



Documentación de medidas de

NTP 538: Legionelosis: prevención y control en instalaciones de suministro de agua

Légionelloses: mesures de lutte et prevention dans les installations de suministro d'eau
 Legionellosis: control and preventive measures in water supply installations

Redactora:

Ana Hernández Calleja
 Licenciada en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Introducción

En el verano de 1976 un suceso captó la atención pública: la aparición de un brote epidémico durante la convención anual de la Legión Americana, celebrada en un hotel de la ciudad de Filadelfia. Entre los 4.000 asistentes a la convención se detectaron 221 casos de neumonía que provocaron la muerte de 34 personas, como resultado de la exposición a un agente infeccioso no identificado.

La enfermedad del legionario, como la bautizó rápidamente la prensa, supuso un reto para los investigadores. Pero no fue hasta el año siguiente cuando el Centro de Control de Enfermedades (CDC Center for Disease Control) identificó al agente causal denominándolo *Legionella pneumophila*. El descubrimiento puso en marcha diversos estudios retrospectivos mediante los cuales se pudieron atribuir al nuevo agente los casos de brotes neumónicos ocurridos en décadas anteriores y que todavía permanecían inexplicados.

El nuevo agente resultó ser una bacteria Gram negativa de forma bacilar, ubicuo en medios acuáticos naturales, lagos, ríos, arroyos, lodos, etc.; que también sobrevive en pequeñas cantidades en los sistemas potabilizadores de agua, pudiendo ser transportada con ella a los edificios donde puede colonizar las instalaciones de suministro de agua y los sistemas de acondicionamiento del aire.

La *Legionella* crece en agua a temperaturas comprendidas entre 20 °C y 50 °C, con un desarrollo óptimo entre 35 °C y 45 °C. Por debajo de los 20 °C permanece latente, sin multiplicarse, y no sobrevive por encima de los 60 °C.

Otros factores que tienen influencia en su desarrollo son: el pH del agua (sobreviven bien en intervalos de pH que oscilan entre 2 y 9,5); precisan de la presencia de L-cisteína y de sales de hierro; y se ha comprobado que la presencia de otras formas de vida como las algas y los protozoos le otorgan, al ser parasitadas, un grado de protección adicional frente a los tratamientos del agua.

Su supervivencia en el aire es corta debido a la poca resistencia que presentan a la

deseccación y a los efectos de la radiación ultravioleta.

Se han identificado, al menos, 35 especies y 54 serogrupos de Legionella, por lo menos 20 de esas especies están relacionadas con enfermedades humanas. Más del 80% de todos los casos de legionelosis han sido causados por Legionella pneumophila serogrupo 1.

Exposición a legionella

Existen dos tipos principales de organismos que pueden causar infecciones en el hombre: los parásitos obligados, como son los virus y algunas bacterias, que precisan invadir células vivas para su crecimiento y reproducción, y los saprofitos facultativos que pueden utilizar tanto materia orgánica muerta como células vivas. Este grupo incluye patógenos primarios, habitualmente encontrados en huéspedes vivos, y patógenos oportunistas, que se encuentran normalmente en el ambiente y sólo causan la enfermedad en circunstancias extraordinarias.

Para causar una infección transmitida por vía aérea, el microorganismo debe estar presente en el lugar (**reservorio**), debe alcanzar un número suficiente para causar la infección (**amplificación**) y debe pasar al ambiente en estado infectivo (**diseminación**).

Los reservorios, amplificadores y diseminadores para los parásitos obligados y para muchos de los patógenos primarios facultativos son los propios huéspedes; la diseminación ocurre a través de los aerosoles emitidos al hablar, toser o estornudar; una vez en el aire, el microorganismo debe encontrar un nuevo huésped en un período de tiempo breve o morirá.

Los reservorios para los patógenos oportunistas son cualquier espacio que contenga suficientes nutrientes y condiciones ambientales para mantener el desarrollo de los microorganismos; algunos ejemplos de reservorios son: depósitos de polvo, restos vegetales, restos de animales, aguas estancadas y materiales humedecidos.

La amplificación de estos microorganismos ocurre cuando las condiciones son tales que permiten un rápido crecimiento y multiplicación de los mismos; por ejemplo, el aporte continuado de nutrientes, el rango óptimo de temperatura, humedad o pH, etc.

La diseminación, generalmente, requiere de alguna actividad que altere el substrato sobre el que se desarrolla; en algunos casos, ésta es propia del reservorio, por ejemplo, el funcionamiento de las torres de refrigeración; en otros casos, resulta de la actividad humana, por ejemplo, la limpieza del reservorio.

El que un microorganismo llegue a producir la enfermedad depende de dos factores: la virulencia y la inmunidad del huésped. La virulencia es una capacidad asociada a las cepas de especies microbianas patógenas y es un aspecto decisivo en la determinación de la dosis infectiva. La inmunidad del huésped hace referencia al estado del sistema de defensa del huésped que le permitirá prevenir las infecciones; un individuo sano es capaz de evitarlas todas excepto las causadas por los patógenos más virulentos, mientras que los individuos, que por alguna razón tengan dañado su sistema inmunitario, pueden ser atacados por patógenos oportunistas.

En el caso de Legionella, los focos de contaminación que con mayor frecuencia han sido relacionados con los brotes epidémicos son las instalaciones de suministro de agua y de acondicionamiento del aire de los edificios en las que se dan las condiciones óptimas para el desarrollo del agente. Es decir, aquellos sistemas que permiten su crecimiento y su

dispersión al ambiente. Entre ellos se pueden destacar:

- Circuitos de distribución de agua caliente sanitaria (grifos, cabezales de ducha, sifones, tramos ciegos, etc.).
- Sistemas de climatización y torres de refrigeración.
- Aguas termales de centros de rehabilitación y recreo.
- Equipos médicos de aerosolterapia.
- Fuentes decorativas.

La supervivencia y multiplicación de la bacteria en estos sistemas se relaciona, además de la existencia de una temperatura óptima para su desarrollo, con la presencia de lodos, materiales de corrosión y otros microorganismos (amebas, algas y otras bacterias), que le sirven de sustrato y le ofrecen una cierta protección frente a los tratamientos de desinfección del agua que, habitualmente, consisten en la elevación de la temperatura y en el uso de desinfectantes químicos. En la figura 1 se muestra la relación entre las temperaturas de diseño de diferentes equipos, el estado de desarrollo de la bacteria y la probabilidad del riesgo de multiplicación asociado a los diferentes equipos. Según este esquema, los focos de contaminación más probables son: las torres de refrigeración, los cabezales de las duchas y los Yacuzi, dado que sus temperaturas habituales de trabajo coinciden con las de máxima multiplicación de la bacteria.

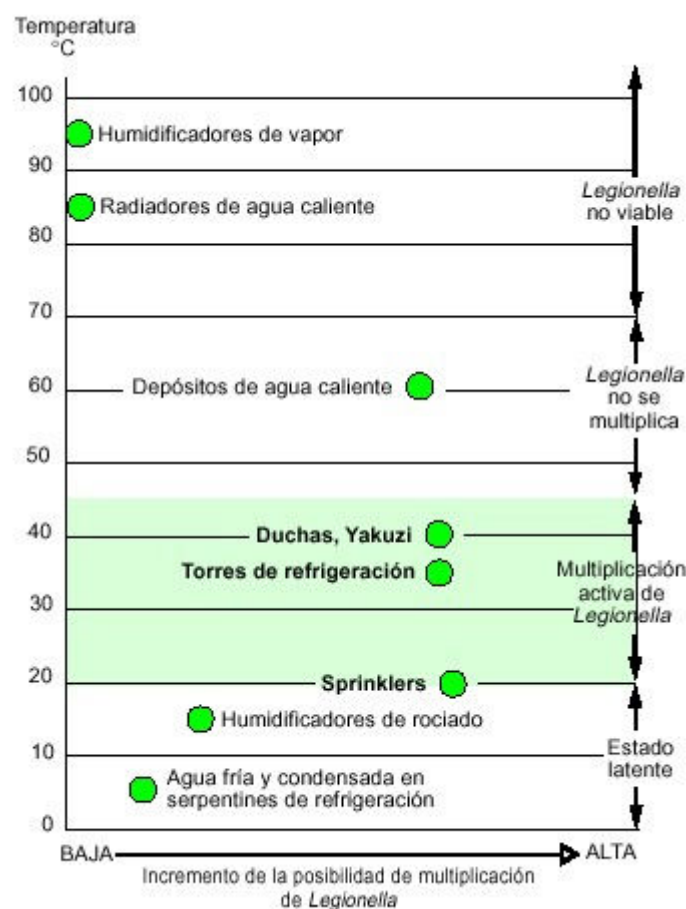


Figura 1. Esquema de las posibilidades de desarrollo de Legionella a diferentes temperaturas y en diferentes instalaciones

Para la diseminación de las legionelas es necesario que se genere un aerosol. Por lo que respecta a las instalaciones de suministro de agua, el aerosol se crea en los grifos y en los cabezales de la ducha. En las instalaciones de acondicionamiento del aire, los puntos más importantes en la generación de aerosoles son las torres de refrigeración y, dependiendo de su principio de funcionamiento, los humidificadores, aunque su papel en el origen de la enfermedad parece ser menos importante que el que tienen las torres de refrigeración.

En muchos casos, el origen de los brotes epidémicos puede ser debido a la exposición a los aerosoles emitidos desde las torres de refrigeración que han vuelto a entrar en el edificio por las tomas de aire exterior del sistema de ventilación; a través de una chimenea debido a la presión negativa existente en el edificio, o por las ventanas abiertas. En otros casos, el origen de los brotes epidémicos radica en la exposición a esos aerosoles que pueden afectar a las personas en las inmediaciones del edificio.

Riesgos para la salud

La principal vía de transmisión de la infección es la inhalación de aerosoles líquidos que contengan la bacteria. No ha sido documentada la transmisión entre personas ni la infección por la ingestión de agua contaminada.

Para causar la enfermedad, la bacteria debe ser virulenta, estar presente en cantidades suficientes, ser dispersada desde sus reservorios y alcanzar el fondo del pulmón. Una vez allí, la bacteria puede evadir las defensas del huésped parasitando células fagocitarias.

Legionella es un agente oportunista capaz de causar la enfermedad en personas especialmente susceptibles. Los factores de riesgo individual son los siguientes:

- Edad avanzada (> 50 años).
- Sexo masculino.
- Tabaquismo (cigarrillos).
- Alcoholismo.
- Individuos inmunodeprimidos o inmunocomprometidos.
- Padecer diabetes, cáncer.
- Estar sometido a tratamiento de diálisis, haber recibido un trasplante, estar en tratamiento con corticoesteroides.
- Enfermedades respiratorias crónicas.

No obstante, los individuos sanos también pueden padecer la enfermedad si han sufrido una exposición a concentraciones suficientemente elevadas del agente infeccioso.

No existen datos sobre dosis infecciosas, pero sí tentativas de establecer unos criterios de valoración cuantitativos basados en los datos procedentes de las investigaciones de los casos ocurridos. Estos criterios orientativos se recogen en la tabla 1.

Tabla 1. Criterios de valoración sugeridos para Legionella

LEGIONELLA ufc/ml	TORRES DE REFRIGERACIÓN	INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE	HUMIDIFICADORES / NEBULIZADORES
< 1	Bajo	Bajo	Bajo
1 ÷ 9	Bajo	Bajo	Moderado
10 ÷ 99	Bajo	Moderado	Alto
100 ÷ 999	Moderado	Alto	Alto
> 1000	Alto	Alto	Alto

El término Legionelosis hace referencia a las enfermedades causadas por la bacteria Legionella. Básicamente estas enfermedades son dos: la Enfermedad del legionario y la Fiebre de Pontiac. La primera es una forma severa de neumonía, mientras que la segunda consiste en una infección no neumónica presentando un cuadro pseudogripal. En la tabla 2 se reflejan las principales características de ambas enfermedades.

Tabla 2. Rasgos distintivos de las dos formas de enfermedad asociada a la Legionella pneumophila

	ENFERMEDAD DEL LEGIONARIO	FIEBRE DE PONTIAC
Incidencia	1 - 5 %	95 %
Período de incubación	De 2 a 10 días	Uno o dos días
Síntomas	Fiebre, tos, dolor muscular, escalofríos, dolor de cabeza, dolor torácico, esputos, diarrea, confusión, coma	Fiebre, tos, dolor muscular, escalofríos, dolor de cabeza, dolor torácico, confusión
Efectos en pulmón	Neumonía	Pleuritis. Ausencia de neumonía
Afección en otros órganos	Riñón, hígado, tracto gastrointestinal, sistema nervioso	Ninguno
Proporción de casos fatales	15 - 20 % (*)	Ausencia

(*) Entre individuos susceptibles no tratados puede aumentar hasta el 80%

Medidas de control

Como en cualquier otro ámbito de la prevención de riesgos laborales, la posibilidad de contaminación por agentes biológicos debería ser tenida en cuenta en la fase de diseño de las instalaciones, en particular, las de climatización del aire.

Es difícil disponer de métodos de prevención y control de Legionella totalmente eficaces, fundamentalmente por dos razones: por una parte, porque Legionella es una bacteria ubicua en el ambiente en el que la erradicación sería ilusoria y, por otra parte, porque esta bacteria es más resistente que otros microorganismos a la acción de los medios físicos o químicos de control habitualmente empleados. No obstante, existen una serie de medidas

que pueden disminuir considerablemente el riesgo. Estas medidas se pueden agrupar en: relativas al diseño y montaje de las instalaciones y relativas al mantenimiento y explotación de las mismas.

El informe UNE 100-030-94, sobre climatización, “Guía para la prevención de la legionela en instalaciones”, tiene por objeto proporcionar criterios para la prevención de la contaminación de ciertas instalaciones y equipos por la bacteria Legionella y para el control de su multiplicación ambiental, con el fin de limitar el riesgo de exposición a este agente. Este documento forma parte de la Instrucción Técnica Complementaria ITE 01 “Generalidades” del **Real Decreto 1751/1998**, de 31 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE).

Acciones en el diseño y montaje de las instalaciones

Con carácter general, las medidas preventivas irán encaminadas a impedir el desarrollo de la bacteria, modificando las condiciones de vida que le son favorables (nutrientes, agua, temperatura, etc.), y a reducir la exposición minimizando la generación de aerosoles.

Se resumen a continuación las principales medidas preventivas:

- El control de la temperatura del agua mediante el uso de aislamientos térmicos, en el sentido de evitar que ésta permanezca entre los 20 °C y los 45 °C, intervalo de máximo desarrollo.
- La limitación de los nutrientes disponibles, por ejemplo, mediante la selección de materiales que no sean adecuados para el desarrollo de Legionella (se evitará el uso de madera, cuero, plásticos y ciertos tipos de gomas y masillas), y que sean resistentes a la acción de los desinfectantes.
- La eliminación de zonas de estancamiento del agua (tramos ciegos, tuberías de by pass, etc.), en las que los tratamientos de desinfección no son tan eficaces y pueden provocar la recolonización del sistema.
- La disposición de elementos separadores de gotas en los aparatos en los que se generan los aerosoles, la cantidad de agua arrastrada debería ser inferior al 0,1% del caudal de agua en circulación.
- La ubicación y orientación de las tomas de aire exterior, teniendo en cuenta los vientos dominantes, de modo que se impida el reingreso de aerosoles procedentes de las torres de refrigeración y la propia ubicación de esos equipos lejos de las tomas de aire, ventanas o zonas muy frecuentadas.
- La existencia de accesos que permitan la fácil inspección y limpieza de todos los equipos y aparatos.

Instalaciones de agua sanitaria. Producción centralizada de agua caliente sanitaria

- La temperatura de almacenamiento del agua caliente debe ser, como mínimo, de 55 °C.
- El sistema de calentamiento será capaz de llevar la temperatura del agua hasta 70 °C de forma periódica para su pasteurización.

- La temperatura del agua de distribución no podrá ser inferior a 50 °C en el punto más alejado del circuito o en la tubería de retorno a la entrada del depósito.
- Los depósitos estarán aislados para evitar el descenso de la temperatura hacia el intervalo de máxima multiplicación de la bacteria.
- El diseño de los depósitos facilitará su vaciado y limpieza.
- Los materiales en contacto con el agua deberán ser capaces de resistir la temperatura de pasteurización.

Instalaciones de agua sanitaria. Agua fría

- La temperatura del agua fría no deberá superar nunca los 20 °C. Para lograrlo, las tuberías de distribución de agua fría se aislarán térmicamente.
- Los depósitos cuyas paredes estén en contacto con el aire estarán protegidos de la radiación solar y se aislarán para evitar que la temperatura rebase los 20 °C.
- Cuando exista la necesidad de acumulación de agua fría, se dispondrán, al menos, de dos depósitos en paralelo para facilitar la limpieza y garantizar el suministro. Los depósitos estarán cerrados para prevenir la posibilidad de entrada de materiales extraños.
- Los materiales empleados en el sistema deberán ser capaces de resistir la acción del cloro hasta una concentración de 20 ppm en los depósitos y de 1 a 2 ppm en los puntos de salida.
- Se evitará el estancamiento del agua durante períodos de tiempo prolongados, diseñando adecuadamente la capacidad de agua de los depósitos.

Aparatos de humidificación, lavado y enfriamiento

- Son preferibles los aparatos de humidificación de aire por vapor producido a unos 100 °C, a los sistemas basados en la formación de aerosoles o en el contacto mediante rellenos.
- Se procurará evitar la instalación de aparatos que creen un aerosol directamente en el ambiente, para su humidificación o enfriamiento.
- Se evitará el empleo de materiales a base de celulosa.
- Se recomienda, para los aparatos que basan su funcionamiento en la formación de aerosoles, el uso de agua esterilizada o de agua directa de la red. Si se trata de agua duras, se recomienda el uso de descalcificantes u otros tratamientos físicos.

Aparatos evaporativos

- Las torres de refrigeración y los condensadores evaporativos deben ubicarse lejos de tomas de aire, ventanas o lugares frecuentados. La distancia puede variar dependiendo de la dirección de los vientos y de la disposición relativa entre equipos; en cualquier caso, la distancia horizontal no será inferior a 10 m y la descarga de aire estará siempre a una altura de 2 m por encima de la parte superior del hueco o del

lugar que se deba proteger.

- El aparato debe tener puertas de acceso amplias y desmontables para facilitar la limpieza.
- Las superficies interiores serán lisas y sin obstáculos para facilitar la limpieza.
- El aparato debe facilitar el acceso al material de relleno para su limpieza. Si no es posible, este material se limpiará con productos químicos u otros medios.
- La bandeja deberá tener un pozo en el que se acumule la suciedad y éste, una válvula de desagüe.
- Se evitará el empleo de materiales a base de celulosa.

Conductos para el transporte de aire

- Se instalarán secciones de filtración de eficacia adecuada al uso del edificio para todo el aire en circulación, con el fin de evitar la acumulación de suciedad que pudiera convertirse en foco de contaminación.
- Se impedirá la formación de condensaciones en el interior de los conductos mediante la aplicación de aislamiento térmico, diseñado para las condiciones extremas de proyecto.
- Se utilizarán, preferentemente, conductos de construcción normalizada, con superficie de baja rugosidad hidráulica y fabricados con materiales resistentes a la corrosión, que presenten un menor grado de retención de las partículas y faciliten la limpieza.
- Se prestará especial atención al diseño y montaje de los conductos para reducir, en lo posible, las turbulencias en cambios de dirección o sección, derivaciones, etc., así como al tipo de sección transversal, que son causa de acumulación de suciedad.
- Las redes de conductos deberán disponer de trampillas practicables que permitan su inspección y eventual limpieza por métodos de probada eficacia, con estanqueidad igual, por lo menos, a la de la red de conductos.

Piscinas con agua templada

- Deberá preverse un sistema de cloración capaz de mantener una concentración de cloro libre de 5 ppm, que no deberá alcanzar nunca niveles inferiores a 3 ppm a lo largo de todo el día.

Acciones en el mantenimiento y explotación

Estas acciones se basan en una limpieza esmerada de todas aquellas partes del sistema que pueden convertirse en reservorio de Legionella; en términos generales, la limpieza se realizará drenando el sistema, limpiándolo con soluciones biodispersantes y biocidas (salvo en los sistemas de suministro de agua sanitaria) para eliminar el sustrato biológico (algas, amebas, etc.) que le proporcionan alimento y protección y desinfectando a fondo con cloro u otro desinfectante o con calor. Estos tratamientos no serán eficaces si el sistema no se mantiene limpio.

Instalaciones de agua sanitaria

- Los tanques, depósitos a presión y cisternas de almacenamiento de agua para usos sanitarios, fría o caliente, deberán ser inspeccionados con frecuencia trimestral y limpiados cuando haya sedimentos o productos de corrosión visibles. En cualquier caso, estos aparatos deberán limpiarse una vez cada año.
- El agua de los depósitos de agua caliente sanitaria que hayan quedado fuera de servicio por algún tiempo se calentará hasta la temperatura de 70 °C, que se mantendrá durante dos horas, por lo menos.
- El aislamiento térmico de toda la instalación, aparatos y conducciones, se revisará con frecuencia anual.
- Las cabezas pulverizadoras de duchas y lavabos se deben limpiar con frecuencia semestral, por lo menos, con el fin de eliminar la acumulación de sedimentos.
- Se medirá, una vez al mes, la temperatura del agua en los depósitos acumuladores; una vez al año, la de todos los grifos de la instalación y, una vez al mes, se medirá la temperatura de un número representativo de grifos, incluyendo los más próximos y los más lejanos del depósito acumulador.
- Estas instalaciones se limpiarán y se desinfectarán al menos una vez al año; en cualquier caso, antes de su puesta en marcha, después de un brote o sospecha, o cuando por la revisión rutinaria se considere necesario. La desinfección puede hacerse por vía química, inyectando de 20 a 50 ppm de cloro en tanques o depósitos, dejando correr el agua hasta obtener 2 ppm de cloro libre en la grifería durante dos horas, o bien por vía térmica, calentando el agua hasta 70 °C y dejándola correr hasta obtener 60 °C en la grifería durante una hora.

Torres de refrigeración y condensadores evaporativos

- Estos equipos se inspeccionarán con frecuencia mensual.
- Se limpiarán a fondo, eliminando los sedimentos y productos de corrosión. La frecuencia de las operaciones de limpieza será: el drenaje y la limpieza de la bandeja, mensualmente; la limpieza de todo el circuito, incluidas las tuberías y los condensadores, una vez al año y, también una vez al año, el control y la reparación, si fuera necesario, del separador de gotas.
- La desinfección se hará dos veces al año: al comienzo de la primavera y del otoño y siempre en las siguientes circunstancias: antes de ponerlos en marcha; si han estado parados durante un largo período de tiempo; cuando se haya hecho una reparación; cuando la inspección rutinaria lo indique y cuando la Autoridad Sanitaria lo determine.

La desinfección se hará utilizando desinfectantes autorizados; en caso de emplear cloro, se inyectarán 5 ppm de cloro más biodispersante en la bandeja y se pondrán en marcha las bombas durante cinco horas manteniendo los ventiladores parados. A continuación, se vaciará todo el agua del circuito y se limpiará a fondo hasta que el drenado aparezca limpio. Finalmente, se llenará con agua limpia y se añadirán de 5 a 15 ppm de cloro con las bombas en funcionamiento y los ventiladores parados durante cinco horas comprobando el nivel de cloro cada hora.

- Se drenará el agua de la bandeja cuando el aparato no esté en uso.

Aparatos de humidificación y enfriamiento evaporativo

- Estos equipos se inspeccionarán con frecuencia mensual.
- Se drenará el agua de la bandeja cuando el aparato no esté en uso.
- Con frecuencia mensual se vaciará y limpiará la bandeja.
- Con frecuencia semestral se limpiará el relleno.
- Con frecuencia anual se comprobará el estado del separador de gotas y se reparará en caso de necesidad.
- Para la desinfección de estos aparatos se seguirá lo indicado en el caso de las torres de refrigeración.
- Se controlarán las condiciones del agua de forma continua mediante purga de agua sucia y reposición de agua limpia y adición de inhibidores de formación de cal y de la corrosión de las partes metálicas del circuito.

Unidades de tratamiento del aire

- Todas las superficies en contacto con el aire tratado o a tratar deberán limpiarse con frecuencia anual.
- Las bandejas de recogida de agua condensada de las baterías de enfriamiento y deshumidificación se mantendrán secas mediante una tubería de drenaje de fuerte pendiente (2% mínimo), conectada a una red independiente de desagüe o a la del edificio mediante sifón.
- Las bandejas y aletas de las baterías se limpiarán con frecuencia semestral.
- Todas las superficies de las unidades terminales con batería de enfriamiento (ventiloconvectores, inductores y consolas), instaladas en los mismos locales acondicionados o en su proximidad, se limpiarán a fondo con frecuencia mensual.
- La bandeja de recogida de agua condensada de la batería se mantendrá seca mediante una tubería de drenaje de fuerte pendiente (1% mínimo), conectada mediante sifón a una red independiente de desagüe o a la del edificio.
- Las superficies interiores (cajas) de las unidades terminales sin batería se limpiarán con frecuencia semestral.

Otras instalaciones

- Las piscinas deben ser mantenidas con desinfección constante utilizando productos autorizados. En caso de emplear cloro, se mantendrá una concentración de 3 ppm, por lo menos.
- Los aparatos de tratamiento de agua (ablandadores, desmineralizadores, etc.) deben ser vaciados y limpiados con frecuencia anual.

- La limpieza de la red de conductos de distribución de aire se efectuará con frecuencia anual, por lo menos, dependiendo de la calidad del aire transportado.

Métodos alternativos de prevención y erradicación

Como se desprende de las recomendaciones del informe UNE 100-030-94, para lograr el control y la erradicación de *Legionella pneumophila* de sistemas de distribución de agua potable y de aire acondicionado, el método empleado consiste en la acción coordinada de los biocidas junto con los choques térmicos. No obstante, el empleo de estos métodos no siempre evita que se vuelvan a producir contaminaciones del sistema. Éstas pueden ser debidas: a la existencia de bacterias mutantes termorresistentes, a la resistencia de la bacteria a la acción de los desinfectantes, a un mal diseño de las redes de distribución que pueden hacer ineficaz la acción de desinfectantes y temperatura en los puntos más alejados del sistema o a la existencia de biofilmes, formados por la flora microbiana, carbonato cálcico, productos de corrosión, etc., que protegen a las bacterias de la acción de los desinfectantes.

Hay que tener en cuenta que el poder de penetración de los desinfectantes es muy escaso y actúan sólo en las capas superficiales, lo que permite que las *Legionellas* presentes en las capas profundas vuelvan a colonizar el sistema.

Diferentes autores han estudiado la eficacia in vitro de diferentes productos y métodos. Los ensayos realizados utilizan ozono y peróxido de hidrógeno comparando su eficacia con el cloro, y sometiendo las pruebas a diferentes pH y temperaturas. Los resultados demuestran que tanto el ozono como el peróxido de hidrógeno son eficaces y más seguros que el cloro, dado que sus productos de descomposición (oxígeno y agua) son inocuos. Otros estudios en los que se comparan la acción del ozono, el cloro, el aumento de temperatura y la radiación ultravioleta revelan que todos ellos son eficaces en la eliminación de la bacteria, pero los dos últimos son más rápidos.

Otros métodos alternativos de control incluyen el uso de iones metálicos (cobre o plata) en solución, los experimentos muestran que cuando esos iones son absorbidos por la bacteria afectan a su equilibrio enzimático inhibiendo sus capacidades respiratorias y reproductivas.

El uso de equipos generadores de radiación ultravioleta se ha revelado eficaz en los circuitos de suministro y recirculación de agua, pero no tanto en zonas de estancamiento del agua y en tramos ciegos, debido a la disminución de su eficacia por acumulación de incrustaciones sobre el equipo.

Otro método consiste en limitar la población microbiana que sirve de alimento a la bacteria, aunque su limitación no asegura el control de *Legionella*.

De estos estudios se desprende, por una parte, la dificultad que existe a la hora de extrapolar los resultados obtenidos en los ensayos realizados in vitro a la aplicación del método en situaciones reales. Y, por otra parte, se apunta la necesidad de mejorar el conocimiento de *Legionella pneumophila* mediante la utilización de métodos moleculares para su estudio, lo que permitirá el desarrollo de metodologías de prevención y erradicación más sencillas y eficaces.

Bibliografía

- (1) MOLINA, C.
Maladies des climatiseurs et des humidificateurs

INSERM, Paris, 1986.

(2) AENOR

Informe UNE 100-030, de abril de 1994. **Climatización. Guía para la prevención de la Legionella en instalaciones.**

(3) SPRINGSTON, J.

Legionella bacteria in building environments

Occupational Hazards, 1999, vol.61, nº 8.

(4) INRS

Lutte contre les microorganismes à l'origine de la maladie des légionnaires et de la fièvre des humidificateurs

Cahiers de notes documentaires, 1987, nº 127.

(5) INRS

Guide d'investigation d'un ou plusieurs cas de légionellose

Doc. Med. Trav., 1997, Dossier Medico-Technique DMT 71 TC 64.

(6) ROLLOS, M.

HVAC Systems and indoor air quality

Indoor environ., 1993, nº 2.

(7) BRIEF, R.S. and BERNATH, T.

Indoor pollution: guidelines for prevention and control of microbiological respiratory hazards associated with air conditioning and ventilation systems

Appl. Ind. Hyg., 1988, vol. 3, nº 1.

(8) AGER, B.P. and TICKNER, J.A.

The control of microbiological hazards associated with air-conditioning and ventilation systems

Ann. Occup. Hyg., 1983, vol. 4, nº 4.