

MORTALIDAD EN LA CIUDAD DE MADRID DURANTE LA OLA DE CALOR DEL VERANO DE 2003

JUAN CARLOS GARCÍA PALOMARES¹ y JUAN CARLOS ALBERDI²

¹Departamento de Geografía Humana Universidad Complutense de Madrid. C/ Profesor Aranguren, s/n, 28040. Madrid, España.

jcgarcia@ghis.ucm.es

²Servicio de Planificación Sanitaria. Consejería de Sanidad y Consumo. Comunidad de Madrid. C/ Aduana, 29, 28013. Madrid. España.

juancarlos.alberdi@salud.madrid.org

RESUMEN

Se analiza la mortalidad en la población de 65 años y más en la ciudad de Madrid durante la ola de calor de los meses de Junio a Agosto de 2003, con la atención puesta en la distribución espacial de la misma. Mediante el uso combinado de un Sistema de Información Geográfica y un paquete de análisis estadístico se realiza un análisis espacial de las tasas de mortalidad, que permite relacionar la distribución de mortalidad con las distintas variables explicativas. El objetivo es dar respuesta desde la planificación sanitaria a este tipo de fenómenos de sobre-mortalidad, mediante el desarrollo tanto de planes de intervención y gestión sanitaria como de prevención en las zonas de riesgo.

Palabras clave: Geografía de la Salud, ola de calor, mortalidad, desigualdad, servicios de planificación sanitaria.

ABSTRACT

Elderly people (over 65 years) mortality in Madrid City during summer 2003 heat waves was analyzed. Temporal and spatial patterns were included in the analysis. Mortality rates were studied using a Geographical Information System (GIS) and a free software statistical package (R software). The objective was to assess the relationship between temperature and mortality controlling for the effects of other confounders. These results could be used to promote population alerts and design prevention programs to cope with this emergent problem.

Keywords: Health Geography, heat wave, mortality, inequality, health services planning.

1. Introducción: Relaciones entre clima y mortalidad. Fenómenos de ola de calor y planificación sanitaria

Los datos oficiales de mortalidad para los meses de junio a septiembre del verano de 2003, publicados recientemente por el Instituto Nacional de Estadística (INE), señalan un incremento de las defunciones en España de más de 13.000 personas que en el mismo periodo del año anterior. En Madrid las defunciones fueron 10.370 defunciones, 1.273 más que 2002. Estos incrementos son compatibles con el papel desencadenante de la ola de calor sufrida durante este verano en la mayor parte de Europa meridional¹.

La influencia de factores ambientales externos, como variaciones climáticas o cambios en los niveles de contaminación atmosférica, en la mortalidad de la población ha sido muy estudiada en la bibliografía médica mediante la utilización de series temporales de mortalidad diaria. En numerosos trabajos se ha constatado la aparición de periodos de sobremortalidad relacionados con la componente climática estacional, componente que varía en función de la localización geográfica y cuyo impacto está a la vez condicionado por determinados factores socioculturales, que pueden ampliar o minimizar sus efectos. Las variaciones en las series de mortalidad y los análisis de correlaciones estadísticas significativas indican una influencia de los factores meteorológicos en la salud de la población y, por extensión, en la mortalidad de la misma. Los estudios de las relaciones de la mortalidad y temperatura, contaminación atmosférica, humedad relativa, o con otros parámetros como el *wind chill* (que tienen en cuenta los efectos combinados de la velocidad del viento y de la temperatura), son ejemplos frecuentes en las fuentes bibliográficas consultadas.

En el caso de la relación entre temperatura y mortalidad, son numerosos los trabajos que han detectado una relación en forma de "V" (con variaciones en la forma en función del peso tanto de temperaturas frías como calurosas): bajas temperaturas se corresponden con mortalidad alta, descendiendo según aumenta la temperatura hasta alcanzar un mínimo de mortalidad que dependerá de las características propias de los distintos espacios, para volver a incrementarse con temperaturas más altas. Así, esta distribución de la mortalidad es similar en diversos países europeos (Kunts, 1993; Sáez *et al.*, 1995; Ballester, 1996; Keatinge, 2000) o en otras zonas del globo (Rogot, 1976; Wen-Harn *et al.*, 1993), variando únicamente el umbral de temperatura donde se establece el mínimo de mortalidad y la mayor incidencia en la mortalidad del frío o el calor. En áreas templadas, como Holanda, el mínimo de mortalidad se sitúa en torno a los 16,5° C, mientras en zonas cálidas, como Taiwán o Miami, la temperatura media de mínima mortalidad se establece entre los 26-29° C y 26-32° C respectivamente.

Con esta relación de la mortalidad en función de la temperatura, en las latitudes medias, vinculado a temperaturas bajas, aparece un pico de sobremortalidad durante los meses invernales, que se acompaña en las regiones donde existe un verano caracterizado por temperaturas altas y muy altas por un segundo pico de mortalidad en estos meses estivales. Es el caso de la ciudad de Madrid, donde la distribución anual de la mortalidad presenta dos picos destacados, uno normalmente más fuerte, en los meses invernales y otro menor, pero también importante, en los meses estivales. Con una distribución anual de temperaturas tan extrema como la madrileña, mínimas por debajo de los 0° C en el invierno y máximas en el verano que superan los 35° C, no es de extrañar este tipo de distribución de la mortalidad anual.

Según el trabajo realizado por Alberdi *et al.* (1998) para el conjunto de la comunidad de Madrid, con una serie temporal entre 1986 y 1991, la temperatura de mínima mortalidad se presenta con una media de 23,9° C, una mínima de 15,6° C y una máxima de 31,9° C. Si estos son los datos para el conjunto de la población madrileña, en la influencia de la temperatura en la mortalidad existen diferencias entre los distintos grupos de población. La mayor mortalidad se produce, como es de esperar, en la población de 65 años y más. El grupo de mayor edad no sólo es más vulnerable a los efectos de bajas o altas temperaturas y a las patologías directamente asociadas a ellas, sino que también en estos casos, cambios de temperatura y temperaturas extremas son responsables de la descompensación de un importante número de enfermedades crónicas, especialmente respiratorias y circulatorias (Alberdi *et al.*, 1997; Montero *et al.*, 1997; Alberdi *et al.*, 1998).

Las diferencias no sólo se producen entre los grupos de edad, Sierra Pajares *et al.* (1997, 150) encuentran para el grupo de edad entre 45 y 65 años un comportamiento diferencial entre sexos, siendo entre los hombres muy marcados los picos estacionales de mortalidad mientras son menos perceptibles en el caso de las mujeres, algo que atribuyen a diferencias en la actividad laboral y en los hábitos y estilos de vida. Al contrario, entre la población de 65 años y más la mortalidad el efecto de altas temperaturas es mayor entre las mujeres, lo que puede asociarse a personas que viven solas. Además las diferencias por sexo es necesario considerar la influencia de variables relacionadas con características socioeconómicas de la población. Es evidente que mayores niveles de vida permiten reducir los efectos de las temperaturas, tanto bajas como altas. Medidas para la aclimatación del hogar tanto en invierno como en verano (Rogot, 1992), la alimentación e ingesta de bebidas, la reducción de las exposiciones a temperaturas extremas, etc., se relacionan con mayores niveles de calidad de vida, que, como se ha demostrado en otros trabajos, puede llevar a la práctica desaparición de los picos de sobremortalidad, tanto invernales como veraniegos (Sakamoto-Mominaya, 1988; Gemmell, I *et al.*, 2000; Healy, 2003).

Centrando la atención en el pico veraniego de sobre-mortalidad, es necesario analizar la mayor o menor incidencia que las variaciones anuales de la mortalidad tienen en relación con episodios significativos de ola de calor. En la bibliografía los análisis de mortalidad por calor son frecuentes: como los estudios de episodios sucedidos en Europa durante el verano de 2003 (Valleron, 2004; Conti, en prensa), en 2001 en Estados Unidos (Moore, 2002) o los numerosos durante el siglo pasado (Mover, 1932; Jones, 1982; Greenberg, 1983; Katsouyanni, 1988; Ramlow, 1990; Kalkstein, 1995; Besancenot, 1995; Ellis, 1998; Rooney, 1998; Besancenot, 2002; Naughton, 2002; MMWR 2003). Lo primero a la hora de valorar episodios significativos es considerar el carácter cíclico de los mismos y sobre todo la presencia o no de un año anterior también de significativa mortalidad. En algunos casos se infravaloraron los datos de mortalidad por la comparación entre dos años sucesivos de ola de calor. En el caso de la ola de calor de de 2003, la mortalidad creció un 20% respecto a la mortalidad en 2002, pero lo hizo en un 40% respecto a 2001.

Podemos definir el fenómeno de ola de calor como el incremento de la mortalidad como consecuencia de una sucesión de altas temperaturas durante dos o más días. De nuevo, se ha tratado de establecer un umbral de temperatura a partir del cual podemos hablar de fenómeno de ola de calor, umbral que será variable también entre unos espacios y otros. Como se ha señalado

anteriormente la mortalidad aumenta a partir de una determinada temperatura, pero el incremento no es lineal, inicialmente se produce un aumento suave, que presenta una ruptura fuerte y un crecimiento mucho mayor a partir de una determinada temperatura. En Madrid, algunos autores han definido las olas de calor como dos o más jornadas donde se superan los 36,5° C de temperatura máxima y los 20° C de mínima al encontrar como la mortalidad por causas orgánicas se incrementa de forma muy significativa a partir de dicho umbral (Montero *et al.*, 1997; Díaz *et al.*, 2002). No obstante, este segundo punto de inflexión varía también según el sexo o del grupo de edad analizado. Con los datos para el verano de 2003 y considerando tan sólo la población de 65 años y más (los más susceptibles) en este trabajo hemos podido constatar como ese cambio brusco en la mortalidad se produce en torno a los 34° C.

Tres son las patologías asociadas a las altas temperaturas: el golpe de calor, el agotamiento por calor y los calambres musculares. Las tres tienden a reflejarse en incrementos de mortalidad significativos en los 3 días siguientes a una jornada de temperaturas extremas. Sin embargo, el impacto de la ola de calor se traduce no sólo en las muertes en las que el calor es la causa primaria del fallecimiento (recogida como tal en el certificado de defunción) sino fundamentalmente al recrudecer otro tipo de patologías (Naughton *et al.* 2002). Estos casos, que son los más numerosos, introducen un efecto de las altas temperaturas con un plazo algo mayor, por lo que el incremento de la mortalidad puede sentirse incluso hasta a los 10 días de la mismas (Lage *et al.*, 1999). Además, debemos considerar que la mortalidad no está condicionada sólo por la magnitud de las temperaturas máximas, también por su duración, acrecentándose el efecto de altas temperaturas cuando éstas se mantienen durante un periodo mayor (Díaz *et al.*, 2002).

El estudio de las relaciones entre temperatura y salud se antoja fundamental en la perspectiva de la planificación sanitaria. Desde conceptos epidemiológicos básicos (cuándo, dónde, cómo y quién) tratamos de conocer el impacto de una ola de calor. Intentando predecir situaciones de alarma, identificando cómo afecta el calor a la mortalidad, en qué momentos y en qué zonas los efectos del calor son mayores (las más susceptibles en posibles situaciones futuras) o cuáles son las variables explicativas de esas diferencias espaciales. Todo ello con vistas a la planificación, la identificación de las zonas más afectadas y de las variables explicativas de los incrementos de la mortalidad durante estos fenómenos nos permite establecer toda una cartografía de espacios de riesgo y poblaciones de riesgo fundamentales en las actuaciones preventivas, y a la vez en la gestión de los centros sanitarios que se pueden recibir el mayor número de afectados.

Hasta ahora, la mayor parte de los estudios realizados han puesto la atención en el análisis temporal de la mortalidad. Pocos introducen la componente espacial y cuando lo hacen se limitan a la comparación entre grandes ámbitos (provincias) o entre distintas ciudades. Falta por hacer un análisis local de estos fenómenos y determinar el distinto impacto que las variaciones de temperatura tienen en el interior de una gran ciudad.

La perspectiva territorial cobra vital importancia, la Geografía entronca con la planificación sanitaria. Sin embargo, aunque en España en los últimos años la geografía tiene un creciente peso entre los técnicos sanitarios, los trabajos se han centrado fundamentalmente en la ordenación territorial de servicios y a la evaluación de la accesibilidad a los mismos, en tareas de zonificación y nueva localización de recursos (ver Alventosa *et al.*, 1993; González, 2000; Gutiérrez *et al.*, 2002).

Pero se ha hecho muy poco hasta ahora en la evaluación espacial de fenómenos de sobre-mortalidad relacionados con variaciones atmosféricas o climáticas.

Eso a pesar de que pronto se relacionó desde la geografía de la salud la incidencia de factores climáticos en la variación estacional (Martínez, 1989, Kovats, 1993) tanto de la morbilidad como de la mortalidad de la población –basta recordar el esquema clásico donde el estado de salud de la población está en relación con tres tipos de factores: biológicos, socioeconómicos y climático naturales (Olivera, 1993; Katsouyanni, 1993; Kovats, 1999; Green, 1994). Los trabajos iniciales se cristalizaban en la realización una cartografía sobre *stress climático* o *índices biometereológicos*, que en los últimos años pueden tener su reflejo en los en los mapas de confort climático (Moreno y Fernández, 2003). En el caso de olas de calor también se realizaron algunos trabajos iniciales como el de P. Escourou (1973) en París, o los trabajos sobre el medio ambiente urbano de Douglas, (1983) donde se hace referencia a la incidencia del llamado *stress térmico*, señalando como *situaciones temporales de "isla de calor" puede ser sinónimo de "isla de muerte"* (Buechley, 1972; citados en Olivera, 1993). En la última década, destacan los trabajos realizados desde la geografía anglosajona, especialmente los dirigidos por el profesor L. Kalkstein (1993 y 1995).

La incorporación de sistemas de información geográfica (SIG) en la gestión y análisis de la información sanitaria y en la planificación añade un valor nuevo a estos trabajos. Se incorpora una herramienta que posibilita el tratamiento conjunto, dinámico, abierto y actualizable de gran cantidad de información, tanto en lo referente a la distribución de las temperaturas, como de la mortalidad, de los datos de usuarios (demográfico, epidemiológicos, socioeconómicos) o de la ubicación de los recursos sanitarios y su utilización.

2. Objetivos del trabajo

El objetivo principal de este trabajo ha sido analizar la distribución espacio-temporal de la mortalidad en la ciudad de Madrid durante el episodio de ola de calor del verano 2003, con fines a la prevención y planificación sanitaria de estos fenómenos de sobre-mortalidad.

Para ello se han cumplido una serie de objetivos parciales:

Realizar un análisis espacial de la mortalidad tomando como referencia la zonificación sanitaria², trabajando a nivel de zona básica de salud (ZBS). El trabajo con estas unidades espaciales, en función de las cuales se realiza la atención sanitaria, es fundamental a la hora de la planificación.

Determinar las claves explicativas de la diferente distribución de la mortalidad en la ciudad de Madrid durante un fenómeno de ola de calor. La dirección de los vientos dominantes, los espacios verdes o las islas de calor introducen variaciones en la propia distribución espacial de la temperatura que explican contrastes en la mortalidad de las distintas zonas. Además, la capacidad de respuesta de la población a las altas temperaturas varía en función de sus características sociodemográficas. Altos niveles de vida permiten mitigar los efectos de la sobremortalidad: el

acondicionamiento del hogar, la alimentación, la propia información, la soledad, etc. son elementos clave en las diferentes distribuciones de mortalidad

Utilizar nuevas fuentes de mortalidad y nuevas herramientas y metodologías de análisis, que permitan un diagnóstico espacial de la misma con la inmediatez que la actuación durante estos fenómenos demanda. Para ello se va a usar un SIG en el que se analiza la distribución tanto de mortalidad como de variables sociodemográficas y de la vivienda para cada una de las ZBS.

3. La ola de calor 2003 en la ciudad de Madrid. Análisis espacio-temporal

3.1. Fuentes de datos y metodología de análisis

Si se quiere intervenir de forma inmediata ante situaciones de alarma es necesario incorporar nuevas fuentes de datos que, sin alcanzar la calidad de los sistemas de información oficiales, permitan detectar de forma rápida estos eventos con el fin de minimizar sus efectos en la salud de la población. En los últimos años, los registros administrativos de las empresas funerarias son una de las opciones más barajadas como fuentes alternativas de mortalidad. En este sentido, la información proporcionada por la Empresa Mixta de Servicios Funerarios en Madrid ofrece la posibilidad de trabajar con datos diarios de mortalidad, con apenas un día de retardo en la información. Frente a esta inmediatez, los últimos datos oficiales disponibles de mortalidad a fecha de Julio de 2004, apenas ofrecen la serie anual de mortalidad en el año 2003, sin desagregación espacial en el interior del municipio (Instituto de Estadística de la CM).

Debido a la rapidez en la obtención de la información, los datos de la Empresa Mixta presentan una serie de problemas que deben ser considerados. No todos los fallecimientos que se producen en Madrid están recogidos en esta fuente pues algunas inhumaciones se realizan en otras funerarias. La mortalidad está por tanto subestimada. No obstante, el volumen de fallecidos que canaliza la Empresa Mixta en el Municipio de Madrid (27.074 en el año 2003, sobre 28.777 defunciones recogidas en 2003 para el municipio de Madrid por el Instituto Nacional de Estadística) es suficiente para garantizar la detección de los efectos sistemáticos frente al ruido aleatorio que puede introducir el efecto de la competencia.

Los datos recogidos por la Empresa Mixta incluyen para cada uno de los fallecidos además de sus variables sociodemográficas básicas, la fecha y el lugar del fallecimiento y las causas principal y básica del fallecimiento (en literal). En este trabajo no se ha podido disponer de una codificación de las causas de mortalidad al requerir esta codificación gran cantidad de tiempo y personal. A la vez, recoge la dirección postal del fallecido, con lo que ha sido posible geocodificar la residencia de cada uno de los casos.

Se ha analizado la distribución espacial del total de fallecimientos y por grandes grupos de edad. Por razones de espacio, se presentan los resultados obtenidos para la población de 65 años y más, grupo de población donde el efecto de la ola de calor es más significativo. Dado el problema de la inestabilidad de las tasas cuando se disponen de pocos casos en el numerador, el análisis

espacial se realizó a partir de las ZBS agrupando los datos de mortalidad por semanas. Se calcularon las tasas de mortalidad semanal para cada una de las ZBS utilizando como denominador la población del censo del año 2001.

La georreferenciación de los registros de la funeraria se realizó a partir de la dirección postal, adjudicando los fallecidos a las 130 Zonas Básicas de Salud (ZBS) del municipio de Madrid. A partir dirección postal, mediante un proceso de geocodificación se pudo conocer la zona básica de salud de residencia del 96.6% (6.708) de los fallecidos de 65 años y más durante los meses de junio, agosto y septiembre. En este proceso se incorporaron en el SIG tres bases cartográficas para el municipio de Madrid: el callejero a nivel de portal (capa de puntos con las direcciones de cada uno de los portales), el callejero-tramero (capa de líneas con el viario y los distintos tramos en el mismo) y la zonificación sanitaria de referencia (capa de polígonos con las ZBS)³. Así, de total de fallecidos para los que se conoce la zona básica de salud, 92.8% (6.440) de los fallecidos fueron localizados con coordenadas X-Y a través de un proceso de geocodificación utilizando los portales del municipio de Madrid. Una vez localizado el portal de residencia, mediante un proceso de asignación espacial es posible conocer la zona básica de salud. Por otro lado, un 3.8% de los fallecidos fueron localizados por el tramo de vía de residencia en la información de tramero y de nuevo mediante asignación espacial según zona básica. Han quedado sin localizar el 3.4% (235) fallecidos (porque la dirección estaba incompleta o mal introducida,...), las estimaciones están subestimadas en esa magnitud.

La representación y el análisis espacial de los datos se realizó a partir de superficies de mortalidad. Estas superficies de mortalidad se crearon sobre una malla regular de celdas (con una resolución de 100 metros) y para cada una de las celdas se ha calculado una razón de Kernels. En la razón de kernels se utilizó tanto en el numerador (fallecidos) como en el denominador (población) un ancho de banda adaptativo, con un span de 0.1. La función Kernel utilizada ha sido la normal decreciendo los pesos hacia el infinito. El peso adjudicado a cada uno de los centroides de las distintas ZBS fueron el número de fallecidos en el numerador y la población de la ZBS en el denominador. La razón de kernels tiene una interpretación parecida a la de tasa de mortalidad puntual: es un alisamiento de la tasa de mortalidad calculando la tasa para cada una de las celdas de la malla.

Por otro lado, se incorpora información referente a temperaturas, recurriendo a los datos de la Red Automática de Medición del Departamento de Calidad Ambiental del Ayuntamiento de Madrid. De las 26 estaciones que forman dicha red, 9 recogen de forma diaria la temperatura de la capital. Las 9 se encuentran georreferenciadas por el Ayuntamiento en coordenadas geográficas, lo que ha permitido introducirlas en el SIG y, mediante un proceso de transformación, proyectarlas en coordenadas UTM (sistema de proyección con el que se trabaja en el resto de las bases cartográficas). Para cada una de estas estaciones es posible obtener las temperaturas máximas, mínimas y medias diarias a partir de las mediciones horarias realizadas en las mismas.

Con el fin de obtener interpolaciones de temperaturas en toda el área de la ciudad de Madrid se utilizó un procedimiento de Kriging universal. La interpolación se obtiene a partir de dos componentes: una tendencia modelizada mediante un polinomio de orden n (momento de primer

orden) y un componente que tiene en cuenta la autocovarianza (momento de segundo orden) de los valores de las estaciones de medición.

Para detectar la relación funcional entre el número de fallecimientos diarios y la mortalidad se ha utilizado el método no paramétrico de alisamiento LOESS. En este método se ajusta un valor de mortalidad para cada punto de temperatura a través de un procedimiento de regresión ponderado local. El ancho de banda se fijó en el 0.2% de los puntos, la función de ponderación elegida fue la tricubo. La función de regresión fue lineal. Modificando el ancho de banda o aumentando el grado del polinomio ajustamos el grado de alisamiento obtenido.

Finalmente, para cada una de las ZBS se recogió la información sociodemográfica del último censo (2001). Se dispone de información sobre las personas que viven en el hogar y de las características de la vivienda. Estas variables se relacionaron con la mortalidad en cada una de las ZBS para cada una de las semanas. Dado el pequeño número de fallecidos en cada ZBS y cada semana, se utilizó un procedimiento de regresión poisson (Schwartz *et al.*, 1996). Como variables independientes se introdujeron las características de la vivienda y de las personas que vivían en ella (edad, renta disponible bruta, nivel educativo, estado de la vivienda, posesión de sistemas de aclimatación, percepción de presencia de espacios verdes, edad de la vivienda, etc.). Además, se utilizó la razón estandarizada de mortalidad (SMR) entre los años 2000 y 2002 como indicador del estado de salud de cada una de las ZBS, y las variables de latitud y temperatura máxima para la relación entre mortalidad y distribución de las temperaturas. Se utilizó un procedimiento "forward" para la inclusión de variables. La inclusión de variables se basó en la razón de verosimilitud. En el modelo se incluyen aquellas variables que presentan un nivel de significación menor de 0.05.

3.2. Análisis y resultados.

3.2.1. Temperaturas y distribución espacial de la mortalidad durante los meses de junio a septiembre de 2003

La ola de calor durante estos meses estivales se caracterizó principalmente por su larga duración. Como ha señalado el propio Instituto Nacional de Meteorología lo más significativo fue la persistencia de altas temperaturas, por encima de los valores propios del clima, sin solución de continuidad desde primeros de junio hasta mediados de agosto⁴. De hecho, las temperaturas máximas del municipio superan los 30° C desde principios de junio hasta entrado septiembre, y durante este mismo periodo las mínimas están siempre por encima de los 17° C.

No obstante, a pesar de la continuidad de temperaturas altas, la serie durante estos meses no es homogénea. Al contrario, presenta momentos de "respiro", con temperaturas entorno a los 30° C de máxima, entre tres picos sucesivos de temperaturas más elevadas: tercera semana de junio, segunda semana de julio y finalmente las primeras semanas del mes de agosto ([figura 1](#)).

Estos tres picos de altas temperaturas presentan diferencias entre ellos. Por un lado, la intensidad de calor en los tres es creciente en el tiempo, si en junio se alcanzan los 35° C de máxima

y los 22° C de mínima, en julio se superan esas temperaturas ligeramente y en agosto se llegan a alcanzar 39° C de máxima y 25° C de mínima. Por otro, la duración de estos momentos de repunte del calor es mucho mayor en los casos del primer y último de los picos –junio y agosto–, que se alargan durante dos semanas, mientras es más breve en el mes de julio, donde las temperaturas extremas se mantienen tan sólo una semana.

Las temperaturas del municipio presentan también diferencias en su distribución espacial. Eliminando algunas estaciones de medición que introducen anomalías (por ejemplo el caso de I. Peral), las series de temperatura de cada una de las estaciones de medición presentan un claro gradiente noroeste-sureste, con diferencias entre las más calurosas –situadas al sur-sureste del municipio como Usera o Santa Eugenia– y las menos calurosas –situadas en el norte-noroeste de la ciudad, Casa de Campo, Plaza de España o Chamberí– de más de tres grados. No obstante, eliminando este componente de tendencia, el cálculo del variograma empírico muestra como la variación entre las estaciones es prácticamente aleatoria ([figura 1](#)).

Podemos hablar, por tanto, de tres *olas de calor* o tres momentos de especial crudeza dentro de una situación de altas temperaturas durante todo el verano, que presentan distintas intensidades y duraciones ([figuras 1](#) y [figura 2](#)). El análisis espacial a escala local de la mortalidad estará influido por esta distribución temporal y por esa tendencia creciente norte-sur de las temperaturas.

La mortalidad en la población de 65 años y más en el municipio de Madrid, con los datos del año 2003, comienza a crecer cuando la temperatura máxima se sitúa por encima de los 30° C. Así se observa en la [figura 3](#), donde se ha considerado la relación entre temperatura máxima y la mortalidad al día siguiente de la misma. Este crecimiento es inicialmente pequeño y se mantiene con bajas tasas de incremento entre los 30° y los 34° C. Es a partir de los 34° C cuando la mortalidad de este grupo de población se dispara de forma brusca.

Como se ha señalado, aunque prácticamente de junio a septiembre se superan los 30° C de máxima, es durante los tres momentos de especial virulencia de ola de calor cuando los incrementos de mortalidad son realmente significativos, experimentándose durante los momentos de respiro en las altas temperaturas descensos importantes de la mortalidad ([figura 1](#))—es lógico que tras un periodo de especial impacto en la mortalidad, el descenso de las temperaturas posibilite momentos de bajas tasas de mortalidad, puesto que muchos de los susceptibles no han superado ese momento de recrudescimiento, algo que, por ejemplo, puede explicar las bajas tasas de la tercera semana de julio—. La serie de mortalidad reproduce fielmente la descrita en el caso de las temperaturas, y con apenas 1 o dos días de retraso se repiten en la mortalidad los tres picos de temperaturas máximas, que correlacionan de forma directa tanto en su intensidad como, sobre todo, en la forma y duración.

Si para el conjunto del municipio la relación entre temperatura y mortalidad es muy marcada, un análisis espacial de la mortalidad refleja en parte las diferencias que se han encontrado entre las distintas áreas de la ciudad en la intensidad de las temperaturas. El incremento de la mortalidad se produce en todo el municipio, y así se traduce en la cartografía realizada para cada una de las semanas durante estos tres meses ([figura 4](#) a y b), sin embargo, los incrementos de mortalidad no son homogéneos en el espacio. No obstante, las diferencias tienen que ver no sólo con la distinta intensidad de las temperaturas en el espacio sino también, como se verá en el

siguiente apartado, con otro tipo de factores relacionados con la mayor o menor capacidad de hacer frente a esta situación de calor extremo.

Las características sociodemográficas introducen en la distribución de la tasa de mortalidad durante una situación con escasa incidencia de la temperatura (se consideró la primera semana de septiembre como semana de confort climático), diferencias espaciales entre el norte y este de la ciudad, con tasas de mortalidad que se sitúan en torno a 5%, y el sur y sobre todo en la zona central del municipio –distritos de Arganzuela, Retiro o Puente de Vallecas– que casi alcanzan tasas de 7% ([figura 4](#) a y b).

Frente a esta situación de normalidad, durante los tres meses estivales la mortalidad crece en el municipio pero lo hace con distinta intensidad no sólo en el tiempo, también en el espacio, reproduciendo en gran medida el gradiente norte-sur de diferencias en las temperaturas. Durante los tres momentos de especial crudeza del calor, las mayores tasas de mortalidad se siguen situando en espacios centrales de esta zona sur-sureste y es en este espacio donde, además, se dan los mayores incrementos, acentuándose así las diferencias espaciales de mortalidad. Como adelantábamos anteriormente, las diferencias de temperatura entre ambos espacios explican en parte estos distintos impactos, especialmente cuando los 3-4° C de distancia entre el noroeste y el sureste, suponen rebasar o no el umbral de rápido incremento de la mortalidad, que establecíamos en 34° C. De hecho, mientras las estaciones del sureste sobrepasan significativamente esa temperatura máxima en los dos primeros momentos de mayor impacto de calor –final de junio y mediados de julio–, con temperaturas máximas de hasta 37° C, en el noroeste apenas se alcanzan los 34° C.

Pero el impacto de las altas temperaturas en la distribución espacial de la mortalidad no depende solo de la intensidad de mismas, juega un papel importante también su persistencia temporal. Así se refleja en el caso de las dos primeras olas de calor, que con temperaturas similares pero duraciones distintas, tienen mapas de mortalidad con matices distintos: mayor incidencia en la mortalidad en el caso de la ola de junio y un ligero desplazamiento de las mayores tasas del sur al centro del municipio con la duración prolongada de altas temperaturas ([figura 4](#) a y b). De hecho, este ligero desplazamiento de las altas tasas de mortalidad se repite durante la ola de calor del mes de agosto en la segunda semana de altas temperaturas ([figura 4](#) a y b).

En las tres olas de calor la tasa de mortalidad en el norte se mantiene entorno a 6,5%, lo cual induce a pensar que esta población es capaz de hacer frente mejor a las altas temperaturas, y que existen por tanto otro tipo de factores a considerar, pues no hay diferencias en la mortalidad entre las olas de calor de junio y julio donde estas zonas apenas alcanzan los 34° C y la ola de calor de finales de agosto con 35-36° C. Mientras los incrementos de mortalidad en el noroeste son en las tres olas entorno al 13%, en los espacios de mayor mortalidad son de 25%, 19% y 34% para cada uno de los picos de mayor calor.

3.2.2. Factores explicativos en las diferencias espaciales de mortalidad. Análisis de regresión.

El análisis de regresión ([tabla 1](#)) permite cuantificar el efecto de la temperatura máxima en la mortalidad, controlando por otras variables que modifican su impacto. La relación entre la temperatura y la mortalidad es de tipo polinomial cuadrático, con ambos términos estadísticamente significativos. El componente cuadrático indica que la mortalidad en relación con la temperatura alcanza un máximo a partir del cual aumentos de la temperatura no incrementan la mortalidad. El modelo incluye un componente geográfico de latitud con signo negativo. A mayor latitud, menor mortalidad. La variable latitud se relaciona con la distribución espacial de las temperaturas. En el modelo de regresión se utiliza la temperatura media de todas las estaciones. La variable latitud permite modelizar la sobremortalidad producida por las variaciones de las temperaturas de norte a sur.

La razón estandarizada de mortalidad (SMR) y la proporción de personas mayores de 75 años presentan un coeficiente positivo estadísticamente significativo, indicando una relación positiva entre la situación de salud de la población y la mortalidad por efecto del calor. La mortalidad provocada por la ola de calor no está condicionada sólo por el efecto directo del calor en el cuerpo humano, actúa también descompensando los pacientes con patologías crónicas cardiovasculares, respiratorias, digestivas (Naughton M.P. *et al.* 2002). Los resultados obtenidos en el estudio están en consonancia con los trabajos consultados. La razón estandarizada de mortalidad es un indicador con una alta correlación con la situación de salud de la población en la zona. Zonas con SMR altas son por lo tanto más susceptibles al efecto de las altas temperaturas, como confirman estos resultados.

El nivel socioeconómico también se relaciona de forma negativa con la mortalidad, presentando efectos independientes el nivel de estudios y la renta bruta disponible (Gemmell *et al.* 2000). Las zonas con un porcentaje elevado de la población sin estudios presentan un riesgo mayor de morir debido a las altas temperaturas. Este dato avala la necesidad de campañas educativas básicas, haciendo énfasis en las medidas de prevención. Controlando por el nivel de renta, disponer de medidas de refrigeración en la vivienda disminuye la mortalidad como indica el coeficiente negativo de regresión. La literatura recoge el impacto que las medidas de refrigeración en el hogar tiene en la disminución de la mortalidad (Kalkstein, 1995; Naughton *et al.* 2002). Este impacto no se obtiene sin un coste económico y ambiental. Apoyando a estas medidas individuales es necesario hacer énfasis en las medidas públicas de acondicionamiento urbano. El fenómeno de isla térmica en Madrid se ubica en la zona centro sur. Sin embargo, ZBS del sur de la ciudad, en principio sometidas al mismo riesgo, ubicadas cerca de o con mayor masa arbórea, como los alrededores de la casa de campo o Santa Eugenia, presentan menor mortalidad. Así mismo, en la zona norte, presentan menor mortalidad las zonas residenciales con un mayor nivel de arbolado. El nivel de renta presenta además una interacción negativa con la temperatura máxima (Naughton, *et al.* 2002). El crecimiento de la mortalidad es multiplicativo y no aditivo con respecto al efecto conjunto de la renta y la temperatura.

4. Consideraciones finales

El impacto en la mortalidad que supuso la ola de calor del verano de 2003 en la Europa meridional, desencadenando incluso una crisis política en Francia con la dimisión del director general de salud, y la atención puesta en las altas temperaturas con las que se ha abierto el verano de 2004, ha dado una gran relevancia a este tipo de fenómenos, tanto mediática como en la propia administración sanitaria o en el mundo académico.

No obstante, una revisión bibliográfica exhaustiva permite constatar la escasez de trabajos que incorporan el análisis a escala local (imprescindible en la planificación) de este tipo de fenómenos. El estudio de los fenómenos de sobremortalidad en relación a variaciones extremas en las variables atmosféricas y en especial su aplicación en la planificación sanitaria supone un *campo nuevo* en una línea de antigua tradición geográfica. La incorporación de los SIG y su combinación con herramientas de análisis estadístico permite dar un paso más, complemento importante a los estudios temporales que se están realizando desde la medicina.

Para ello es necesario incorporar en el sistema de información sanitaria fuentes de datos georreferenciadas y con la inmediatez que la detección de situaciones de alarma precisa. En unos análisis en los que se parta de la zonificación sanitaria de referencia e incorpore no sólo la información referente a temperaturas y las predicciones de las mismas, tal y como se ha realizado en los planes de prevención de las distintas administraciones públicas, también la información de las múltiples variables que condicionan los efectos del calor en la salud y que permiten definir y localizar la población de riesgo en el interior de la ciudad.

Pero además es necesario conocer los efectos directos que la temperatura tiene en la mortalidad en cada una de las zonas de salud. Con vistas a la toma de decisiones son necesarias fuentes de datos de mortalidad y morbilidad que, si alcanzan la calidad de los sistemas de información tradicionales, permitan el estudio, con uno o dos días de retardo, de los incrementos de mortalidad y su distribución espacial.

Así, la aplicabilidad de este tipo de trabajos es doble. Por un lado, en materia de prevención, por otro en la gestión sanitaria.

En materia preventiva muchas medidas eficaces tan sólo requieren la concienciación de la población (la no exposición a altas temperaturas, la adecuada hidratación, etc.), pero en otras es necesaria la atención activa de los servicios sociales y sanitarios, especialmente en grupos de riesgo como la población de 65 años y más que vive sola, las zonas de bajos niveles socioeconómicos o espacios con problemas en la vivienda. La localización de la población diana o de riesgo es fundamental en el nivel territorial asistencial definido por las ZBS. Este trabajo permite identificar en el municipio de Madrid la población de riesgo de cada según ZBS al identificar las variables explicativas de la mortalidad durante el fenómeno de ola de calor de 2003.

Desde la gestión sanitaria, la localización de las ZBS con mayor impacto de la temperatura en la mortalidad permite prever las medidas necesarias por los centros encargados de su asistencia.

A nivel de atención primaria podemos saber los centros de salud que atienden las ZBS más afectadas y la importancia del impacto, de manera que puedan establecer las medidas de intervención necesarias (visitas a domicilio, actuación en grupos de riesgo, etc.). En la atención especializada (hospitalaria) se pueden identificar los centros donde se deben concentrar los refuerzos en los sistemas de urgencia.

Muchas son las variables ambientales que influyen en la mortalidad y la morbilidad de la población. Aquí se ha puesto la atención en el fenómeno de la ola de calor y se ha realizado un análisis espacial del mismo con miras a la planificación sanitaria. La importancia que cobra la dimensión espacial, especialmente la escala local, y las posibilidades que se abren con el uso de los SIG hace pensar en la necesidad de un SIG Sanitario-Ambiental, en el que se introduzcan tanto la distribución de las variables ambientales a estudio (temperaturas, humedad, contaminación, etc.) como la información que permita identificar espacios o poblaciones vulnerables (datos sociodemográficos, de vivienda, etc.), además de la referencia la zonificación sanitaria y de la localización de recursos.

Referencias bibliográficas

- Alberdi J.C., Díaz J, Montero J.C., and Mirón I.J. (1998): "Daily mortality in Madrid Community (Spain) 1986-1991: relationship with atmospheric variables", *Eur. J. Epidemiol.* 14, pp. 571-578.
- Alventosa, C., Paniagua, E., y Vicent, D. (1993): *Isocronas sanitarias: accesibilidad geográfica a los recursos de la Red Sanitaria Pública en la Comunidad de Madrid*. Madrid.
- Ballester, F. (1996): "Meteorología y salud. Relación entre temperatura ambiental y salud", *Revista Española de Salud Pública*, 70, pp. 251-259.
- Besancenot, J. P. (1995): "Vague de chaleur, pollution atmosphérique et surmortalité urbaine : l'exemple d'Athènes en juillet 1987", en Besancenot, J. P. (ed.): *Climat, pollution atmosphérique*. Dijon. GDR, pp. 47-70.
- Besancenot, J. P. (2002): "Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines", *Environnement, Risques & Santé*, 1, 4, pp. 229-240.
- Buechley, R. W., Van Brugen, J., y Truppi, L.E. (1972): "Heat island equals death island?", *Environmental Research*, 5, pp.85-92.
- Conti, S., Meli, P., Minelli, G., Solimini, R., Toccaceli, V., Vichi, M., Beltrano, C., and Perini, L. (2004): "Epidemiologic study of mortality during summer 2003 heat wave in Italy", *Environ. Research*, (en prensa).
- Díaz J., Jordan, A., García, R., López, C., Alberdi, J.C., Hernández, E., and Otero, A. (2002): "Heat waves in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly", *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 75, pp. 163-170.
- Ellis, F.P. (1972): "Mortality from heat illness and heat-aggravated illness in the United States", *Environmental Research*, 5, pp.1-58.
- Ellis, F.P. (1978): "Mortality in the elderly in a heat wave in New York City, August 1975", *Environmental Research*, 15, pp.504-512.
- Gemmell, I., McLoone, P., Boddy F.A., Dickinson, G.J., and Watt, G.C.M. (2000): "Seasonal variation in mortality in Scotland", *Int. J. Epidemiol.* 29, pp. 274-279.

- González J M (2000): "La demanda de una verdadera ordenación territorial sanitaria en Galicia. Desarrollo actual del 'Mapa de Saude': ¿cuándo y para qué?", *Boletín de la AGE*, 29, pp.29-51.
- Gover, M. (1938): "Mortality during periods of excessive temperature", *Health Rep.*, 53, pp.1122-1143.
- Green, M.S., Harari, G. and Kristal-Boneh, E. (1994): "Excess winter mortality from ischaemic heart disease and stroke during colder and warmer years in Israel", *European Journal of Public Health*, 4, pp.3-11.
- Greenberg, J.H., Bromberg, J., Reed, C.M., Gustafson, T.L., and Beauchamp, R.A. (1983): "The epidemiology of heat-related deaths Texas-1950, 1970-1979, and 1980", *Am. J. Public Health*, 73, pp.805-807.
- Gutiérrez, J., García, J.C., Alventosa, C., Redondo, J.C., y Paniagua, E. (2002): "Accesibilidad peatonal a la red sanitaria de asistencia primaria en la Comunidad de Madrid", *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, Vol. extraordinario, pp.269-280.
- Healy, J.D. (2003): "Excess winter mortality in Europe: A cross country analysis identifying key risk factors", *J. Epidemiol. Community Health*, 57, pp.784-789.
- Jones, T.S., Liang, A.P., Kilbourne, E.M., Griffin, M.R., Patricia, P.A., Fite Wassilak, S.G. et al. (1982): "Morbidity and mortality associated with the July 1980 heat wave in St Louis and Kansas City, Mo", *JAMA*, 247, pp.3327-3331.
- Kalkstein, L.S. (1993a): "Direct impacts in cities", *The Lancet*, 342, pp.1397-1399.
- Kalkstein, L.S. (1993b): "Health and climate change. Direct impact in the cities", *The Lancet*, 342, pp.1397-1399.
- Kalkstein, L.S. (1995): "Lessons from a very hot summer", *The Lancet*, 346, pp.857-859.
- Katsouyanni, K., Pantazopulu, A., Touloumi, G., et al. (1993): "Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the question of excess mortality", *Arch. Environ. Health*, 48, pp. 235-242.
- Katsouyanni, K., Trichopoulos, D., Zavistsanos, X., and Touloumi, G. (1988): "The 1987 Athens heatwave", *The Lancet*, 573.
- Kay_Tee Khaw (1995): "Temperature and cardiovascular mortality", *The Lancet*, 345, pp.337-338.
- Keatinge, W.R., Donaldson, G.C., Cordioli, E., and Martinelli, M. et al. (2000): "Heat related mortality in warm and cold regions of Europe: observational study", *BMJ*, 321, pp.670-673.
- Kovats, R.S., Haines, A., Stanwell-Smith, R., Martens, P., Menne, B., and Bertollini, R. (1999): "Climate change and human health in Europe", *BMJ*, 318, pp.1682-1865.
- Kunst, A.E., Looman, C.W.N., and Mackenbach, J.P. (1993): "Outdoor air temperature and mortality in the Netherlands: A Time-Series Analysis", *Am.J. Epidemiol.*, 137, pp.331-341.
- Lage, M.B., Diaz, J., Gestal, J.J., Sierra, M., y Alberdi, J.C. (1999): "Influencia de los factores ambientales en el numero de ingresos por urgencias en el complejo hospitalario 'Juan Canalejo' de A Coruña: elaboración de un modelo de predicción", *Revista Española de Salud Publica*, 73, pp.45-60.
- Mackenbach, J.P., Kunst, A.E., and Looman, C.W.N. (1992): "Seasonal variation in mortality in the Netherlands", *J. Epidemiol Community Health*, 46, pp.261-265.
- Mackenbach, J.P., Looman, C.W.N., and Kunst, A.E. (1993): "Air pollution, lagged effects of temperature, and mortality: The Netherlands 1979-1987", *Journal of Epidemiology and Community Health*, 47, pp.121-126.
- Martinez, B.F., Annett, J.L., Kilbourne, E.M., Kirk, M.L., Lui, K.J. and Smith S.M. (1989): "Geographic distribution of heat-related deaths among elderly persons", *JAMA*, 262, pp.2246-2250.

- MMWR (2003): "Heat-related deaths Chicago, Illinois, 1996-2001, and United States, 1979-1999", *MMWR*, 52, pp.610-613.
- Montero, J.C., Mirón, I.J., Díaz, J. y Alberdi, J.C. (1997): "Influencia de las variables atmosféricas sobre la mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares en lo mayores de 65 años en la Comunidad de Madrid", *Gaceta Sanitaria* 11, pp.164-170.
- Moore, R., Mallonee, S., Garwe, T., Sabogal, R.I., et al. (2002): "Heat-related Deaths Four States, July-August 2001, and United States, 1979-1999", *JAMA* 288, pp.950-951.
- Moreno, A. y Fernández, F. (2003): "El confort climático en los entornos residenciales de las capas altas, medias y bajas de la Comunidad de Madrid: Otra forma de desigualdad socio-espacial", en Moreno, A. (coord.): *La distribución de la renta en la Comunidad de Madrid. Análisis y aplicaciones*. Madrid, Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, pp. 153-175.
- Naughton, M.P., Henderson, A., Mirabelli, M.C., Kaiser, R., Wilhelm, J.L., Kieszak, M., Rubin, C.H., and McGeehin, M.A. (2002): "Heat-related mortality during a 1999 heat wave in Chicago", *Am. J. Prev. Med.*, 22, pp.221-227.
- Olivera, A. (1993): *Geografía de la Salud*. Colección Espacios y Sociedades. Madrid, Síntesis.
- Ramlow, J.M. and Kuller, L.H. (1990): "Effects of the summer heat wave of 1988 on the daily mortality in Allegheny county", *Public Health Rep.*, 105, pp.283-289.
- Rogot, E. and Padgset, S.J. (1976): "Associations of coronary and stroke mortality with temperature and snowfall in selected areas of the United States, 1962-1966", *Am. J. Epidemiol.*, 24, pp.576-582.
- Rogot, E., Sorlie, P.D., and Backlund, E. (1992): "Air-conditioning and mortality in hot weather", *Am. J. Epidemiol* 136, pp.106-116.
- Rooney, C., McMichael, A.J., Kovats, R.S., and Coleman, M. (1998): "Excess mortality in England and Wales, and in greater London, during the 1995 heatwave", *J.Epidemiol. Community Health*, 52, 482.
- Saez, M., Sunyer, J., Castellsague, J., Murillo, C., y Antó, J.M. (1995): "Relationship between weather temperature and mortality: a time series analysis approach in Barcelona", *Int. J. Epidemiol.*, 24, pp.576-582.
- Sakamoto, M. (1988): "Changes in the seasonality of human mortality: a medico-geographical study", *Soc Sci Med* 12, pp.29-42.
- Sator, F., Snacken, R., Demuth, C. and Walckiers, D. (1995): "Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer, 1994, in Belgium", *Environmental Research*, 70, pp.105-113.
- Schwartz, J., Spix, C., Touloumi, Bacharova, Barumamdzadeh, le Tertre, Piekarksi, Ponce de Leon, Pönka, Rossi, Saez, and Schouten, P. (1996): "Methodological issues in studies of air pollution and daily counts of deaths or hospital admissions", *Journal of Epidemiology and Community Health*, 50 (Suppl 1), S3-S11.
- Sierra, M., Díaz, J., Montero, J.C., Alberdi, J.C., y Mirón, I.J. (1997): "Mortalidad diaria en la Comunidad de Madrid durante el periodo 1986-1991 para el grupo de edad de 45 a 65 años: su relación con la temperatura del aire", *Revista Española de Salud Pública*, 71, pp.149-160.
- Valleron, A.J. et Boumendil, A. (2004): "Epidemiologie et canicules: analyses de la vague de chaleur 2003 in France", *Comptes rendus Biologies* 327, pp.1125-1141.
- Wen-Harm Pan, Lung-An Li, and Ming-Jan Tsai (1995): "Temperature extremes and mortality from coronary heart disease and cerebral infarction in elderly Chinese", *The Lancet*, 345, pp.353-355.
- Yuk Yee Yan (2000): "The influence of weather on human mortality in Hong Kong", *Social Science & Medicine*, 50, pp.419-427.

García Palomares, J. C. y Alberdi, J. C. (2005): "Mortalidad en la ciudad de Madrid durante la ola de calor del verano de 2003", *GeoFocus (Artículos)*, nº 5, p.19-39. ISSN: 1578-5157

TABLAS

Tabla 1. Modelo de regresión

	Coefficientes	Std. Error	t	
Intercepto	5.916738e+001	2.178523e+001	2.715940	
T. Máxima	7.529294e-001	1.043756e-001	7.213654	***
T. Máxima^2	-1.004018e-002	1.515556e-003	-6.624752	***
SMR	5.966472e-001	1.027558e-001	5.806456	***
% no Refrig.	-1.190151e+000	3.884178e-001	-3.064100	**
Latitud	-1.791513e-005	4.872514e-006	-3.676774	**
% mas de 75	1.062556e+000	2.839772e-001	3.741695	**
% sin estudios	-1.610430e-002	4.680243e-003	-3.440910	**
Renta * T Max	-5.530332e-007	2.551167e-007	-2.167766	*

Residual Deviance: 2318.165 on 1811 degrees of freedom

*** <.001

** <.01

* <.05

FIGURAS

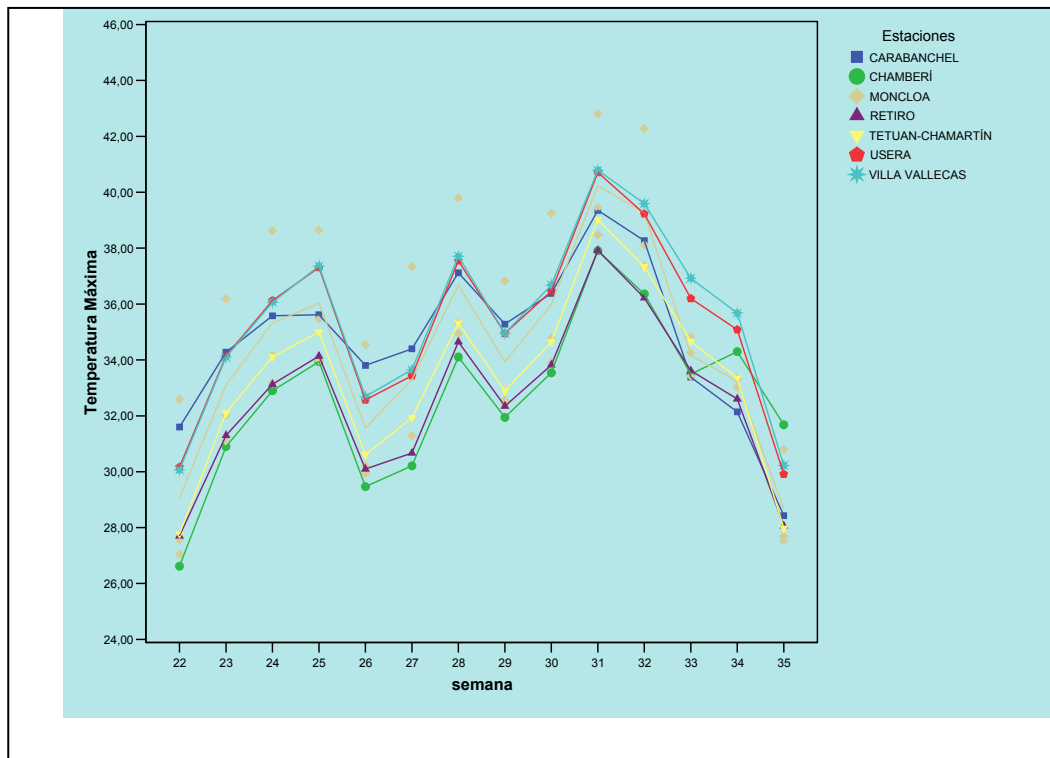


Figura I. Temperaturas máximas. Estaciones de medición.

García Palomares, J. C. y Alberdi, J. C. (2005): "Mortalidad en la ciudad de Madrid durante la ola de calor del verano de 2003", *GeoFocus (Artículos)*, n° 5, p.19-39. ISSN: 1578-5157

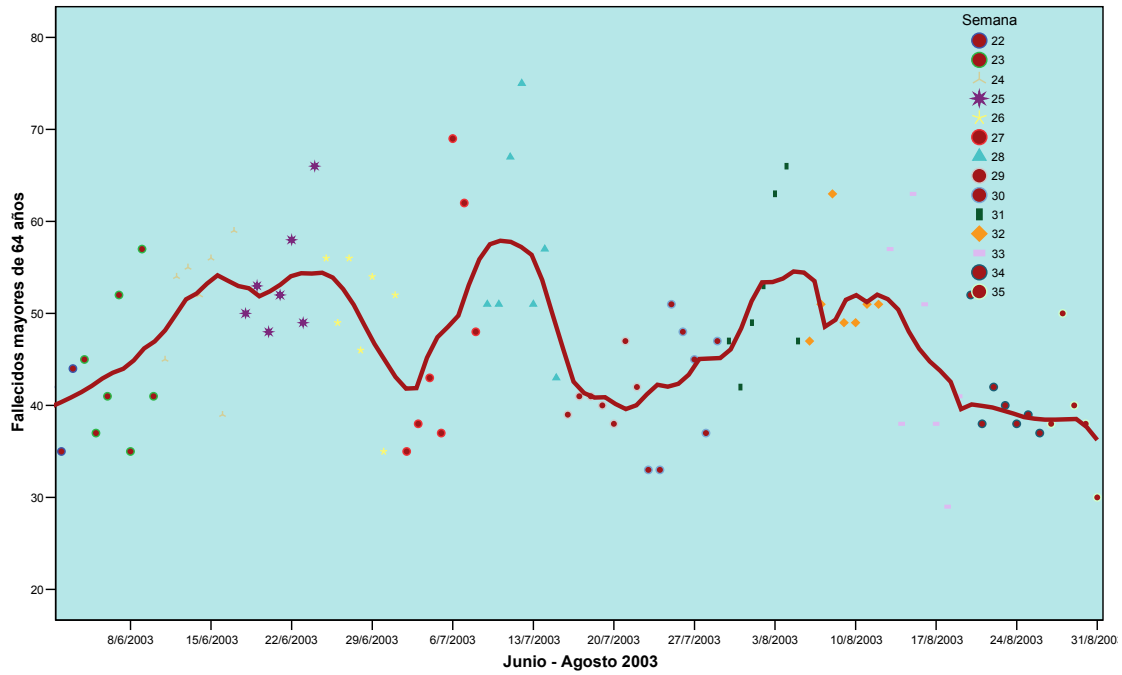


Figura 2. Fallecidos diarios entre la población de 65 años y más en el verano 2003 en el municipio de Madrid. (Alisamiento mediante método LOESS.)

García Palomares, J. C. y Alberdi, J. C. (2005): "Mortalidad en la ciudad de Madrid durante la ola de calor del verano de 2003", *GeoFocus (Artículos)*, n° 5, p.19-39. ISSN: 1578-5157

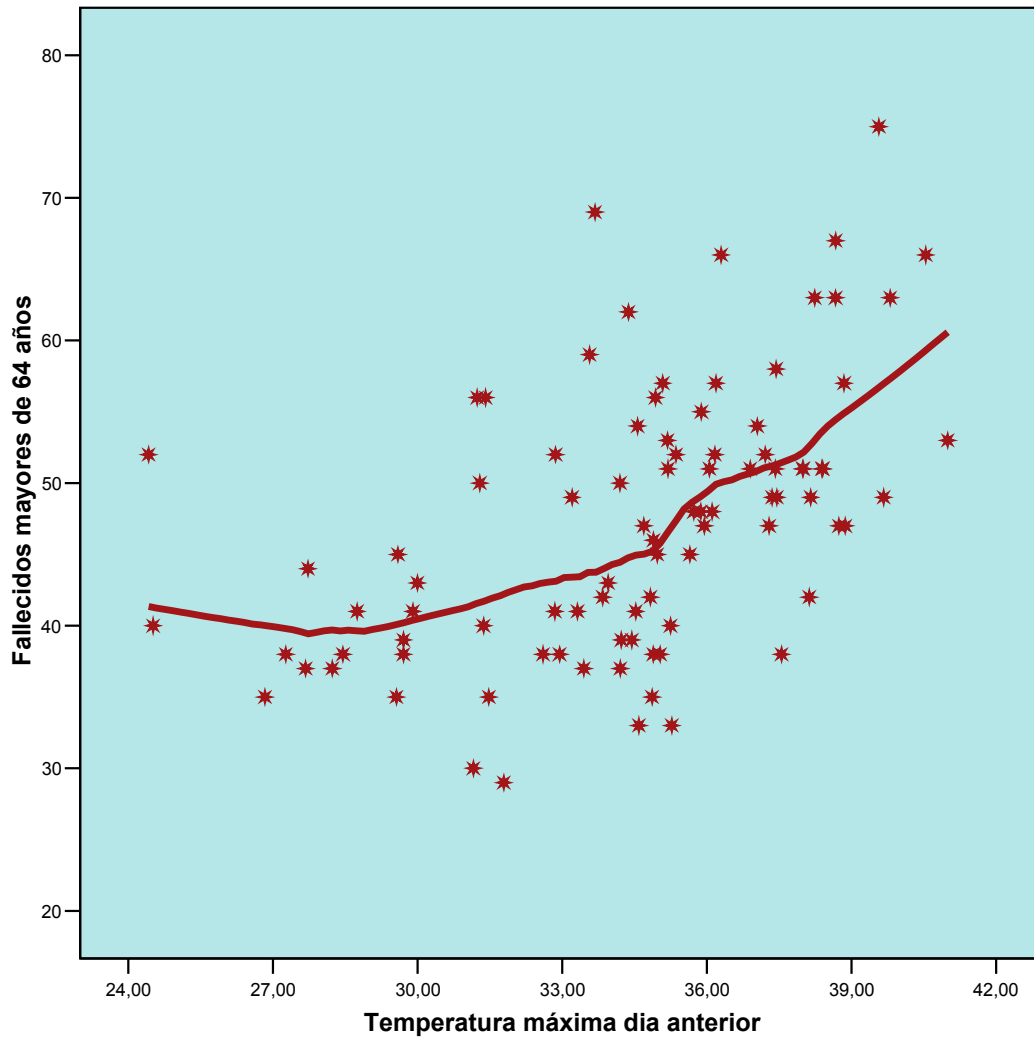


Figura 3. Relación entre temperatura y mortalidad en población de 65 años y más.

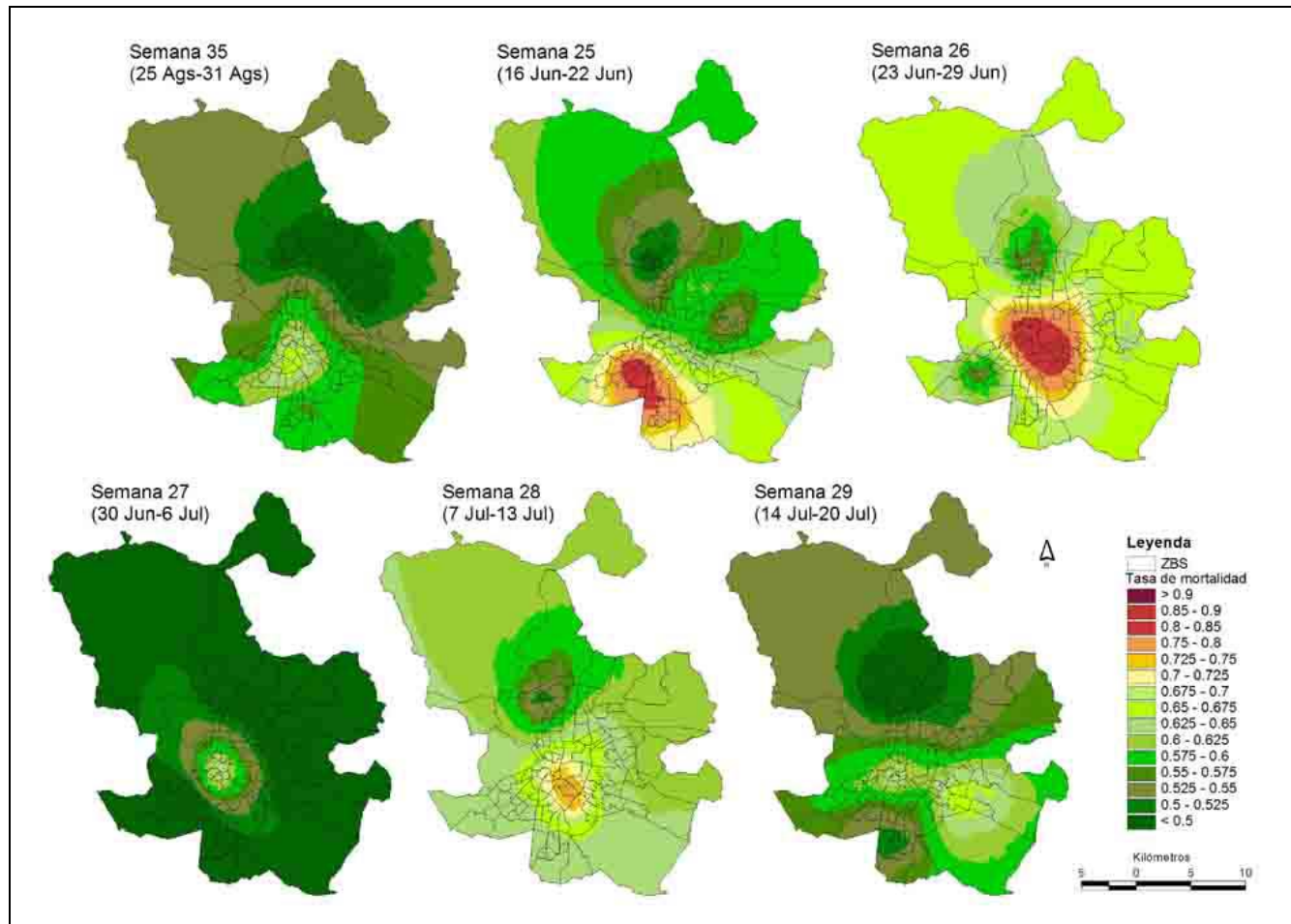


Figura 4 a. Distribución de las tasas de mortalidad de la población de 65 años y más en las semanas de ola de calor.

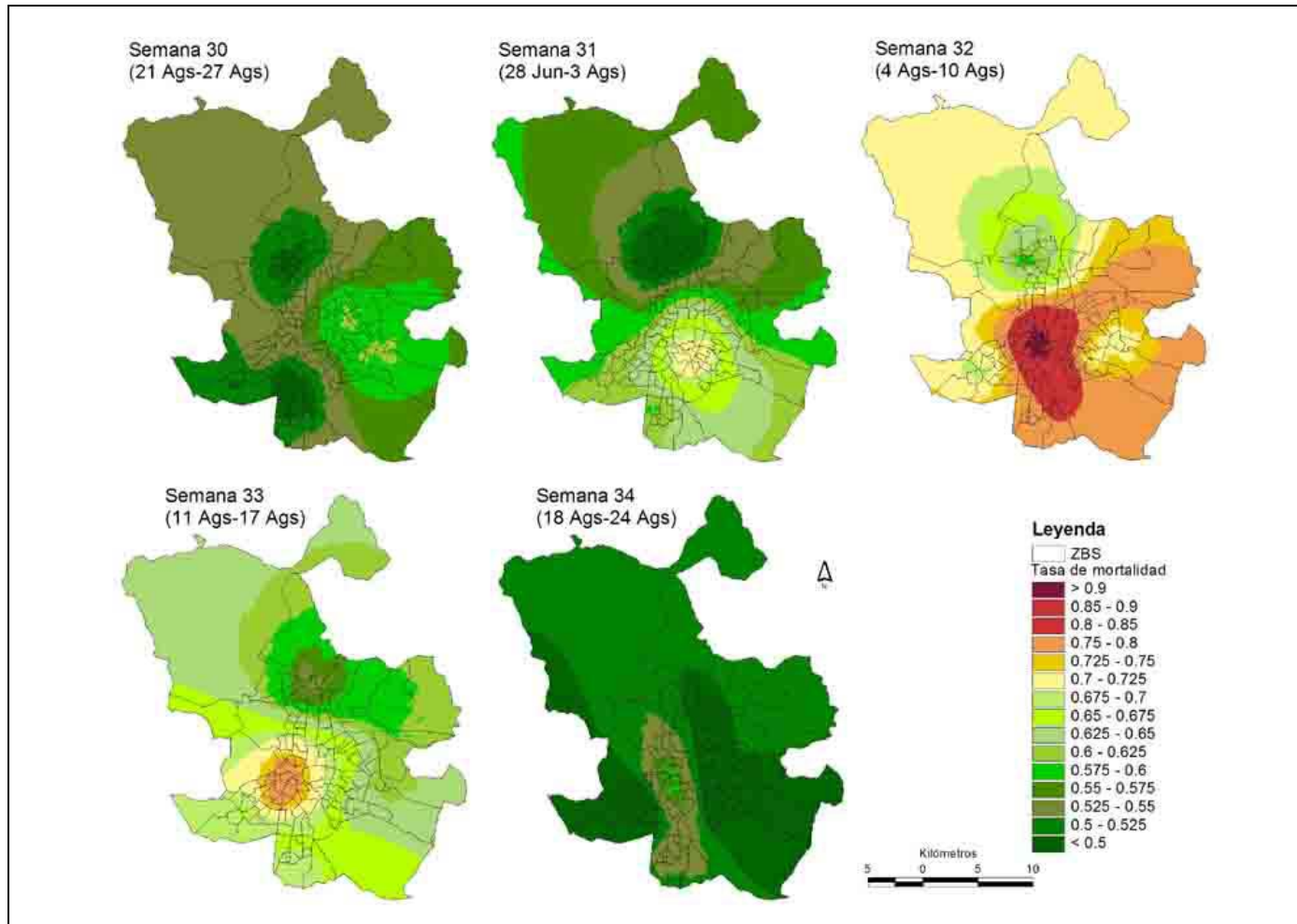


Figura 4 b. Distribución de las tasas de mortalidad de la población de 65 años y más en las semanas de ola de calor (continuación).

García Palomares, J. C. y Alberdi, J. C. (2005): "Mortalidad en la ciudad de Madrid durante la ola de calor del verano de 2003", *GeoFocus (Artículos)*, n° 5, p. 19-39. ISSN: 1578-5157

¹ En Francia más de 15.000 muertes fueron atribuidas a las elevadas temperaturas.

² La zonificación sanitaria es la división territorial con fines asistenciales. En la Comunidad de Madrid se establecen tres tipos de unidades espaciales jerarquizadas: las ZBS (para la atención primaria), los distritos de salud (atención especializada extra-hospitalaria) y las áreas de salud (atención hospitalaria) La agrupación de ZBS da lugar a los distritos sanitarios y la agrupación de distritos a las áreas de salud.

³ Los callejeros digitales, tanto a nivel de portal como de tramos de calle, son elaborados por el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. La cartografía de ZBS es del Servicio de Planificación Sanitaria de la Comunidad de Madrid.

⁴ http://www.inm.es/web/izq/noticias/meteonoti/ola_calor_ago_03.html