

Aplicación de geotecnologías para el sistema de vigilancia ambiental de instalaciones de riesgo de legionelosis del Ayuntamiento de Madrid

Aplicação de geotecnologias para o sistema de monitorização ambiental de instalações em risco de legionelose da Câmara Municipal de Madrid

Application of Geotechnologies in the Environmental Monitoring System for the Legionellosis Risk Installations of the City Council of Madrid

David Méndez Arranz, Consuelo Garrastazu Díaz, Pedro García López, Hortensia Rayón López, Elena Boldo Pascua

Departamento de Salud Ambiental, Subdirección General de Salud Pública. Madrid Salud. Ayuntamiento de Madrid. España.

Cita: Méndez Arranz D, Garrastazu Díaz C, García López P, Rayón López H, Boldo Pascua E. Aplicación de geotecnologías para el sistema de vigilancia ambiental de instalaciones de alto riesgo de legionelosis del Ayuntamiento de Madrid. Rev. Salud ambient. 2023; 23(1):6-12.

Recibido: 27 de abril de 2022. **Aceptado:** 4 de enero de 2023. **Publicado:** 15 de junio de 2023.

Autor para correspondencia: Elena Boldo Pascua

Correo e: boldope@madrid.es

Departamento de Salud Ambiental, Subdirección General de Salud Pública. Madrid Salud. Ayuntamiento de Madrid. España.

Financiación: Beca de Formación e Investigación "Análisis de datos en Salud Ambiental". Resolución de 24 de marzo de 2021, del Gerente del Organismo Autónomo Madrid Salud del Área de Gobierno de Portavoz, Seguridad y Emergencias, por la que se hace pública la relación de subvenciones concedidas de acuerdo con la convocatoria de 26 becas de formación e investigación en diversas materias de competencias del Organismo Autónomo Madrid Salud. BOCM nº 93, del 20 de abril de 2021.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Consuelo Garrastazu y Elena Boldo son responsables de la conceptualización y la revisión del manuscrito. David Méndez desarrolló la metodología. David Méndez y Elena Boldo realizaron las búsquedas bibliográficas y se encargaron de la redacción del borrador original, así como de las revisiones y la edición. Hortensia Rayón y Pedro García han aportado en la metodología y han revisado el manuscrito.

Resumen

Las instalaciones que con mayor frecuencia se hallan colonizadas por *Legionella* spp. (bacterias causantes de la enfermedad del legionario) y que se han identificado como potenciales fuentes de infección comunitaria son las torres de refrigeración y los condensadores evaporativos. Madrid Salud, como organismo competente en salud pública, vela por el cumplimiento de la normativa aplicable y el buen funcionamiento de las instalaciones municipales de riesgo de proliferación y dispersión de *Legionella* spp. del Ayuntamiento de Madrid, como titular responsable de edificios municipales. Para mejorar los procedimientos de control y vigilancia, se han realizado mapas con áreas de influencia con distancias de 500 y 1 000 metros, en las que se incluyen puntos con población sensible, como residencias de mayores o centros sanitarios, o lugares potencialmente muy frecuentados, como mercados o estaciones de metro. Se ofrece una metodología específica para la determinación preventiva de ubicaciones consideradas de mayor exposición y sensibilidad ante instalaciones municipales con un elevado riesgo de transmisión de legionelosis en la ciudad de Madrid. Se ha realizado un mapa para cada uno de los 14 edificios, lo que supone un total de 45 instalaciones municipales de riesgo; se ha identificado, en sus áreas de influencia, un total de 760 puntos de interés. La aplicación de geotecnologías para el sistema de vigilancia ambiental de instalaciones de riesgo de legionelosis es útil como herramienta de control para minimizar el potencial riesgo e impacto en la salud, para guiar la investigación ambiental y para proporcionar una rápida intervención sobre dichas instalaciones.

Palabras clave: *Legionella*; Sistemas de Información Geográfica; gestión del riesgo; exposición ambiental.

Resumo

As instalações mais frequentemente colonizadas por *Legionella* spp. (bactérias causadoras da doença do legionário) e que foram identificadas como potenciais fontes de infecção comunitária, são as torres de refrigeração e os condensadores evaporativos. A Madrid Salud, como órgão competente em matéria de saúde pública, assegura o cumprimento das normas aplicáveis e o bom funcionamento das instalações municipais em risco de proliferação e propagação de *Legionella* spp. da Câmara Municipal de Madrid, como proprietário responsável pelos edifícios municipais. Para melhorar os procedimentos de controle e vigilância, foram feitos mapas com áreas de influência com distâncias de 500 e 1000 metros, que incluem pontos com populações sensíveis, como lares ou centros de saúde, ou locais potenciais de serem muito frequentados, como mercados ou estações de metropolitano. Fornece-se uma metodologia específica, para a determinação preventiva dos locais considerados mais expostos e sensíveis perante instalações municipais com alto risco de transmissão da legionelose, na cidade de Madrid. Foi elaborado um mapa para cada um dos 14 edifícios, o que resulta num total de 45 equipamentos municipais de risco; identificou-se as suas áreas de influência, com um total de 760 pontos de interesse. A aplicação de geotecnologias ao sistema de vigilância ambiental de instalações em risco de legionelose é útil como ferramenta de controle para minimizar o potencial risco e impacto na saúde, orientar a investigação ambiental e proporcionar uma intervenção rápida nas referidas instalações.

Palavras-chave: *Legionella*; Sistemas de Informação Geográfica; gestão de riscos; exposição ambiental.

Abstract

The installations that are most often colonized by *Legionella* spp. (bacteria that cause Legionnaires' disease) and have been identified as potential sources of community infection are cooling towers and evaporative condensers. Madrid Salud, as the competent public health authority in Madrid, ensures compliance with all applicable regulations by, and the proper operation of, those municipal installations at risk of proliferation and dispersion of *Legionella* spp. of the City Council of Madrid as the licensee which is responsible for the corresponding municipal buildings. In order to improve the control and monitoring procedures, maps with areas of influence with distances of 500 m and 1,000 m have been drawn, which include sites with sensitive populations, such as homes for the elderly and health centers, and potentially highly frequented places, such as markets and subway stations. A specific methodology for the preventive determination of locations that are deemed to have the highest exposure and sensitivity for being close to municipal installations with a high risk of legionellosis transmission in the city of Madrid is provided here. A map has been drawn for each of the 14 buildings, for a total of 45 municipal installations at risk, and 760 points of interest in all have been identified in their areas of influence. Geotechnologies for the environmental monitoring system designed for legionellosis risk installations are useful as monitoring tools for minimizing the potential risk for and impact on health, guiding environmental research and permitting fast intervention on such installations.

Keywords: *Legionella*; Geographic Information Systems; risk management; environmental exposure.

INTRODUCCIÓN

La legionelosis es una enfermedad de origen ambiental ocasionada por bacterias del género *Legionella* que se manifiesta de dos formas clínicas perfectamente diferenciadas. La forma benigna de esta enfermedad, denominada fiebre de Pontiac, cursa como un cuadro gripal autolimitado. La forma más grave, la enfermedad del legionario, se caracteriza por una infección pulmonar que produce síntomas de neumonía y puede conducir incluso a la muerte¹⁻³. Afecta más a hombres que a mujeres y a personas de edad avanzada. En el caso de los hombres, la incidencia es alta en la etapa activa de la vida, lo que podría explicarse por la relación con el desempeño de algunas profesiones⁴.

En los últimos años, la tasa de notificación de casos de legionelosis casi se ha duplicado en la Unión Europea, pasando de 1,4 en 2015, a 2,2 por 100 000 habitantes en 2019 (11 298 casos; tasa estandarizada por edad: 1,9 por 100 000). España, junto con Francia, Alemania

e Italia, representaron el 71 % de todos los casos notificados en 2019, lo que supuso en nuestro país una tasa de notificación de 3,3 por 100 000 habitantes (tasa estandarizada por edad: 2,9 por 100 000)⁵. En España, esta enfermedad tiene una distribución claramente estacional, dado que la incidencia se incrementa a partir de junio y alcanza su máximo los meses de agosto, septiembre y octubre; en 2019 se registraron 1 543 casos y 81 fallecidos (tasa de letalidad: 5,5 %)⁴.

Estas bacterias se encuentran presentes de manera ubicua en el medio ambiente, siendo su principal reservorio natural el agua. Son capaces de proliferar en muchos entornos acuáticos naturales y artificiales³ y pueden suponer un riesgo para la salud humana si se llegan a dispersar a la atmósfera en forma de aerosol, pudiendo penetrar así en las vías respiratorias². Dado que no existe tratamiento preventivo para proteger a las personas frente a la legionelosis, se debe reducir el riesgo de contraer la enfermedad actuando sobre los posibles focos de contaminación.

Las instalaciones que con mayor frecuencia se hallan colonizadas por *Legionella* spp. y que se han identificado como potenciales fuentes de infección comunitaria son las torres de refrigeración y los condensadores evaporativos⁶. En las torres de refrigeración, se puede producir una gran amplificación de *Legionella* y una notable producción de aerosol contaminado si el mantenimiento y la limpieza son deficientes, en especial en aquellas que funcionan de manera discontinua o irregular y mantienen agua estancada durante largos períodos de tiempo. La evidencia existente recoge casos de transmisión de *L. pneumophila*, de mayor patogenicidad, en los que la dispersión desde estos dispositivos ha alcanzado distancias de hasta varios kilómetros⁷⁻¹². El riesgo de infección decrece a medida que aumenta la distancia respecto al foco de emisión, siendo tres veces más probable este riesgo en torno a 0,5 km en relación con más de 1 km¹⁰. En general, se considera que los aerosoles de las torres de refrigeración pueden dispersarse y, potencialmente, ocasionar la infección dentro de un área geográfica limitada de unos 200 m. Ahora bien, en determinadas circunstancias, como vientos y corrientes de aire favorables, los aerosoles transportadores de *Legionella* spp. pueden alcanzar una distancia de hasta 12 km^{8,12}. Cabe prestar especial atención a este patógeno ambiental en grandes aglomeraciones urbanas, donde el potencial número de personas expuestas es elevado.

Desde las Administraciones Públicas competentes en materia de Salud Pública de la Comunidad de Madrid se han realizado acciones de implantación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en sistemas de información epidemiológico-ambiental desde 2004, mediante visores cartográficos que representan espacialmente en capas separadas las instalaciones de riesgo censadas (torres de refrigeración y condensadores evaporativos) y los casos notificados. La inclusión de datos provenientes de las inspecciones de las instalaciones permite el apoyo técnico a las labores de control, mientras que la superposición de capas con casos georreferenciados permite afrontar situaciones de alerta y realizar investigaciones *a posteriori* de brotes, analizando aquellas instalaciones cuyas áreas de influencia abarquen dichos puntos¹³.

Por su parte, Madrid Salud (Ayuntamiento de Madrid), como organismo autónomo municipal con competencias en salud pública y a través del Departamento de Salud Ambiental (Subdirección General de Salud Pública), vela por el cumplimiento de la normativa aplicable y el buen funcionamiento de las instalaciones de riesgo de proliferación y dispersión de *Legionella* spp. del Ayuntamiento de Madrid, como titular responsable de edificios municipales que cuentan con dichas instalaciones. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo el de mejorar los procedimientos de control y vigilancia de estas instalaciones mediante la realización de mapas con áreas de influencia, para

su inclusión en el Sistema de Vigilancia Sanitaria de Riesgos Ambientales (VISRAM) del Ayuntamiento de Madrid¹⁴. Para ello, se han realizado mapas para cada una de las instalaciones municipales afectadas, en los que se han considerado áreas de influencia con distancias de 500 y 1 000 m. Dentro de estos radios, se muestran representados los puntos con población sensible, como residencias de mayores o centros sanitarios, o lugares potencialmente muy frecuentados, como mercados o estaciones de metro.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de los mapas se ha empleado el *software* de código libre QGIS (versión 3.12); este SIG permite manejar datos espaciales en formato vectorial. Primero, se ubicaron en el entorno de la ciudad de Madrid los puntos de los 14 edificios de titularidad municipal en los que se encuentran las instalaciones de mayor riesgo de proliferación de *Legionella* (torres de refrigeración y condensadores evaporativos). Alrededor de estos puntos se definieron las áreas de influencia aplicando un radio de 500 m, entendido como de mayor riesgo, y otro de 1 000 m, mediante la herramienta de geometría vectorial *buffer*.

Para determinar las zonas de mayor exposición y sensibilidad se emplearon datos en formato *shapefile* procedentes del Nomenclátor Oficial y Callejero de Madrid, del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid¹⁵. Los ficheros empleados quedan recogidos en la tabla 1. Se identificaron como puntos de mayor sensibilidad aquellos relacionados con personas mayores, el ámbito hospitalario o menores de edad. Los puntos de mayor exposición se refirieron a zonas de mayor afluencia de población: áreas comerciales, zonas de ocio y turismo, servicios culturales, redes de transporte, etc. A los ficheros mencionados se añadieron las ubicaciones de los hospitales de la ciudad de acuerdo con el Catálogo Nacional de Hospitales del Ministerio de Sanidad¹⁶, para su inclusión en el grupo 'centros sanitarios'. Además, cada mapa utiliza de fondo la Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000 (BTN25), que permite identificar zonas verdes (capa 0561S) potencialmente muy frecuentadas por la población¹⁷.

Para extraer los puntos de interés, aquellos que están dentro del área de influencia de cada instalación de riesgo, se empleó la herramienta de selección vectorial "extraer por ubicación" utilizando las geometrías generadas anteriormente con *buffer*. Como primera aproximación en la evaluación del riesgo de cada instalación, se han considerado las estadísticas de dirección del viento dominante anual de las estaciones de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) cercanas.

Tabla 1. Ficheros del Nomenclátor Oficial y Callejero de Madrid del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid empleados en los mapas de influencia de instalaciones de riesgo de legionelosis

Agrupaciones		Nomenclátor Oficial y Callejero de Madrid	
		Sectores	Ficheros
Puntos de mayor sensibilidad	Centros de personas mayores	Servicios sociales	Centros (se filtraron los elementos según el atributo "Sector", para seleccionar "Personas mayores"; incluye centros de día, residencias, etc.)
	Centros sanitarios	Salud	Centros sanitarios. Centros de salud
			Centros sanitarios. Centros de especialidades
	Centros educativos	Educación	Centros públicos
			Centros privados
	Puntos de mayor exposición	Comercios	Comercio
Galerías de alimentación			
Grandes superficies especializadas			
Mercados de abastos			
Mercadillos			
Hipermercados			
Red de transporte		Transportes y comunicaciones	Cercanías (estaciones)
			Metro (estaciones)
			Intercambiadores
Servicios culturales		Servicios culturales, recreativos y personales	Cementerios y tanatorios
			Parroquias
Plazas de toros			
Centros de ocio y turismo			Cines
			Parques temáticos
			Museos
			Teatros
			Turismo

RESULTADOS

Se han realizado 14 mapas, uno para cada edificio de titularidad municipal, en los que se encuentra un total de 45 instalaciones de riesgo (14 de funcionamiento estacional, 1 irregular y 30 continuo). En la figura 1 se observa la ubicación de los establecimientos en el término municipal; nótese que algunas áreas

de influencia se solapan. El viento en Madrid tiene componente principalmente suroeste, con una velocidad media de 11 km/h y ráfagas en torno a 37 km/h, según observaciones tomadas desde 2002¹⁸. Considerando el total de las 14 instalaciones, se ha identificado un total de 760 puntos de interés, los cuales quedan desglosados en la tabla 2. En la figura 2 se muestra un ejemplo de mapa, de acuerdo con la metodología expuesta.

Figura 1. Ubicación de los establecimientos con instalaciones de riesgo por *Legionella* spp. del Ayuntamiento de Madrid

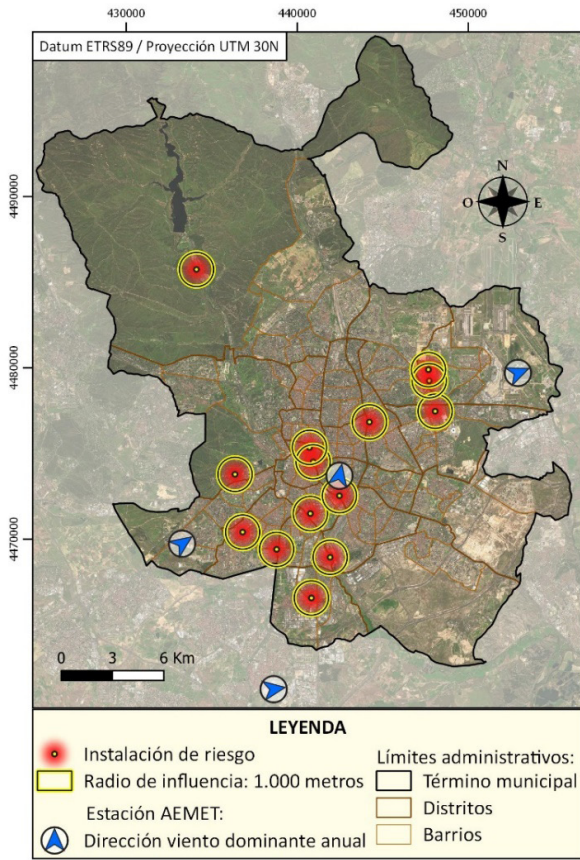


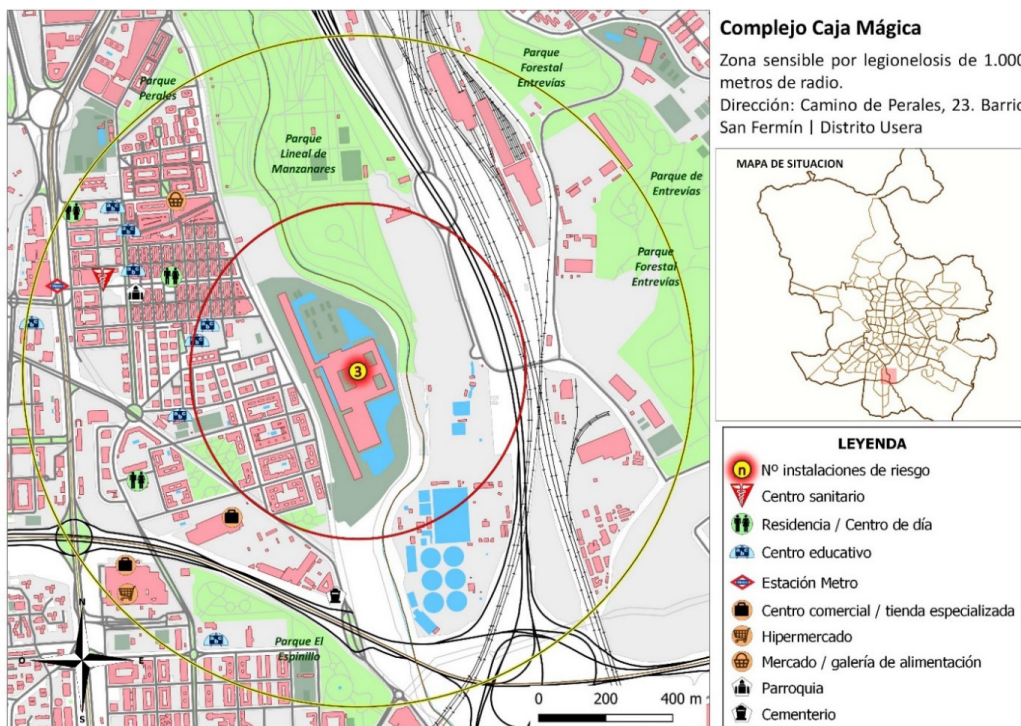
Tabla 2. Puntos de interés detectados bajo el área de influencia de instalaciones de riesgo de proliferación de *Legionella* spp.

Centros de personas mayores	91
Centros sanitarios	31
Centros educativos	302
Red de transporte	61
Comercios	58
Servicios culturales	77
Centros de ocio y turismo	140

DISCUSIÓN

Madrid Salud ha incorporado, como medida adicional en el desempeño de sus funciones, los SIG en la información del VISRAM del Ayuntamiento de Madrid. De este modo, se puede mejorar la capacidad de respuesta de las autoridades sanitarias ante eventos adversos en salud. En este trabajo se ofrece una metodología específica para la determinación preventiva de ubicaciones consideradas de mayor exposición y sensibilidad ante instalaciones municipales con un elevado riesgo de transmisión de legionelosis en la ciudad de Madrid. Cabe señalar que, en situaciones de alerta, estas herramientas permitirían

Figura 2. Ejemplo de mapa con zonas expuestas y sensibles por legionelosis en un radio de 500 metros (rojo) y 1 000 metros (amarillo)



una ágil detección de posibles fuentes de dispersión del patógeno y dirigir labores concretas de investigación, control e inspección¹³.

La aplicación de SIG en programas de vigilancia y control de la legionelosis se ha empleado anteriormente para la vigilancia de casos esporádicos, la vigilancia sanitario-ambiental de las instalaciones de riesgo y la intervención ante situaciones de alerta en salud pública¹³. El actual protocolo de vigilancia de la legionelosis en la Comunidad de Madrid también destaca la posible utilidad de estos programas informáticos en estudios ambientales de investigaciones de brotes¹⁹. Otros Organismos Internacionales del ámbito sanitario, como el Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades (ECDC), proporcionan una herramienta SIG para la investigación de brotes que permite mapear casos y potenciales fuentes, calcular la densidad de casos en un espacio determinado y crear mapas de riesgo²⁰.

El uso de SIG para investigación de brotes de legionelosis, si bien no reemplaza a las técnicas epidemiológicas y microbiológicas tradicionales, suponen un valor añadido incuestionable para la gestión de las Administraciones sanitarias. Solapar los datos de los casos de legionelosis con las potenciales fuentes de dispersión permite realizar análisis estadísticos basados en proximidad, pudiendo incluir lugares visitados por los pacientes y las rutas empleadas²¹.

El Real Decreto (RD) 865/2003, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis⁶, constituye una norma básica reguladora técnico-sanitaria que establece la responsabilidad de los titulares de las instalaciones de velar por el cumplimiento de lo establecido en la normativa y tomar medidas preventivas específicas, y otorga a la Administración Sanitaria el control de las instalaciones. Esta norma quedó derogada, con efectos de 2 de enero de 2023, por el RD 487/2022, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis²², que actualiza el anterior para incorporar las mejoras técnicas derivadas de la experiencia acumulada y nuevas medidas de gestión del riesgo.

El RD 487/2022 contempla dos nuevas actuaciones de control y vigilancia sanitaria por parte de los titulares de estas instalaciones: el Plan de Prevención y Control de *Legionella* (PPCL) y el Plan Sanitario frente a *Legionella* (PSL). El PPCL se enfocaría en evitar la proliferación del patógeno y constaría de: 1) diagnóstico inicial de la instalación y descripción de esta; 2) programas de mantenimiento y revisión, de tratamiento, de muestreo y análisis de agua, de formación del personal; y 3) documentación y registros de la instalación.

Por su parte, el PSL se basaría en una evaluación del riesgo fundamentada por las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud. El PSL, preferible en instalaciones prioritarias (frecuentadas por personas de especial vulnerabilidad, como personas mayores o con enfermedades crónicas), contempla los siguientes aspectos: 1) la evaluación del riesgo; 2) las medidas de control y verificación; 3) la gestión y comunicación; y 4) la evaluación continua²². El modelo expuesto en este artículo puede tener cabida en las actuaciones que se prevén en el PSL.

Se reconocen dos fuentes de incertidumbre en el procedimiento descrito: por una parte, el desconocimiento de la exhaustividad de las fuentes de información utilizadas, lo que puede suponer una infravaloración en el número total de puntos de interés a considerar (debido a omisiones, imprecisiones o errores); por otro lado, la aplicación del radio de influencia no es una variable constante en la literatura. Existe cierto consenso en torno al transporte de aerosoles portadores de *Legionella* spp. desde torres de refrigeración y condensadores evaporativos, por distancias de 200 m a 1 km⁷⁻¹⁰, aunque también existen casos registrados de transporte del patógeno a más de 10 km^{8,11,12}. Dicha distancia depende en gran medida de las condiciones meteorológicas observadas, especialmente de la componente principal del viento. En líneas generales, el riesgo de infección decrece a medida que aumenta la distancia a la fuente⁹, de modo que la población expuesta en un radio de 500 m ha llegado a mostrar el triple de probabilidad de infectarse que aquella situada a más de 1 000 m. Además, la capacidad de supervivencia del patógeno en aerosoles depende en gran medida de la virulencia de la cepa²³. En este estudio se han elegido radios de influencia de 500 y 1 000 m, considerando que las distancias de mayor riesgo determinadas por la literatura^{7,9} se encuentran entre los 400 m y los 800 m. Además, en la investigación de brotes de legionelosis se han analizado *buffers* con radios de hasta 1 000 m, encontrando que la mayoría de los casos vivían o habían estado a una distancia de unos 500 m de la instalación contaminada²⁴⁻²⁶. Finalmente, se ha tenido en cuenta las dimensiones de la ciudad de Madrid y la relativa proximidad de las instalaciones de riesgo de legionelosis. En este sentido, si el radio del *buffer* elegido fuera muy superior a 1 000 m, se obtendría un mayor solapamiento de las potenciales áreas de influencia y, por tanto, una mayor dificultad para identificar las zonas de mayor sensibilidad y exposición.

En conclusión, la aplicación de geotecnologías para el sistema de vigilancia ambiental de instalaciones de riesgo de legionelosis es útil como herramienta de control para minimizar el potencial riesgo e impacto en la salud, para guiar la investigación ambiental y para proporcionar una rápida intervención sobre dichas instalaciones. El Ayuntamiento de Madrid, como titular de instalaciones

de riesgo de legionelosis, ha optado por establecer zonas de influencia de 500 y 1 000 m como primera aproximación para la evaluación de riesgos prevista en los PSL para estas instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Vaqué Rafart J, Martínez Gómez X. Epidemiología de la legionelosis. *Med Integral*. 2002;40(6):271-81.
2. Salud Madrid. Manual para la prevención de la legionelosis en instalaciones de riesgo. Madrid: Instituto de Salud Pública y Dirección General de Salud Pública y Alimentación. [actualizado en 2006; citado 30 de noviembre de 2021]. Disponible en: <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM009129.pdf>.
3. Cunha BA, Burillo A, Bouza E. Legionnaires' disease. *Lancet Lond Engl*. 2016;387(10016):376-85.
4. Cano Portero R, Martín Mesonero C, Amillategui Dos Santos R. Vigilancia epidemiológica de la legionelosis en España, años 2019 y 2020. Informe de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica. 2021;29(7):78-84.
5. European Centre for Disease Prevention and Control. Legionnaires' disease - Annual Epidemiological Report for 2019. [actualizado en 2021; citado 21 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/legionnaires-disease-annual-epidemiological-report-2019>.
6. 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 nº 171, de 18 de julio.
7. 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.
8. Nguyen TMN, Illef D, Jarraud S, Rouil L, Campese C, Che D, et al. A community-wide outbreak of legionnaires disease linked to industrial cooling towers--how far can contaminated aerosols spread? *J Infect Dis*. 2006;193(1):102-11.
9. Bartram J, Bentham R, Briand E, Callan P, Crespi S, Lee J, et al. Approaches to Risk Management. En: Bartram J, Chartier Y, Lee J, Pond K, Surman-Lee S (Eds.), *Legionella and the prevention of Legionellosis*. 2007. p. 39-56.
10. Paschke A, Schaible UE, Hein W. *Legionella* transmission through cooling towers: towards better control and research of a neglected pathogen. *Lancet Respir Med*. 2019;7(5):378-80.
11. Nygård K, Werner-Johansen Ø, Rønsen S, Caugant DA, Simonsen Ø, Kanestrøm A, et al. An outbreak of legionnaires disease caused by long-distance spread from an industrial air scrubber in Sarpsborg, Norway. *Clin Infect Dis*. 2008;46(1):61-9.
12. White PS, Graham FF, Harte DJ, Baker MG, Ambrose CD, Humphrey AR. Epidemiological investigation of a legionnaires' disease outbreak in Christchurch, New Zealand: the value of spatial methods for practical public health. *Epidemiol Infect*. 2013;141(4):789-99.
13. Ruiz EA, García MA, Gómez AE, Sanz IA, Zabalgoceazcoa MJS. Sistemas de información geográfica en salud pública: su aplicación al programa de vigilancia y control de la legionelosis. *Rev Salud Ambient*. 2006;6(1-2):11-6.
14. Madrid Salud. Vigilancia sanitaria de riesgos ambientales. Página de Salud Pública del Ayuntamiento de Madrid. [actualizado en 2022; citado 16 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://madridsalud.es/vigilancia-sanitaria-de-riesgos-ambientales/>.
15. Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. Nomenclátor oficial y Callejero. NOME CALLES. [actualizado en 2022; citado 28 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.madrid.org/nomecalles/DescargaBDTCorte.icm>.
16. Ministerio de Sanidad. Catálogo Nacional de Hospitales 2021. Estadísticas e información sanitaria. [actualizado en 2021; citado 13 de diciembre de 2021]. Disponible en: https://www.msbs.gob.es/ciudadanos/prestaciones/centrosServiciosSNS/hospitales/docs/CNH_2021.pdf.
17. Subdirección General de Cartografía y Observación del Territorio. Base Topográfica Nacional. Especificaciones. Instituto Geográfico Nacional. [actualizado en 2021; citado 28 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.ign.es/resources/docs/IGNCnig/BTN/ESPBTN.pdf>.
18. Agencia Estatal de Meteorología. AEMET OpenData. Gobierno de España. [citado 24 de febrero de 2022]. Disponible en: http://www.aemet.es/es/datos_abiertos/AEMET_OpenData.
19. Consejería de Sanidad. Protocolo de vigilancia de legionelosis. Red de Vigilancia Epidemiológica de la Comunidad de Madrid (Enfermedades de Declaración Obligatoria). [actualizado en 2018; citado 10 de enero de 2022]. Disponible en: https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/sanidad/epid/legionelosis_protocolo_de_vigilancia_16abril2019.pdf.
20. European Centre for Disease Prevention and Control. Legionnaires' disease GIS tool. [citado 28 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/legionnaires-disease-gis-tool>.
21. Bull M, Hall IM, Leach S, Robesyn E. The application of geographic information systems and spatial data during Legionnaires' disease outbreak responses. *Eurosurveillance*. 2012;17(49):20331.
22. Real Decreto 487/2022, de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. BOE nº 148, de 22 de junio.
23. Hornei B, Ewig S, Exner M, Tartakovsky I, Lajoie L, Dangendorf F, et al. Legionellosis. En: Bartram J, Chartier Y, Lee J, Pond K, Surman-Lee S (Eds.), *Legionella and the prevention of Legionellosis*. 2007. p. 1-28.
24. Kirrage D, Reynolds G, Smith GE, Olowokure B. Investigation of an outbreak of legionnaires' disease: Hereford, UK 2003. *Respir Med*. 2007;101(8):1639-44.
25. Vermeulen LC, Brandsema PS, van de Kasstelee J, Bom BCJ, Sterk HAM, Sauter FJ, et al. Atmospheric dispersion and transmission of *Legionella* from wastewater treatment plants: a 6-year case-control study. *Int J Hyg Environ Health*. 2021;237:113811.
26. García-Fulgueiras A, Navarro C, Fenoll D, García J, González-Diego P, Jiménez-Buñuales T, et al. Legionnaires' disease outbreak in Murcia, Spain. *Emerg Infect Dis*. 2003;9(8):915-21.