

# 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<sup>ª</sup> 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 <sup>(1,2,3)</sup>.

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 <sup>(4)</sup>.

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

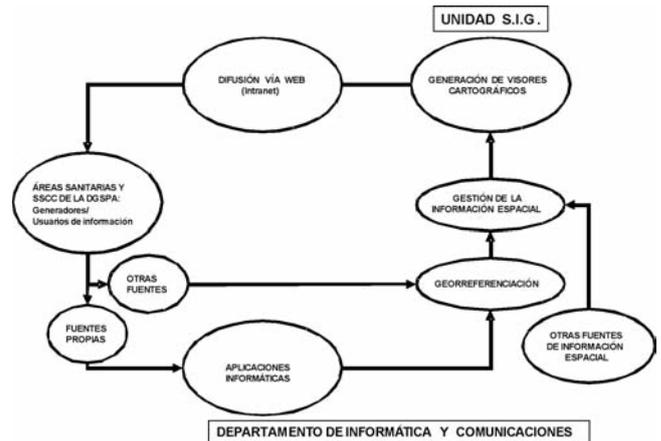


Figura 1. Esquema organizativo del SIG de Salud Pública en la Comunidad de Madrid

análisis espacial con la solvencia que proporciona el conocimiento de los mecanismos de interrelación espacial de las variables naturales y sociales <sup>(5)</sup>. 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-

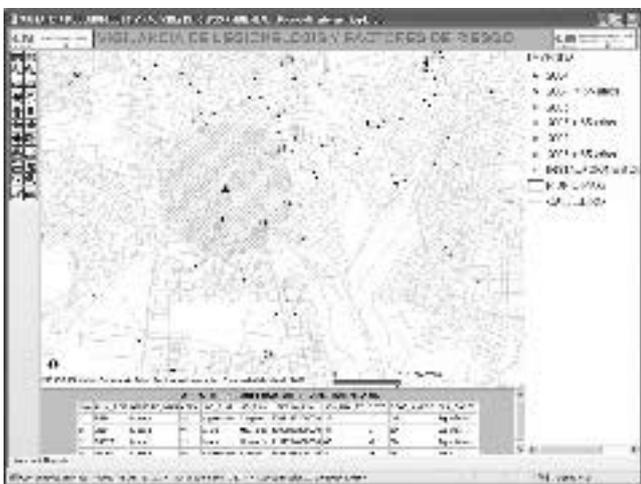
tación y análisis espacial, así como de gestión cartográfica. Se adaptan mejor estos visores a su uso en la búsqueda de asociaciones entre variables no previsibles o cuya consideración sistemática no se justifique como los sistemas de vigilancia 'rutinaria'. Nos referimos específicamente tanto a los 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.

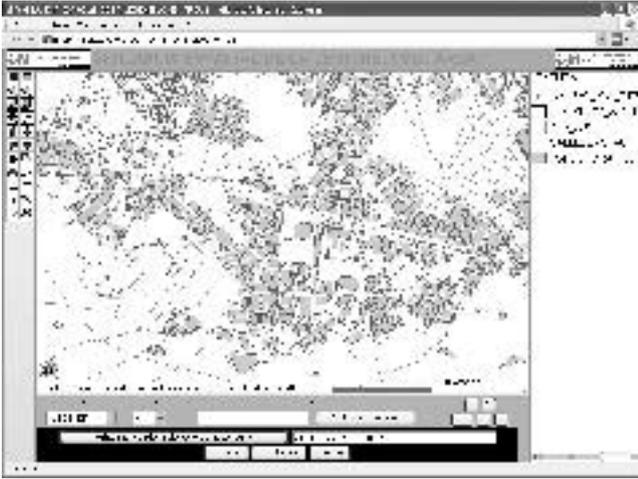
Partiendo de la experiencia acumulada en la prevención de la legionelosis, en la vigilancia de casos esporádicos y en el control de brotes o alertas provocadas por la aparente agregación espacio temporal de casos (6,7,8), se ha visto necesario instaurar un sistema de información geográfica que facilite 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**

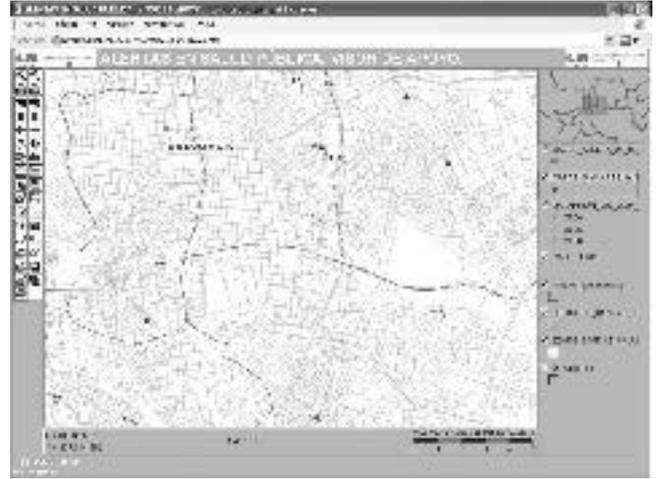
tro medio lo que hace que obtengamos tasas muy inestables cuya interpretación debe hacerse con cautela y sin olvidar la influencia del denominador. Se trata de una información adicional de referencia que puede servir para detectar anomalías en la distribución espacial de los casos y, sobre todo, agregaciones 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



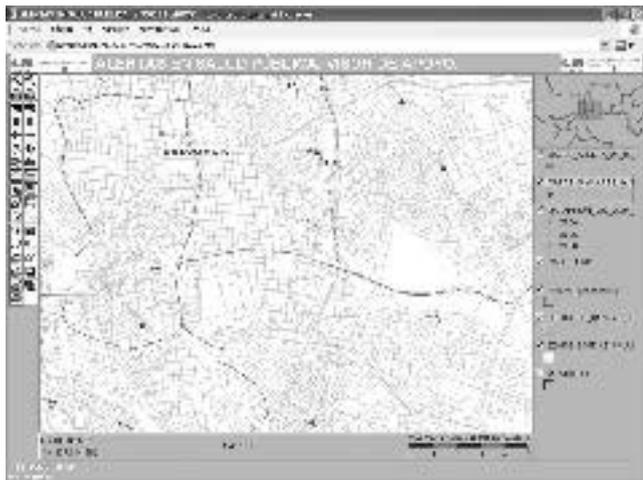
**Figura 4. Visor utilizado para seguimiento de una alerta y su relación espacial con alertas similares y casos declarados en años anteriores.**

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<sup>(14)</sup>, 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<sup>(15)</sup>, 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<sup>(16,17,18,19)</sup> el estudio de casos esporádicos considera que la distancia de 500 metros<sup>(20)</sup> 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<sup>a</sup> Eugenia Marín, Bernardo Ferrer, Concepción Lezcano, M<sup>a</sup> 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<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> 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](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.