

## Identificación y cartografiado de factores de riesgo en la proliferación de rata de alcantarilla (*Rattus norvegicus*) en medio urbano

### *Identification and mapping of risk factors in the proliferation of sewer rats (*Rattus norvegicus*) in urban areas*

### *Identificação e mapeamento de fatores de risco na proliferação do rato de esgoto (*Rattus norvegicus*) nas áreas urbanas*

Ibon Tamayo Uria<sup>a,c,d</sup>, José María Cámara<sup>b</sup> y Francisco Javier Escobar<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Dpto. de Geografía y Geología, Universidad de Alcalá

<sup>b</sup>Dpto. de Salud Ambiental – Instituto de Salud Pública, Madrid-Salud, (Ayuntamiento de Madrid)

<sup>c</sup>Unidad de Vigilancia Epidemiológica, Subdirección de Salud Pública de Gipuzkoa

<sup>d</sup>Centro de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Madrid

**Cita:** Tamayo Uria I, Cámara JM, Escobar FJ. Identificación y cartografiado de factores de riesgo en la proliferación de rata de alcantarilla (*Rattus norvegicus*) en medio urbano. Rev salud ambient. 2013;13(2):148-157.

**Recibido:** 17 de abril de 2013. **Aceptado:** 18 de octubre de 2013. **Publicado:** 31 de diciembre de 2013.

**Autor para correspondencia:** Ibon Tamayo Uria.

Correo-e: [ibontama@gmail.com](mailto:ibontama@gmail.com)

Unidad Vigilancia Epidemiológica. Subdirección de Salud Pública de Gipuzkoa. Tel:0034-943-022756 Fax:943-022750.

**Financiación:** El proyecto presentado en este artículo no ha sido financiado con fondos específicos pero ha participado en el mismo personal de plantilla del Dpto. de Geografía y Geología (UAH) y de Madrid-Salud (Ayto. de Madrid).

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

**Declaraciones de autoría.** Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

### Resumen

Con el objetivo de proporcionar una visión más profunda de los riesgos potenciales derivados de la interrelación de las propias personas y de las ratas en las ciudades, los objetivos del estudio que se presenta se centran en la identificación y cartografiado de los factores que contribuyen a la proliferación de plagas urbanas.

La metodología se basó en una extensa revisión bibliográfica acerca de los factores predisponentes/causales, en la experiencia de los profesionales y expertos involucrados en la gestión de plagas y en el análisis de la distribución espacial de los factores previamente identificados.

Sesiones de tormenta de ideas, así como una encuesta entre expertos y profesionales constituyeron la base para la ponderación de los factores. Estos factores fueron georreferenciados e integrados en un sistema de información geográfica (SIG), que a su vez constituyó la base para el análisis espacial y cartografía de tales factores.

**Palabras clave:** Factores; gestión; Madrid; plagas urbanas; rata; *Rattus norvegicus*; SIG.

### Abstract

With the aim of providing a deeper insight into the potential risks derived from the close cohabitation of people and rats in cities, the objectives of the present study focused on the identification and mapping of factors contributing to the proliferation of urban pests.

The methodology was supported by an extensive literature review about causal factors, the experience of officials and experts working in the field, and analysis of the spatial distribution of the previously identified factors.

Brainstorming sessions, together with a survey among experts and officials, provided the basis for weighting factors. Data about these factors were implemented on a GIS, which in turn constituted the basis for the spatial analysis and mapping of such factors.

**Keywords:** Factors; management; Madrid; urban pest; rat; *Rattus norvegicus*; GIS.

## Resumo

Com intuito de proporcionar uma visão mais profunda sobre os riscos potenciais decorrentes na coexistência das próprias pessoas e dos ratos nas cidades, os objetivos do presente estudo incidem na identificação e mapeamento dos fatores que contribuem para a proliferação das pragas urbanas.

A metodologia foi baseada numa extensa revisão da literatura sobre os fatores predisponentes/causais, na experiência dos profissionais e especialistas na gestão de pragas e na análise da distribuição espacial dos fatores identificados.

Sessões de *brainstorming*, bem como uma pesquisa entre os especialistas e profissionais formaram a base para a ponderação dos fatores. Esses fatores foram georreferenciados e integrados num SIG, que serviu de base para a análise espacial e mapeamento dos mesmos.

**Palavras - chave:** Fatores; gestão, Madrid; pragas urbanas; rato; *Rattus norvegicus*; SIG.

## INTRODUCCIÓN

El medio ambiente urbano es un complejo ecosistema artificial creado por y para el ser humano que también ofrece notables oportunidades para la vida animal. La diversidad biológica puede ser considerada como favorable al introducir elementos que facilitan la sostenibilidad del medio y la calidad de vida de los ciudadanos. No obstante, muchos animales que pueden acceder y colonizar el medio urbano son potencialmente peligrosos para el hombre, en la medida en que puedan actuar como reservorios o vectores con potencial zoonótico<sup>1</sup>. Asimismo, en determinados escenarios, también pueden estar relacionados con fenómenos de sensibilización y alergias<sup>2</sup>.

Tal como se recoge en Buj<sup>3</sup>, los riesgos epidémicos a nivel mundial son altos y entre ellos se encuentran las plagas causadas por las ratas de alcantarilla (*Rattus norvegicus*). Entre todas las especies de animales potencialmente adaptables al medio urbano, estos mamíferos presentan una muy especial flexibilidad biológica y capacidad de adaptación y supervivencia<sup>4</sup>. Están implicados en la epidemiología y ecología de numerosas enfermedades y es una de las especies más problemáticas en muchas ciudades europeas, junto a las cucarachas y los mosquitos<sup>5</sup>. Aunque alguna de las enfermedades (vgr. peste), provocada por las pulgas de las ratas, no presenta actualmente el peligro que tuvo hace unos siglos, es preciso estar vigilantes ante los antiguos y nuevos riesgos que generan las poblaciones de estos roedores para el hombre.

Frente a este problema, una Gestión Integrada de Plagas (GIP), basada en estrategias y actuaciones orientadas a la prevención y la proactividad frente a criterios exclusivos de reactividad y de uso excesivo de plaguicidas (biocidas en la Unión Europea) se perfila como la mejor opción<sup>6-9</sup>. En aras de una correcta implantación de políticas de GIP, el conocimiento y la consiguiente gestión posterior de los diferentes factores de riesgo medioambientales, socioeconómicos y demográficos que influyen en las vulnerabilidades frente a plagas resulta fundamental.

Factores que muchas veces pueden ser identificados por los profesionales de la administración pública pero que por diferentes razones no llegan a publicarse. Por consiguiente, dicha información se pierde o queda restringida su difusión, sin llegar a la generalidad de la comunidad científica.

A este respecto, la localización de los puntos calientes (*hot spots*) que pueden causar estos factores es un elemento clave para una correcta gestión del problema. Este concepto es utilizado en estudios ecológicos<sup>10</sup> permitiendo detectar zonas con mayor concentración y/o reiteración de avistamientos así como de factores de riesgo identificados. Para poder llevar a cabo esta metodología resultan extremadamente útiles los análisis espaciales realizados con Sistemas de Información Geográfica (SIG), cada vez más empleados en Salud Pública<sup>11</sup>.

En respuesta a esta necesidad, en el presente estudio se identificaron y espacializaron los factores que condicionan la proliferación de ratas de alcantarilla (*Rattus norvegicus*) en ámbitos urbanos. El lugar de estudio elegido para llevarlo a cabo fue la ciudad de Madrid, aunque los resultados podrían ser extrapolables a cualquier otra gran área urbana localizada en zonas de condiciones socioeconómicas y ambientales análogas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Madrid ha sido sobradamente estudiada y descrita por otros autores<sup>12-14</sup>, por lo que aquí recogemos únicamente los aspectos directamente involucrados en la generación de riesgos de la proliferación de ratas.

La ciudad de Madrid se sitúa en torno a la latitud 40°25' Norte y presenta una altitud media sobre el nivel del mar de 655 metros. Cuenta por tanto con un clima templado de tipo mediterráneo continentalizado. Según datos del Padrón a 1 de enero de 2012, tiene una población de 3 237 937 habitantes<sup>15</sup>, tratándose de la ciudad más

poblada (en número absolutos y densidad) de España.

Entre 1940 y 1970 se produjo un fuerte incremento poblacional debido a la inmigración interior<sup>16</sup>. El acelerado crecimiento y la falta de planificación urbana favorecieron la aparición de núcleos de infraviviendas y zonas residenciales, principalmente en los distritos del sur<sup>17</sup>. A partir de los años setenta y hasta 1995, pierde población, tendencia que se invierte a partir de ese momento con la llegada de población extranjera que hoy alcanza el 17 % del total<sup>18</sup>, aunque las tendencias más recientes en movimientos de retorno obligarían a recalcular estos datos. Estas últimas migraciones han atraído perfiles socioculturales distintos a los preexistentes<sup>19</sup>.

El Producto Interior Bruto de Madrid supone el 11,8 % de la renta nacional<sup>20</sup>. De los sectores económicos de la ciudad, el más importante es el terciario, que representa un 78 % de su economía, y ocupa a dos terceras partes de la población activa. La agricultura tiene un carácter residual y la industria pierde peso paulatinamente<sup>21</sup>.

Según la cartografía proporcionada por el Ayuntamiento, el término municipal de Madrid cuenta (excluyendo zonas forestales singulares, Monte de El Pardo) con 5889 hectáreas de zonas verdes con cobertura de mantenimiento municipal, lo que representa el 9,75 % del total de la superficie de la ciudad.

#### IDENTIFICACIÓN DE FACTORES

Los gestores habituales del control de plagas en ciudad pertenecen a la Administración y raramente publican sus datos. Recabar la experiencia y el conocimiento práctico, sobre la materia, de estos técnicos resulta una fuente de información valiosísima y muy práctica que muchas veces no se valora<sup>22</sup>. Por ello y para abordar la identificación de factores que facilitan la proliferación de ratas, primeramente se recabaron los diferentes factores que aparecen citados en la bibliografía y después, esta información fue valorada, matizada y completada, en una sesión de tormenta de ideas, por 4 expertos en control de plagas. Entre estos expertos suman más de 50 años de experiencia en la Unidad Técnica de Control de Vectores (UTCV) de Madrid.

#### JERARQUIZACIÓN MEDIANTE ENCUESTA

Con el objetivo de jerarquizar la lista de los factores según su importancia o impacto sobre la proliferación de ratas se procedió a la realización de un estudio de Elicitación de Expertos (*Expert Elicitation Study*<sup>23</sup>). En el marco del estudio se encuestó a 40 profesionales dedicados al control de plagas (toda la plantilla en activo de la UTCV en ese momento, exceptuando los expertos que participaron en la sesión de tormenta de ideas). La

encuesta se considera representativa de los trabajadores de plagas de vías públicas, ya que el Ayuntamiento es responsable de todos los trabajos de inspección, saneamiento, registro de datos y monitoreo de las vías y edificios públicos. Aun así, han quedado fuera de esta encuesta los trabajadores de empresas privadas, los cuales en Madrid se ocupan principalmente de los espacios de titularidad privada.

La encuesta fue de tipo directa, de opinión, individual, por escrito y sin intercambios. A cada encuestado se le proporcionó en mano la lista inicial de factores generada por los profesionales, solicitando una valoración (de 1 a 5) sobre su opinión acerca de cada factor [de 1 (factor poco determinante) a 5 (factor muy determinante)]. Una vez recopiladas todas las encuestas se realizó la suma de las puntuaciones de todas las variables y se ordenaron de mayor a menor.

#### ESPACIALIZACIÓN DE LOS FACTORES PRINCIPALES

Para que el gestor municipal pueda optimizar las medidas y políticas conducentes a su adecuada gestión, es crucial la identificación de las zonas más problemáticas. Para localizar dichas zonas se utilizan herramientas de análisis SIG. Estas herramientas requieren disponer de datos georreferenciados y generan información espacial en forma de puntos, líneas o polígonos (vectorial), geometrías mejor adaptadas para el análisis de variables discretas, o en forma de superficies continuas estructuradas en píxeles (raster), geometría mejor adaptada para variables continuas<sup>24</sup>.

En nuestro caso la información se ha obtenido de las bases de datos alfanuméricas de la UTCV, así como de los Departamentos de Estadística, de Cartografía y de Servicios Veterinarios del Ayuntamiento de Madrid. Dado que, en el momento de iniciar este estudio los datos todavía no se gestionaban con herramientas SIG, esas bases de datos fueron georreferenciadas para su utilización en el SIG. Dicha georreferenciación se ha realizado vinculando la dirección postal de cada evento, con la base de datos de portales georreferenciados proporcionada por el Departamento de Cartografía. Este departamento también nos ha proporcionado la cartografía correspondiente a los distritos y barrios de Madrid.

De entre las herramientas de análisis espacial disponibles para el estudio de la distribución geográfica de patrones puntuales, uno de los más utilizados es la estimación de densidad de Kernel<sup>25-26</sup>. Este método permite identificar *clusters* o zonas con mayor proporción de casos. Se parte de información puntual o lineal y de una malla cuyas celdas adoptan un valor igual a la suma de casos en su interior<sup>27-28</sup>. En nuestro estudio, a partir de las

capas de información integradas en el SIG se ha utilizado este método para cartografiar los diferentes factores y crear un mapa de densidades para cada factor, expresada en unidades por km<sup>2</sup> y con una resolución de 20x20 m.

Por último, de cara a la obtención de un mapa integrado con toda la información disponible, se han ponderado las variables más importantes en orden inverso al obtenido en las encuestas y se han sumado algebraicamente, es decir, se ha creado un nuevo mapa de densidades con

la suma de todas las anteriores. Con este mapa se han podido identificar las zonas más expuestas del municipio.

## RESULTADOS

### REVISIÓN CON PROFESIONALES

Tras las sesiones de tormenta de ideas con los expertos, los factores fueron categorizados y estructurados según se muestra en la Tabla 1. Los factores fueron agrupados según su componente ambiental, demográfico,

Tabla 1. Factores potenciales que facilitarían la proliferación de ratas

Categoría	Subcategorías	FACTORES	Ag	Cm	Cb	M	Observaciones	
Medio Ambiente	Cubierta vegetal	Distancia a zona verde		X	X	X		
		Superficie verde en 150m		X	X	X		
		Tipo de cubierta	X	X	X	X	Parques, jardines, descampados...	
	Temperatura	Altas temperaturas						
	Disponibilidad agua	Aguas superficiales	X		X		Márgenes de ríos, fuentes ornamentales...	
		Aguas de alcantarilla	X	X	X	X	Zonas urbanizadas	
Urbanismo	Remodelación	Demoliciones y obras				X		
	Edificación	Diseño y ejecución de obras	X	X	X	X		
		Tipología de vivienda	X	X	X	X		Bloques, con patio, viviendas, unifamiliares...
		Antigüedad			X	X		Conservación de edificios
		Mantenimiento			X	X		Conservación de edificios
		Solares y ruinas	X		X	X		Posibles depósitos ilegales de residuos
	Infraestructura	Alcantarillado	X	X	X			Suciedad, defectuosos, vías de movimiento
		Carreteras y ferrocarriles			X	X	X	Vías de movimiento en superficie
		Red transporte de Metro	X		X			Vías de movimiento subterráneas
		Otras instalaciones soterradas					X	Posible interconexión con alcantarillado/externo
	Locales	Bares			X	X		
		Tiendas de alimentación			X	X		Individuales
		Mercados			X	X		Instalaciones colectivas
Demografía	Densidad de población	Alta		X	X			
		Baja		X	X			
Socio económico	Vulnerabilidad	Perfil socioeconómico	X	X			Inmigración, zona de chabolas	
	Renta per cápita	Renta per cápita				X	Vulnerabilidad socioeconómica	
	Desempleo	Desempleo				X	Vulnerabilidad socioeconómica	
	Estructura poblacional	Personas mayores				X	Menos ingresos y movilidad, más vulnerables	
Gestión de residuos	Basura orgánica	Gestión propia del ciudadano		X			Eliminación residuos orgánicos por inodoro	
				X			Almacenamiento y depósito temporal de basuras	
		Gestión municipal		X			Sistema de recogida, y gestión de RSU	
				X			Frecuencia y modo de limpieza vía pública	
Otros	Alimentación animales (vagabundos/silvestres)	Gatos	X	X		X	Recursos alimenticios	
		Palomas		X		X	Recursos alimenticios	

Ag: Disponibilidad de agua; Cm: Disponibilidad de comida; Cb: Cobijo; M: Posibilidad de crear madrigueras. Fuente: Elaboración propia

urbanístico, socioeconómico, así como con variables medioambientales consideradas relevantes, tales como las relacionadas con la gestión de residuos. Se incluyen en la tabla las relaciones existentes entre estos factores y las condiciones necesarias para la proliferación de las ratas (disponibilidad de agua, disponibilidad de comida, cobijo y posibilidad de construir madrigueras).

**ENCUESTAS**

De las encuestas podemos concluir que, según los profesionales, el factor que más favorece la aparición de ratas es la "suciedad" (presencia de residuos orgánicos) del alcantarillado. Se detallan a continuación aquellos factores que obtuvieron una puntuación media superior a 4 (en una escala de 1 a 5).

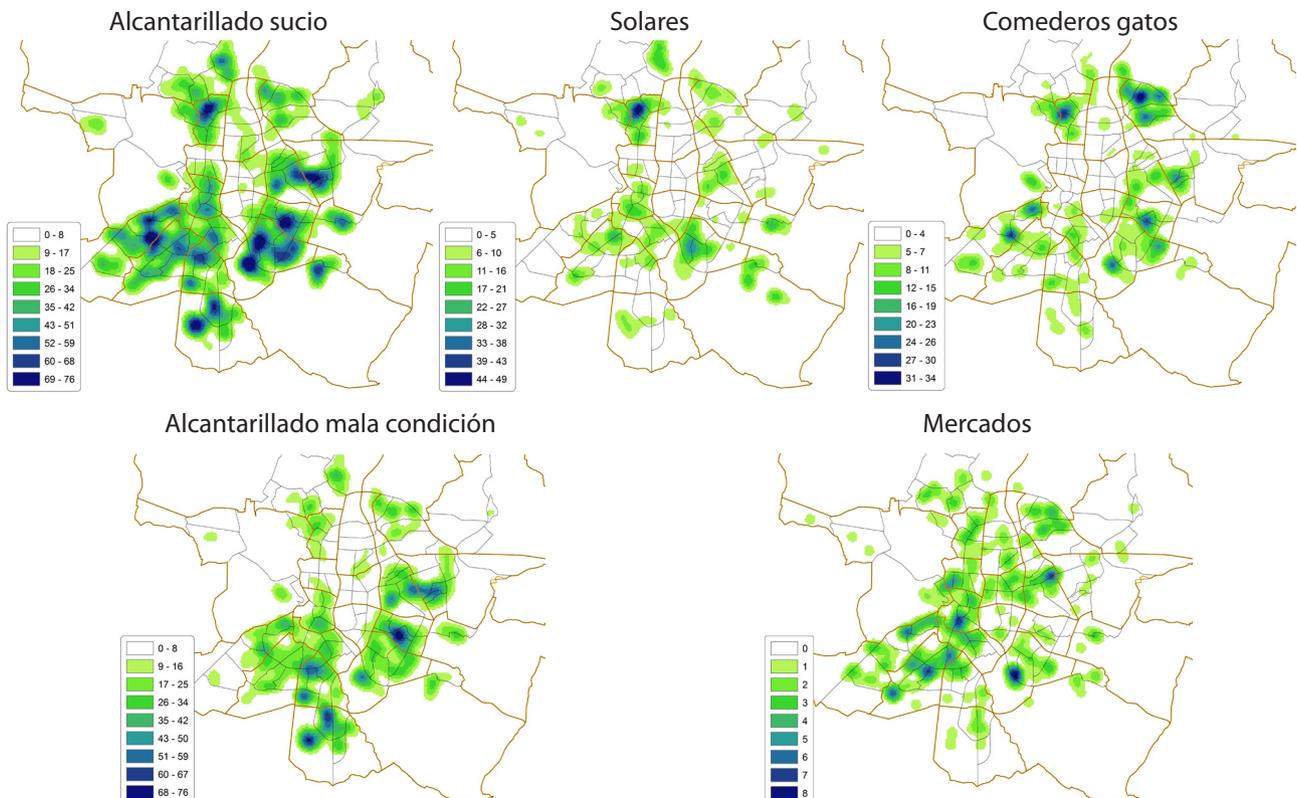
1. La suciedad del alcantarillado (presencia de residuos orgánicos susceptibles de ser usados como alimentos por las ratas).
2. Problemas en la recogida de la basura
3. Presencia de chabolas o infravivienda
4. Suministro de comida a palomas en espacios públicos
5. Presencia de solares y ruinas

6. Suministro de comida a gatos en espacio públicos
7. Alcantarillado en malas condiciones de conservación (roturas y atrancos)
8. Insuficiente número de contenedores de basura
9. Eliminación de alimentos por el inodoro
10. Mala conservación de los edificios
11. Proximidad de mercados, mercadillos u otros centros de alimentación
12. Retardo en la limpieza de las calles.

**CARTOGRAFÍA**

Los mapas de la figura 1 muestran la cartografía generada con la información recopilada en el SIG. Ciertas variables clasificadas como importantes en las encuestas no han sido georreferenciadas de manera directa como elementos con representación vectorial (puntos) debido a su propia naturaleza; es el caso del retardo en la recogida de la basura, la insuficiencia de contenedores de basura, la eliminación de alimentos por el inodoro o el retardo en la limpieza de las calles. Otras variables también podrían llegar a espacializarse con métodos de posicionamiento y georeferenciación pero requerirían de una inversión de recursos que exceden el alcance del presente proyecto.

Figura 1. Mapas de densidades de los factores cartografiados (unidades por km<sup>2</sup>). Representados los distritos (naranja) y barrios (negro)



Fuente: Elaboración propia

En cambio, otros sí han podido ser georreferenciados. Cuando la UTCV hace trabajo de campo recopila información sobre factores ambientales que pueden influir en la aparición de plagas. Esta información se georreferencia a partir de la dirección postal y es actualizada con la misma periodicidad con la que la UTCV realiza sus campañas de campo. Es el caso de las alcantarillas en malas condiciones o sucias, los edificios mal conservados, solares y ruinas. Todos los registros de estos factores fueron georreferenciados a una capa de puntos (una por factor). Otros factores como la localización de puntos de suministro de comida de gatos fue obtenida en formato de texto con coordenadas X e Y, y con ella se creó otra capa de puntos. Por último, el Departamento de Estadística nos proporcionó la localización de los mercados. Esta también fue recopilada en formato de código postal y se georreferenció. Para cada uno de los factores se creó un mapa de densidad.

Las alcantarillas sucias aparecen con mayor intensidad en los distritos de Latina, Tetuán, Villaverde, Puente de Vallecas, Moratalaz y San Blas. En el eje vertical de la ciudad se aprecia poca intensidad. En cambio las

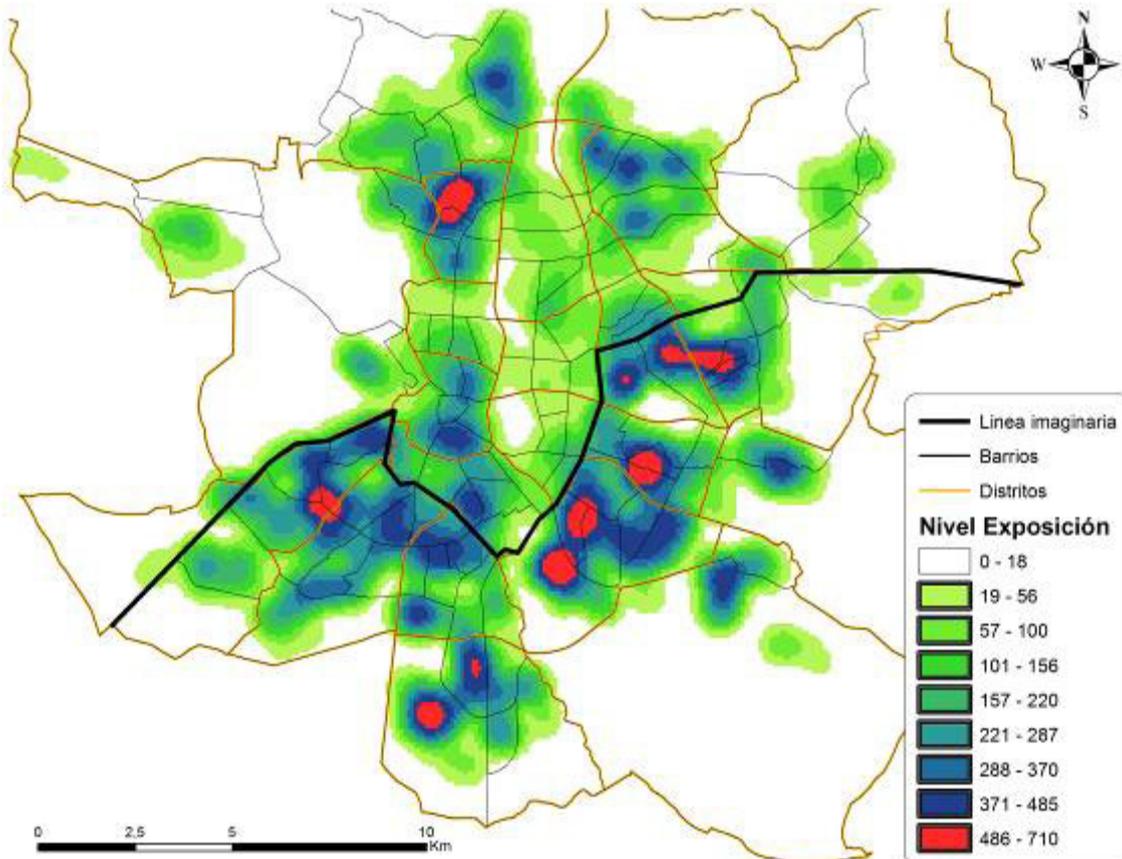
alcantarillas consideradas en malas condiciones se concentran más en la zona sur-sureste en los distritos de Villaverde, Usera y Moratalaz.

Según se aprecia en el mapa de densidades el suministro de comida a gatos se produce sobre todo en Tetuán, Hortaleza, Latina.

Los solares identificados muestran una densidad menor que los factores anteriores afectando especialmente a la mitad norte de la ciudad (Distrito de Tetuán). En cambio los mercados se concentran más en la parte del sur, en Puente de Vallecas, Carabanchel y Centro.

El resultado final muestra la suma de las densidades de los factores cartografiados (Figura 2). De esta manera se han podido identificar las zonas de mayor exposición en la ciudad ante la proliferación de ratas. De este mapa podríamos concluir que las zonas más vulnerables serían Latina, Villaverde, Tetuán, Puente de Vallecas, Moratalaz y San Blas.

Figura 2. Mapa de exposición final con la suma de los factores ponderados (unidades por km<sup>2</sup>)



Fuente: Elaboración propia

## DISCUSIÓN

Los resultados de la encuesta reflejan la multifactorialidad del problema. De la misma se desprende que existirían dos grupos de variables críticas, las referidas a disponibilidad de alimentos así como las relacionadas con las oportunidades de obtener protección o cobijo.

La disponibilidad de alimentos es un factor clave de atracción y de proliferación de ratas. Los roedores son animales *r-estrategas* y omnívoros extremos<sup>26</sup>, por lo que el acceso a comida resulta un factor limitante de especial importancia<sup>5</sup>. Esta necesidad sería precisamente, la que las conduce a aproximarse a los asentamientos humanos donde encuentran abundantes recursos. La alta densidad de alcantarillas sucias (Figura 1) podría proporcionarnos una idea de los hábitos de los residentes en esas zonas o la falta de limpieza, mientras que la zona de poca densidad que se aprecia en el eje vertical identifica un gran vial (el Paseo de la Castellana), donde el tránsito de vehículos es importante y la acumulación de sustancias orgánicas es menor. El mapa de alcantarillas en mal estado muestra una aglomeración de zonas conflictivas en el sur y según datos del Ayuntamiento coincide con zonas socioeconómicamente más desfavorables.

Respecto a las basuras urbanas y según la información inferible a partir de los estudios del municipio de Madrid, el factor limitante no sería tanto su volumen sino la disponibilidad (accesibilidad) de estos residuos como alimentos para las ratas aunque según otros estudios el exceso de basura sí influye en las poblaciones y el problema se agrava si el cebo se aplica inadecuadamente en el alcantarillado<sup>29-30</sup>. Por este motivo, resulta fundamental mantener en buen estado el sistema de alcantarillado (hábitat frecuente de ratas urbanas) evitando que la basura o restos de alimentos (eliminada por sumideros e inodoros) llegue a ellos. En este sentido, es importante gestionar de manera cuidadosa e integral los residuos sólidos urbanos (RSU).

Las ratas viven en los sistemas de alcantarillado, especialmente en sus componentes más próximos e interconectados con edificios, lo que explica que los desagües defectuosos y el envejecimiento de las infraestructuras del alcantarillado estén vinculados a las infestaciones de ratas<sup>8,29,31</sup>. Por ello, el correcto diseño, un buen estado de limpieza y conservación de las alcantarillas serían factores determinantes a la hora de impedir el acceso de las ratas a interiores. Hay que tener en cuenta que los roedores destacan por su capacidad para detectar, explorar sistemáticamente y acceder por cualquier orificio o espacio existente tanto en puertas,

ventanas, fachadas, conductos de ventilación, etc.<sup>2</sup>

Por otro lado, las ratas poseen la habilidad de refugiarse en espacios diversos (edificaciones)<sup>32</sup>, lo que les permite pasar desapercibidas y a la vez protegerse. De esta forma y en teoría, las edificaciones antiguas serían más susceptibles de ser infestadas que las modernas. No obstante, esta cuestión debería tomarse con cautela en la medida que ciertos diseños modernos de edificios podrían resultar proclives a la colonización por plagas y a su posterior propagación interior. Asimismo, el proceso de ejecución de las obras no siempre incluye un plan de prevención de plagas adecuado. La proactividad en la conservación juega por tanto un papel muy importante y por esta razón, las condiciones socioeconómicas desfavorables podrían agravar el problema al limitar estos recursos.

Algo similar ocurre con respecto a solares y descampados. Estos lugares proporcionarían a menudo oportunidades interesantes de refugio para las ratas, normalmente debido a factores asociados a una gestión negligente (depósitos de basuras, acúmulos de escombros, sobrecrecimiento de maleza, etc.). El mapa muestra una clara distribución periférica afectando sobre todo a Tetuán. Esto podría estar correlacionado con la mayor presencia de espacios semiurbanizados.

Los mercados y otras instalaciones donde se almacenan y/o procesan alimentos son espacios con un doble interés en prevención y control de poblaciones de ratas: el derivado de la necesidad de someterlos a protección especial frente a estas (salud pública – seguridad alimentaria) y el resultante del mayor riesgo ambiental perimetral, asociado a la mayor generación de basuras.

En relación con la dinámica de población hay que tener en cuenta el teórico elemento de control derivado de la depredación y competición interespecies (depredación) así como otras variables intraespecíficas (territorialidad, competición por la explotación de los recursos, etc.). Aunque dicha depredación ha sido citada como un elemento que afectaría al comportamiento de las ratas<sup>33</sup>, ello no parece ser un elemento de control significativo en ciudad a juicio de los autores. Así, parece que la depredación por perros y gatos no tiene ningún efecto apreciable en la densidad de roedores en zonas urbanas<sup>34</sup>. Todo ello lleva a la hipótesis que el control humano de los roedores es probablemente el principal mecanismo por el cual las poblaciones de estos animales pueden mantenerse bajo control<sup>5</sup>. Calhoun<sup>34</sup> concluye que las manzanas de la ciudad con presencia habitual de perros y gatos callejeros también presentan de

manera simultánea alta densidad de ratas. Por lo tanto, la presencia de gatos en libertad y las ratas en las zonas urbanas parecen estar positivamente correlacionadas, tal vez debido a un beneficio común derivado del acceso a los residuos de alimentos<sup>8</sup>. Además, la presencia de animales de compañía puede dar lugar a la provisión de alimentos adicionales y refugio para los roedores<sup>8,35</sup>. Las encuestas dejan de manifiesto estos hechos al asignar importancia a los lugares donde se alimenta a gatos y palomas.

En cuanto a la distribución de los comederos de gatos, destaca la distribución periférica que muestran, concentrándose sobre todo en el norte. Esto puede ser debido a la propia biología del animal, el diseño urbano y por elementos causales que afectan más a las zonas periféricas.

Por último, el chabolismo y la infravivienda, como sistema de asentamiento humano, constituiría un factor determinante para la proliferación de ratas ya que en el mismo se conjugan todas las variables más críticas que generan los riesgos más intensos de plagas (viviendas deficientes y poblaciones en situaciones de vulnerabilidad sanitaria, social y económica)<sup>7,36</sup>.

A pesar de que en la tabla 1 aparecen mencionados más factores que los discutidos posteriormente, los autores no han creído necesario extenderse sobre aquellos factores cuya importancia, según los resultados de las encuestas, es baja o muy baja.

En cuanto a la cartografía, la ausencia y la descentralización de los datos, además de la falta de estandarización, provoca la casi inexistencia de cartografía oficial sobre el tema y, en su caso, la falta de estandarización que permita una comparación de información de valor científico. Con el objetivo de suplir esta deficiencia y de abrir puertas a futuros análisis espaciales en donde puedan tenerse en cuenta los resultados de este estudio, la recopilación de datos por parte de la UTCV y otros departamentos del Ayuntamiento nos ha permitido georreferenciar y cartografiar algunos factores, lo que a su vez ha permitido sintetizar una primera cartografía de exposición para la ciudad de Madrid. Estos trabajos han impulsado asimismo las estrategias corporativas del Ayuntamiento de Madrid en materia de gestión de plagas de manera que, actualmente, la aplicación de los SIG es sistemática en su gestión<sup>37</sup>.

Si analizamos el último mapa (Figura 2) podemos ver que la zona sur de la periferia concentra la mayoría de los puntos calientes. Según se ha contrastado con

expertos del Ayuntamiento estos puntos podrían estar relacionados con apariciones de ratas, lo que daría validez a los factores identificados. Pero esta suposición debería contrastarse con datos científicos. Según nuestros datos, con la excepción del caso de Tetuán, todos los demás puntos conflictivos se concentrarían debajo de una línea imaginaria que divide la ciudad en aproximadamente dos mitades, norte y sur (Figura 2). Esta línea coincide con estudios realizados por el Ayuntamiento de Madrid donde utiliza variables socioeconómicas para definirla<sup>38</sup>.

## CONCLUSIONES

El principal objetivo de este estudio consistía en determinar los factores que más influyen en la proliferación de ratas en medios urbanos y espacializarlos para de esta forma posibilitar una gestión del problema más completa y eficiente.

Ambos objetivos se han cumplido con la colaboración de los expertos y profesionales encargados de la gestión y control de las plagas urbanas en Madrid. La UTCV del Ayuntamiento de Madrid cuenta con más de 100 años de experiencia en la lucha contra las plagas animales urbanas por lo que la opinión de sus agentes ha constituido una aportación invaluable.

El criterio prevalente entre los profesionales experimentados en gestión de plagas del Ayuntamiento de Madrid puede resumirse en el carácter multifactorial del problema. Futuros trabajos deberán profundizar en el estudio estadístico, parametrización y de determinación del peso específico (variables ponderadas) que jugaría cada una de estas en la etiología, la prevención y en el control de situaciones potenciales o consolidadas de plaga.

Por otro lado, desde el punto de vista metodológico, la importancia de utilizar los SIG a la hora de gestionar las plagas y apoyar los procesos de toma de decisiones queda evidenciada por las posibilidades de análisis espacial y de integración de variables que el modelo georreferenciado posee. Desde un punto de vista temático, la cartografía muestra cómo, en la Ciudad de Madrid, los factores más influyentes se circunscriben en algunas zonas conflictivas, lo que permite concentrar esfuerzos y maximizar recursos en esas zonas concretas, lo que redundaría en una mejora de las condiciones de salud ambiental de toda la ciudad. Dada la existencia en el Ayuntamiento de Madrid de una base de datos que recoge los avisos de ratas que recibe el Servicio de Salud, futuros trabajos deberían explorar la fiabilidad de los mapas de exposición producidos con la distribución de los avisos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento a todos los profesionales consultados y a aquellos que amablemente han contestado las encuestas, especialmente al personal del Ayuntamiento de Madrid (Madrid Salud) y a Rentokil España, así como al sociólogo Dr. Juan Aldaz Arregi, a la Dra. Larraitz Garmendia y al Dr. Lapo Mughini Gras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Childs JE, Sadek R, Miller GL, et al. Epidemiology of Rodent Bites and Prediction of Rat Infestation in New York City. *Am. J. Epidemiol.* 1998;148:78-87.
- Mourier H, Recanses JM, Sunesen E. Guía de los animales parásitos de nuestras casas. 1ª ed. Barcelona: Ediciones Omega; 1979.
- Buj A. Los riesgos epidémicos actuales desde una perspectiva geográfica. *Scripta Nova Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales.* Universidad de Barcelona, 1999, nº 39. [citado el 29/02/2013]. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/sn-39.htm>.
- Bajomi D, Gúthy CS, Markos T. Efficacy of large-scale rat and cockroach control actions in Budapest as shown by experiences over a 23-year period. *Proceedings of the 2nd International Conference on Urban Pests; 1996. 7 - 10 July Edinburgh, Scotland.*
- Bonnefoy X, Kanpen H, Sweeney K. Public Health Significance of Urban Pests. *World Health Organization Regional Office for Europe.* Copenhagen, Denmark, 2008.
- Buj A. El reto de las epidemias en Iberoamérica ante el nuevo milenio. *Scripta Nova Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales.* Universidad de Barcelona, 1999, nº 45. [citado el 29/02/2013]. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/sn-45-29.htm>.
- Colvin B, Jackson WB. Urban rodent control programs for the 21st century, 1999, p. 243-257 en G.R.Singleton, L.A. Hinds, H. Leirs, and Z. Zhang, eds. 1999. *Ecologically-based Management of Rodent Pests.* Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. 1999.
- Langton SD, Meyer AN. The occurrence of commensal rodents in dwellings as revealed by the 1996 English House Condition Survey. *J. Appl. Ecol.* 2001;38:699-709.
- Traweger D, Travnitzky R, Moser C, et al. Habitat preferences and distribution of the brown rat (*Rattus norvegicus* Berk.) in the city of Salzburg (Austria): implications for an urban rat management. *J. Pest Sci.* 2006;79:113-25.
- Nelson TA, Boots B. Detecting spatial hot spots in landscape ecology. *Ecography.* 2008;31(5):556-66
- Aránguez Ruiz E, Arribas García M, Aránguez Gilarranz J, Ordoñez Iriarte JM. *Salud y territorio. Aplicaciones prácticas de los sistemas de información geográfica a la salud ambiental.* Madrid. Sociedad Española de Sanidad Ambiental. Serie De aeribus, aquis et locis nº2. 2012.
- Carbajo M. *La población de la villa de Madrid desde finales del siglo XVI hasta mediados del siglo XIX.* Madrid: Siglo veintiuno de España Editores, 1987.
- Montoliu P. *Madrid, Villa Y Corte: Historia de Una Ciudad.* Madrid: Silex Ediciones, 1996.
- López, A. *Madrid: Estudios de Geografía Histórica.* Madrid: Real Academia de la Historia, 1999.
- Ayuntamiento de Madrid. Padrón Municipal de Habitantes 2012. [citado el 29/02/2013]. Disponible en: <http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCEstadistica/Nuevaweb/Publicaciones/Padr%C3%B3n%20Municipal%20de%20Habitantes/2012/Municipio.pdf>.
- INE. Instituto Nacional de Estadística de España. Censos y cifras oficiales de población (período 1900-1991). [citado el 29/02/2013]. Disponible en: <http://www.ine.es/>.
- FUSI, JP. España. Autonomías. Madrid. Espasa Calpe; 1989, vol 5, p. 517-615.
- Ayuntamiento de Madrid. Demografía y población. Tasa de crecimiento. Madrid. [citado el 29/02/2013]. Disponible en: <http://www.munimadrid.es/portal/site/munimadrid/menuitem.ec7bec4d2ccca0aa7d245f019fc08a0c/?vgnnextoid=dfd9ef637004a010VgnVCM100000d90ca8c0RCRD>.
- Dirección general de migración y cooperación al desarrollo. La población extranjera en la ciudad de Madrid. Dossier de magnitudes básicas. [citado el 29/02/2013]. Disponible en: <http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/CooperacionElmigracion/Inmigracion/EspInformativos/MadridConvive/Observatorio/Publicaciones/Magnbasicas2011.pdf>.
- Ayuntamiento de Madrid, 2011. *Madrid Economía 2011, observatorio económico.* [citado el 29/02/2013]. Disponible en: <http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCObservEconomico/MadridEconomia/Ficheros/2011%20castellano.pdf>.
- INE. Instituto Nacional de Estadística de España. *Indicadores Sociales. Renta, distribución y consumo.* 2010 [citado el 29/02/2013]. Disponible en: <http://www.ine.es/>.
- Himsworth CG, Feng AYT, Parsons K, Kerr T, Patrick DM. Using experiential 10 knowledge to understand urban rat ecology: A survey of Canadian pest control professionals. *Urban Ecosystems.* 2012 Publicado online el 27 September 2012. doi:10.1007/s11252-012-0261-4.
- Knol AB, Slottje P, Van der Sluijs JP, Lebre E. The use of expert elicitation in environmental health impact assessment: a seven step procedure. *Environmental Health.* 2010;9:19.
- Olaya V. 2010. *Libro libre de SIG.* [citado el 29/02/2013]. Disponible en: [http://sextante.googlecode.com/files/Libro\\_SIG.pdf](http://sextante.googlecode.com/files/Libro_SIG.pdf).
- Chainey S, Ratcliffe J. *GIS and Crime Mapping.* John Wiley and Sons, UK. 2005.

26. Sabel, C. Kernel Density Estimation as a Spatial-Temporal Data Mining Tool: Exploring Road Traffic Accident Trends, GISRUK 2006, University of Nottingham. 2006.
27. Silverman BW. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. New York: Chapman and Hall, 1986.
28. Bailey TC, Gatrell AC. Interactive spatial data analysis. Essex: Longman Scientific & Technical. 1995.
29. Battersby SA, Webster JP. Urban rat infestations and the risk to public health. *Journal of Environmental Health Research*. 2002;1:57-65.
30. De Masi E. Roedores na cidades de São Paulo: levantamento da taxa de infestação predial e sua relação com fatores socioeconômicos e ambientais. [tesis doctoral]. São Paulo: Instituto Biológico, de Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. 2009.
31. Sacchi R, Pilon N, Bernini F. GIS-modelling the distribution of *Rattus norvegicus* in urban areas using non toxic attractive baits. *Hystrix - Italian Journal of Mammalogy*. 2008;19:13-22.
32. De Masi E, Santos M, Genehr L. et al. Socioeconomic and environmental risk factors for urban rodent infestation in Sao Paulo, Brazil. *J. Pest Sci*. 2010;83:228-38.
33. Macdonald DW, Mathews F, Berdoy ML. The Behaviour and Ecology of *Rattus norvegicus*: from Opportunism to Kamikaze Tendencies in Ecologically-Based Management of Rodent Pests. *Acinar Monograph No. 59*. G.R.Singleton, L.A.Hinds, H.Leirs and Z.Zhang (editors), Canberra, 1995.
34. Calhoun JB. The ecology and sociology of the Norway rat. Bethesda, Maryland, USA: Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, 1962.
35. Colvin B. Opinion: Interview The rat catcher. *New Sci*. 2001;169:40.
36. Battersby SA. Urban rat infestations – society's response and the public health implications. [tesis doctoral]. University of Surrey, Reino Unido. 2002.
37. Cámara JM, Tamayo I, Delgado J. GIS technology uses in urban pest prevention and control. *Proceedings of the Sixth International Conference on Urban Pests*. William H Robinson and Dániel Bajomi (editors). Hungria. 2008.
38. Comunidad de Madrid. *Madri+d*. 2010.[citado el 29/02/2013]. Disponible en: [http://www.madrimasd.org/blogs/salud\\_publica/2010/01/10/130872](http://www.madrimasd.org/blogs/salud_publica/2010/01/10/130872).