (sobre el periodo de incubación de la Legionelosis, las limitaciones de los métodos moleculares de tipado epidemiológico y el seguimiento de un brote) que consideramos que es muy importante que se tengan en cuenta.

Merece una mención especial el tiempo de incubación de la Legionelosis, ya que sobre él mismo se ha dogmatizado en exceso. Clásicamente se ha considerado que el periodo de incubación de la infección es de 2 a 10 días, y este límite es el considerado en la mayoría de brotes. No obstante existen datos que avalan periodos de incubación mucho más largos. La revisión de la publicación del primer brote ocurrido en Filadelfia en 1976 indica que 2 casos presentaron periodos de incubación de 16 y 26 días, mientras que en el brote ocurrido en una exhibición floral en Ámsterdam, en 1999, debido a un baño de burbujas en exhibición, el periodo osciló de 2 a 19 días, y en un 16% de los casos el periodo fue superior a 10 días⁵. Otro ejemplo corresponde al brote producido en Fredrikstad (Noruega), en 2005, debido a un equipo totalmente nuevo, un sistema no de refrigeración tipo torre o condensador evaporativo sino un purificador de aire de una fabrica de lignina. En este caso el periodo de incubación máximo fue de 20 días. Es importante por tanto que las autoridades sanita-

rias tengan en cuenta un límite superior de hasta 26 días en el seguimiento de un brote.

Otro aspecto importante es la eficacia de los métodos moleculares, (*Amplified Fragment Length Polymorphism* AFLP, *Pulse Field Gel Electrophoresis* PFGE) considerados de referencia, para caracterizar la cepa responsable de un brote y su origen. Se ha demostrado recientemente que algunos de los patrones de AFLP o PFGE están ampliamente distribuidos⁶. Por tanto, basándose en los resultados de estas técnicas, no se podría asegurar que si los aislamientos clínicos tienen el mismo patrón de AFLP o PFGE que los ambientales procedentes de una instalación concreta, ésta sea inequívocamente el foco de infección. Recientemente se ha propuesto como técnica alternativa y mucho más precisa y reproducible la secuenciación de varios genes (*Multilocus Sequence Typing*, MLST) para establecer estas relaciones epidemiológicas⁷.

Por último queremos comentar que cuando se produce un brote en una localidad concreta y empiezan a aparecer los primeros casos, alguna instalaciones inician tratamientos de choque antes de que se comience la inspección para la toma de muestras oficiales. No debe sorprender que, en estas circunstancias, muchas de estas muestras sean negativas para *Legionella*, tanto utilizando métodos de cultivo convencionales como moleculares. Este hecho puede enmascarar el foco real de un brote y la eficacia de la legislación vigente para prevenir la Legionelosis. Cabe recordar que en el brote de Murcia, la cepa a la que se asoció el brote se aisló después de un mes de haber estado parada la instalación y casi 4 meses después de haberse iniciado el brote².

En conclusión podemos decir que las investigaciones epidemiológicas deben prolongarse en el tiempo para poder establecer el foco definitivo de un brote y que aportan una información valiosísima que debe servir para actualizar los conocimientos sobre el control de la Legionelosis.

BIBLIOGRAFÍA

1. Joseph C. New outbreak of legionnaires' disease in the United Kingdom. *BMJ* 2002;325:347-348
2. Garcia-Fulgueiras A, Navarro C, Fenoll D, Garcia J, Gonzalez-Diego P, Jimenez-Birnales T, Lopez R, Pacheco F, Ruiz J, Segovia M, Balandron B, Pelaz C. Legionnaires' disease outbreak in Murcia, Spain. *Emerg Infect Dis*. 2003; 9:915-2
3. Yamamoto H, Sugiura M, Kusunoki S, Ezaki T, Ikeda M, Yabuuchi E. Factors stimulating propagation of legionellae in cooling tower water. *Appl Environ Microbiol* 1992; 58:1394-7.
4. WHO. Heterotrophic plate counts and drinking-water safety. J. Bartram, J. Cotruvo, M. Exner, C. Fricker and A. Glasmacher (eds). IWA Publishing, London. 2003.
5. Den Boer JW, Yzerman E PF, Schellekens J, Lettinga KD, Boshuizen HC, Van Steenberghe JE, Bosman A, Van den Hof S, Van Vliet HA, Peeters MF, Van Ketel RJ, Speelman P, Kool JL, Conyn-Van Spaendonck MAE. A Large Outbreak of Legionnaires' Disease at a Flower Show, the Netherlands, 1999. *Emerg Infect Dis* 2002; 8:37-43.
6. Aurell H, Etienne J, Forey F, Reyrolle M, Girardo P, Farge P, Decludt B, Campese C, Vandenesch F, Jarraud S. *Legionella pneumophila* serogroup 1 strain Paris: endemic distribution throughout France. *J Clin Microbiol*. 2003;41:3320-2.
7. Gaia V, Fry NK, Afshar B, Luck PC, Meugnier H, Etienne J, Peduzzi R, Harrison TG. Consensus sequence-based scheme for epidemiological typing of clinical and environmental isolates of *Legionella pneumophila*. *J Clin Microbiol* 2005; 43:2047-52.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

José M^º Ordóñez Iriarte, M^º Elisa Gómez Campoy, María Saquero Martínez y Comité Científico

INTRODUCCIÓN

El objeto de las I JORNADAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA LEGIONELOSIS ha sido propiciar un encuentro técnico para intentar dar respuesta al conjunto de dudas e interrogantes que tienen los profesionales de Sanidad Ambiental en la aplicación del vigente marco normativo de prevención de legionelosis. Estas dudas e interrogantes fueron recogidos previamente por los Delegados de la SESA en las Comunidades Autónomas, entre los técnicos que trabajan en los programas de prevención de la legionelosis ⁽¹⁾ y fueron trasladados a los ponentes participantes en las Jornadas.

Teniendo en cuenta el conjunto de ponencias presentadas en este monográfico de la REVISTA DE SALUD AMBIENTAL, los debates que se generaron en cada una de las mesas de las Jornadas y el avance de conclusiones publicado ⁽²⁾, se presentan las siguientes conclusiones técnicas y recomendaciones.

Este documento, que pretende ser práctico y operativo, ha sido revisado y consensado por el conjunto de ponentes y por el Comité Científico de las Jornadas, y está redactado en clave de tareas pendientes que deberían abordar tanto las Administraciones públicas como las empresas del sector y los titulares de las instalaciones de riesgo.

CONCLUSIONES TÉCNICAS

1.- España se encuentra entre los países de la Unión Europea con las tasas más altas de legionelosis y, a pesar de la existencia de normas para la prevención y control de la enfermedad, siguen produciéndose brotes, algunos de ellos de gran magnitud. Además, se aprecian grandes diferencias por Comunidades Autónomas, tanto en el número de casos como de brotes declarados, que podrían atribuirse, entre otros factores, a la aplicación de estrategias de actuación diferentes y de esfuerzos desiguales en el diagnóstico de las neumonías comunitarias. Llama la atención que en el 50% de los brotes se desconozca el origen de la infección.

2.- Los medios de comunicación son capaces de amplificar determinados problemas de salud pública y, en el caso de la legionelosis, convertirla en la primera de la lista de prioridades, lo que parece a todas luces desmesurado.

3.- Los sistemas de información geográfica (SIG) se muestran como herramientas muy útiles para la prevención y control de las legionelosis.

4.- En el estudio de casos y brotes, juegan un papel relevante los factores meteorológicos y geográficos por ser variables que afectan a la dispersión de los aerosoles emitidos por las instalaciones de riesgo.

5.- Desde un punto de vista microbiológico, puede afirmarse que se desconocen muchos aspectos de la *Legionella* que podrían tener relevancia en el abordaje de acciones preventivas más efectivas. El papel que desempeñan las amebas en la patogénesis y ecología de la bacteria parece fundamental por, al menos, varios hechos: porque protegen a la *Legionella* de las condiciones externas y le permiten multiplicarse dentro de la ameba, lo que acentúa sus mecanismos de virulencia, y porque acaba formando vesículas que parecen ser núcleos infectantes más importantes que los simples aerosoles. Adicionalmente, el comportamiento de las amebas y de las vesículas frente a los biocidas bajo determinadas circunstancias parece que no es el deseado.

6.- La desinfección no es efectiva si no va precedida por una limpieza exhaustiva.

7.- En el ámbito hospitalario, a tenor de algunas experiencias, parece que el sistema de pasteurización en continuo puede ser efectivo en instalaciones nuevas, bien diseñadas y con auditoría hidráulica; sin embargo no resulta efectivo en redes antiguas, con ramales sin recircular o sin auditar hidráulicamente.

8.- Uno de los requisitos que solicita el Ministerio de Sanidad y Consumo para inscribir en el Registro Oficial de Biocidas a los productos para uso en la prevención de la legionelosis, es la valoración de su eficacia. Sin embargo, estas condiciones ideales del ensayo de la actividad bactericida en el laboratorio difieren con las características del funcionamiento diario y de la calidad del agua de las instalaciones. Llama la atención que los sistemas de tipo físico o físico-químico no dispongan de un procedimiento estandarizado de evaluación de su efectividad.

9.- Las labores de limpieza y desinfección implican la utilización de compuestos químicos diferentes a los biocidas, como son los antioxidantes, biodispersantes, etc., que presentan características peligrosas desde el punto de vista toxicológico. Ello obliga a un ejercicio de responsabilidad en la elección, manejo y gestión de estos productos químicos por parte de las empresas de tratamiento, para que, manteniendo la efectividad de los mismos, se sea respetuoso con la salud y el medio ambiente.

10.- En el caso de los establecimientos balnearios, deben tomarse especiales precauciones para que los procedimientos seleccionados no supongan una merma en la naturaleza propia del agua mineral-medical.

11.- Las empresas de mantenimiento higiénico sanitario de las instalaciones deben mejorar de forma sustancial la calidad de los servicios que prestan y ser capaces de abordar con rigor y profesionalidad el conjunto de cometidos que de ellas se espera.

12.- Las Comunidades Autónomas no tienen criterios homogéneos de inscripción de empresas de mantenimiento en los respectivos Registros de Establecimientos y Servicios Biocidas, por lo que se crean contradicciones muy relevantes.

13.- No es suficiente garantía, en los momentos actuales, que los análisis de *Legionella* puedan ser realizados por laboratorios que únicamente tengan implantado un sistema de calidad para este tipo de ensayos.

14.- Con los conocimientos actuales, la PCR no debería desplazar al cultivo sino complementarlo.

RECOMENDACIONES

1.- Es necesario realizar estudios específicos orientados a evaluar la eficacia de algunas de las medidas de control y prevención de legionelosis recogidas en la legislación vigente, así como revisar en general los protocolos, productos y materiales que se están utilizando y, mientras tanto, se debe exigir el cumplimiento estricto de la normativa en vigor.

2.- Deben realizarse estudios específicos orientados a cuantificar las diferencias diagnósticas de esta enfermedad entre las Comunidades Autónomas.

3.- La investigación de brotes es una excelente oportunidad para profundizar en el conocimiento de las fuentes de infección y de los factores contribuyentes, así como de evaluar las medidas de control. Procede por tanto potenciar en la investigación de brotes la utilización de los SIG, conocer la dispersión de los aerosoles, y contar con el mayor número posible de cultivos de pacientes y de agua, siendo necesario incluso la utilización de métodos moleculares para diferenciar los distintos tipos de *Legionella*.

4.- Es recomendable el uso y explotación de los SIG en las Comunidades Autónomas.

5.- Se propone la elaboración de un manual de gestión de la comunicación ante una crisis por legionelosis.

6.- Se deben impulsar estudios que permitan conocer la relación de *Legionella* con las amebas, con otras bacterias presentes en el agua y con el biofilm, la dosis infectante y el poder infectante de las vesículas que liberan estas amebas, el papel que juegan los parámetros de calidad del agua (pH, salinidad, turbidez...), las condiciones meteorológicas y geográficas que facilitan la difusión y dispersión de los aerosoles, los niveles de aerobios totales que pueden actuar como indicadores de presencia de *Legionella*, la efectividad de los biocidas, las indicaciones y limitaciones de las técnicas PCR en la vigilancia, etc.

7.- Es deseable contar con un catálogo de materiales resistentes a los choques térmicos y químicos para tuberías, paquetes de rellenos, aparatos, materiales de sellado etc.

8.- En adecuado disponer de métodos estandarizados de las pruebas de efectividad que despejen las dudas sobre la utilidad de los biocidas registrados.

9.- Los hospitales deben dedicar más atención y recursos al mantenimiento de sus instalaciones de riesgo, para proteger la salud de sus pacientes y de la población general frente a la legionelosis.

10.- La responsabilidad en un empleo más racional del uso del agua debe propiciar la revisión de los procedimientos de limpieza y desinfección para sustituirlos por otros que con igual eficacia, consuman menos agua.

11.- Es necesario elaborar una guía para la adecuada elección de biocida, según las circunstancias.

12.- En los establecimientos de balnearios, los métodos idóneos serían aquellos que no introdujesen productos químicos que pudiesen alterar las características de estas aguas.

13.- Se proponen los siguientes criterios, encaminados a reforzar la profesionalización del sector empresarial dedicado al mantenimiento higiénico-sanitario:

- Las empresas deben disponer de Director Técnico y titulados con formación universitaria y específica en disciplinas sanitarias y técnicas cuya formación permita abordar la prevención de la legionelosis desde un punto de vista que integre el mantenimiento técnico con el mantenimiento higiénico-sanitario.

- Las empresas deben estar acreditadas a las normas de calidad y de medio ambiente.

- Las actuaciones deben contemplar aparte de los niveles de actuación, los de planificación previa y autocontrol posterior

- Hay que establecer diferentes niveles de formación en base a las responsabilidades y funciones a desempeñar en el mantenimiento higiénico-sanitario y fomentar la inclusión de estos profesionales en el Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales

14.- De forma urgente, las normas reguladoras de la inscripción de estas empresas en los respectivos registros autonómicos deben homogeneizarse

15.- Los análisis de *Legionella* deben reflejar la norma en la que se basan (ISO o UNE) y cuyo límite de detección real sea de, al menos, 100 ufc/L. Los análisis deberán ser realizados por laboratorios acreditados para el aislamiento de la *Legionella* en agua.

16.- Es urgente que se elaboren guías consensuadas para la toma de muestras para determinación de *Legionella*, en las que se establezcan criterios bien definidos en función de la finalidad de los análisis.

17.- La normativa de prevención debe hacer más énfasis sobre limpieza exhaustiva previa a la desinfección.

18.- Se debe investigar sobre el significado real que representan las concentraciones de los aerobios que figuran en la legislación.

BIBLIOGRAFÍA:

- 1.- Comité Científico de las Jornadas y Delegados de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental de las Comunidades Autónomas. Diagnóstico de situación para identificar dudas y problemas en prevención y control de legionelosis. (2006). (mimeo)
- 2.- Ordóñez Iriarte J M^a, Saquero Martínez M. I Jornadas de Prevención y Control de la Legionelosis, Sociedad Española de Sanidad Ambiental [noticias]. Gac Sanit. 2006; 20(5):414-5.

REVISTA DE SALUD AMBIENTAL**Revista de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental**

La *Revista de Salud Ambiental*, órgano de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental, pretende actuar como publicación científica en el ámbito de las disciplinas destinadas a proteger la salud de la población frente a los riesgos ambientales y, a su vez, permitir el intercambio de experiencias, propuestas y actuaciones entre los profesionales de la Sanidad Ambiental y disciplinas relacionadas como son la Higiene Alimentaria, la Salud Laboral, los Laboratorios de Salud Pública, la Epidemiología Ambiental o la Toxicología Ambiental.

Periodicidad: 2 números al año**Correspondencia científica:**

Revista de Salud Ambiental

Apartado de correos 108, 46110 Godella, Valencia

Comité de Redacción:

Direcció General de Salut Pública

C/ Micer Mascó 33, 46010 Valencia

Suscripciones

Secretaría administrativa de SESA: TILES A OPC, S.L.

C/ Londres, 17; 28028 MADRID

TELF: 913 612 600; FAX: 913 559 208; Email: sesa@tilesa.es**Precios suscripciones**

Para los miembros de la SESA la suscripción está incluida en la cuota de socio

Suscripción anual: **25 €**Ejemplar suelto: **16 €**Ejemplar doble: **28 €**

Para el extranjero los precios son los mismos más los gastos de envío.

D. L.: V-2.644-2001

ISSN: 1577-9572

Imprime: Federico Domenech, S. A.

Este número monográfico de *REVISTA DE SALUD AMBIENTAL* se ha publicado con el apoyo del Ministerio de Sanidad y Consumo

COPYRIGHT Cuando el manuscrito es aceptado para su publicación, los autores ceden de forma automática el Copyright a la Sociedad Española de Sanidad Ambiental. Ninguno de los trabajos publicados en la *Revista de Salud Ambiental*, podrá ser reproducido, total o parcialmente, sin la autorización escrita de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

REVISTA DE SALUD AMBIENTAL

Sociedad Española de Sanidad Ambiental

TIPOS DE ARTÍCULOS:

La Revista consta de las siguientes secciones:

- **Originales.** Trabajos de investigación, artículos de revisión y estudios de casos y análisis de actuaciones sobre Salud y Medio Ambiente (Sanidad Ambiental, Higiene Alimentaria, Salud Laboral, Laboratorios de Salud Pública y Toxicología) Tendrán la siguiente estructura: resumen, palabras clave, texto (introducción, material y métodos, resultados y discusión), agradecimientos y bibliografía. La extensión máxima del texto será de doce hojas tamaño DIN-A4, mecanografiadas a doble espacio, utilizando letra Arial 11, admitiéndose un máximo de seis figuras y seis tablas. Es aconsejable que el número de autores no sobrepase los seis.

- **Colaboraciones Especiales.** El texto tendrá una extensión máxima de quince hojas de tamaño DIN-A4, mecanografiadas a doble espacio, utilizando letra Arial 11 La bibliografía no será superior a las cien citas. Opcionalmente el trabajo podrá incluir tablas y figuras.

- **Noticias SESA.** sección dedicada a las actividades y proyectos concretos de la Sociedad y a proporcionar a los asociados información de interés técnico o normativo.

- **Otras Secciones.** La *Revista de Salud Ambiental* incluye otras secciones tales como Editoriales, Cartas al director, reseñas de libros, etc.

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

Las siguientes normas de publicación son un resumen de los "Requisitos de uniformidad para manuscritos presentados a revistas biomédicas" (estilo Vancouver) 5ª edición, elaborados por el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, publicadas en: Rev Esp Salud Pública 1997; 71:89-102.

Los manuscritos, con la correspondiente numeración, se presentarán de acuerdo al siguiente orden: página del título, resumen, texto, bibliografía, tablas, pies de figuras y figuras

Página del título. **En esta página se indicarán los siguientes datos:**

Título del artículo (conciso pero informativo)

Nombre y dos apellidos de cada uno de los autores.

Nombre completo del centro de trabajo de cada uno de los autores

Nombre y dirección completa, del responsable del trabajo o del primer autor, incluyendo número de teléfono y del telefax y dirección del correo electrónico si dispone de ella.

Becas o ayudas para la subvención del trabajo y otras especificaciones, cuando se considere necesario.

Resumen y palabras clave Se incluirá en la segunda página, con una extensión máxima de 250 palabras. Se describirá de forma concisa el motivo de la investigación, la manera de llevar a cabo la misma, los resultados más destacados y las principales conclusiones del trabajo.

Debajo del resumen se especificarán de tres a diez **palabras clave** que identifiquen el contenido del trabajo para su inclusión en los repertorios y bases de datos

Tanto el título como el resumen y las palabras clave deben ir acompañadas de su traducción al inglés.

Texto

Las páginas siguientes serán las dedicadas al texto del artículo. Los artículos originales deben ir divididos en los siguientes apartados: Introducción, Material y métodos, Resultados y Discusión. Algún tipo de artículos, como revisiones, presentaciones de casos, etc., puede precisar otro formato diferente.

Introducción. Debe indicar con claridad y de forma resumida los fundamentos del trabajo y la finalidad del mismo, no incluyendo datos o conclusiones del trabajo que se publica

Material y métodos. Debe describir claramente la metodología utilizada, incluyendo la selección de personas o material estudiado, indicando los métodos, aparatos y/o procedimientos con suficiente detalle par permitir reproducir el estudio a otros investigadores. Se expondrán los métodos estadísticos y de laboratorio empleados.

Cuando se trate de trabajos experimentales en los que se hayan utilizado grupos humanos o animales, indicar las normas éticas seguidas por los autores. Los estudios experimentales en humanos deberán contar con la correspondiente aprobación.

Cuando se haga referencia a productos químicos o medicamentos debe indicarse el nombre genérico.

Resultados. Los resultados deben ser concisos y claros, incluyendo el mínimo necesario de tablas y figuras, de modo que no exista repetición de datos en el texto, y en las figuras y tablas.

Discusión. Se considerarán los resultados presentados comparándolos con otros publicados, así como las conclusiones y aplicaciones. No deberán repetirse con detalle los resultados del apartado anterior y las conclusiones se apoyarán en los resultados del trabajo.

Agradecimientos. Cuando se considere necesario se citará a las personas, centros o entidades que hayan colaborado en la realización del trabajo sin llegar a la calificación de autor.

Bibliografía. Las referencias bibliográficas se presentarán según el orden de aparición en el texto con la correspondiente numeración correlativa en números arábigos en superíndices. A continuación citamos algunos ejemplos :

Artículos de Revistas

Vega KJ, Pina I, Krevsky B. Heart Transplantation is associated with an increased risk for pancreatobiliary disease. Ann Intern Med 1996;124:980-3.

Libros y Otras Monografías

Ringsven MK, Bond D. Gerontology and leadership skills for nurses. 20 ed. Albany (NY): Delmar Publishers;1996.

Institute of Medicine (US). Looking at the future of the Medicaid programme. Washington (DC): The Institute; 1992.

Capítulo de libro

Phillips SJ, Whisnant JP. Hypertension and stroke. En: Laragh JH, Brenner BM, editores. Hypertension: pathophysiology, diagnosis and management. 20 ed. Nueva York: Raven Press;1995. p. 465-78.

Actas de conferencias

Kimura J, Shibasaki H, editors. Recent advances in clinical neurophysiology. Proceedings of the 10th International Congress of EMG and Clinical Neurophysiology; 1995 Oct 15-19; Kyoto, Japón. Amsterdam: Elsevier; 1996.

Documentos legales

Real Decreto 202/2000, de 11 de febrero, por el que se establecen las normas relativas a los manipuladores de alimentos. BOE núm. 48, de 25 de febrero

Internet

Donaldson L, May R. Health implications of genetically modified foods. 1999, Disponible en: www.doh.gov.uk/gmfood.htm.

Tablas

Las tablas se presentarán en hojas aparte del texto, una hoja por tabla, numeradas correlativamente con números arábigos, título en la parte superior y con las pertinentes notas explicativas al pie

Figuras

Deberán ir numeradas consecutivamente, según el orden de aparición en el texto, en números arábigos. El pie contendrá la información necesaria para interpretar correctamente la figura sin recurrir al texto.

PRESENTACIÓN DE MANUSCRITOS Y PROCESO EDITORIAL

Los manuscritos se enviarán por triplicado a la *Revista de Salud Ambiental*, mecanografiados a doble espacio, utilizando letra tipo Arial 11, en folios DIN A4, dejando márgenes laterales, superior e inferior de 2,5 cm. Se acompañarán de una carta de presentación, firmada por todos los autores, en la que se solicitará la evaluación de los mismos para su publicación en alguna de las secciones de la Revista, con indicación expresa de tratarse de un trabajo original, no haber sido difundido ni publicado anteriormente, excepto en forma de resumen, y únicamente ser enviado a la *Revista de Salud Ambiental* para su evaluación y publicación

La redacción de la *Revista de Salud Ambiental* acusará recibo a los autores de los trabajos que le lleguen y posteriormente informará de su aceptación o rechazo.

Los manuscritos serán revisados de forma anónima por evaluadores externos. La redacción de la *Revista de Salud Ambiental* se reserva el derecho de rechazar los artículos que no juzgue apropiados para su publicación, así como el de introducir modificaciones de estilo para adaptarse a las normas de publicación, comprometiéndose a respetar el contenido del original.

El manuscrito definitivo será enviado por los autores por duplicado, incluyendo el correspondiente disquete e indicando el programa utilizado

Cuando el artículo se halle en prensa, el autor recibirá las pruebas impresas para su corrección, que deberá devolver a la redacción de la revista dentro de las 72 horas siguientes a su recepción

La *Revista de Salud Ambiental* no devolverá los manuscritos originales, hayan sido aceptados o no para su publicación.

Una vez publicado cada número de la *Revista de Salud Ambiental*, los autores de los trabajos publicados en él recibirán cada uno dos ejemplares del mismo.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Se incluirá el permiso de publicación por parte de la institución que haya financiado la investigación, si procede.

El envío del manuscrito implica que este no ha sido publicado anteriormente y que no está considerándose para su publicación en otra revista, libro, etc.

La responsabilidad de obtener los correspondientes permisos para reproducir parcialmente material de otras publicaciones corresponde a los autores.

La *Revista de Salud Ambiental* declina cualquier responsabilidad sobre posibles conflictos derivados de la autoría de los trabajos que se publiquen

La *Revista de Salud Ambiental* no acepta la responsabilidad de las afirmaciones realizadas por los autores.

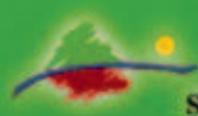
COPYRIGHT Cuando el manuscrito es aceptado para su publicación, los autores ceden de forma automática el Copyright a la Sociedad Española de Sanidad Ambiental. Ninguno de los trabajos publicados en la *Revista de Salud Ambiental*, podrá ser reproducido, total o parcialmente, sin la autorización escrita de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental.

IX Congreso Nacional de Sanidad Ambiental

"Los Retos de la Salud Ambiental en el contexto de la Unión Europea"



Sevilla 2007
28, 29 y 30 Noviembre.



SESA

Volumen VI
Número 1 y 2
Junio-diciembre 2006
Valencia

REVISTA DE

SALUD AMBIENTAL

REVISTA DE SALUT AMBIENTAL • REVISTA DE SAÛDE AMBIENTAL • INGURUGIRO-OSASUNEKO ALDIZKARIA

LAS OBRAS
DE
HIPPOCRATES

I Jornadas sobre prevención y control de legionelosis

M.A.S. SELEKTAS
I.USTRADAS
POR EL D.^a ANDRÉS PIQUER,
Medico de S. M. y su Proto-Medico de Casti-
lla, Cathedratico de Anatomia de la Univer-
sidad de Valencia, Socio de la Regia Sociedad
de Sevilla, y Vice-Presidente de la Real
Academia Medica-Matritense
por S. M.

Madrid, 14 y 15 de junio de 2006

TOMO SEGUNDO.

CON PRIVILEGIO.

MADRID. En la Oficina de Joachin Ibarra, calle de las Urofás.
Año M. DCC. LXI.

SOCIEDAD ESPAÑOLA



DE SANIDAD AMBIENTAL

Rev. salud ambient. 2006;6(1-2): 1-94