

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE
MONTES, FORESTAL Y DEL MEDIO NATURAL**



**Desarrollo de soluciones a la gestión de las
emergencias como Sistema Complejo:
aplicación a la Comunidad de Madrid.**

TESIS DOCTORAL

José Ramón Peribáñez Recio

Ingeniero de Montes por
la Universidad Politécnica de Madrid

2015

Departamento de Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental.
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural
Universidad Politécnica de Madrid

Desarrollo de soluciones a la gestión de las emergencias como sistema complejo: aplicación a la Comunidad de Madrid.

Autor

José Ramón Peribáñez Recio

Ingeniero de Montes

por la

Universidad Politécnica de Madrid

Directores

Eugenio Martínez Falero

Dr. Ingeniero de Montes

Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid

Susana Martín Fernández

Dr. Ingeniero de Montes

Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid

Madrid, 2015



Tribunal nombrado por el Magfco. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día _____ de _____ de 2015

Presidente: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Secretario: _____

Suplente: _____

Suplente: _____

Realizado el acto de defensa y lectura de la tesis el día _____ de de 2015, en la E.T.S.I. de Montes, Forestal y del Medio Natural

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

SECRETARIO

A LAS BUENAS PERSONAS.

Agradecimientos

En este apartado es obligatorio ser generalista a la hora de mostrar agradecimientos a todas las personas e instituciones que han colaborado en mayor o menor medida para lograr los objetivos de esta tesis. De esta forma es seguro no dejarse a nadie sin mencionar y por ello así procedo. Aquí es de justicia nombrar a mis dos Directores de tesis, D^a Susana Martín Fernández y D. José Eugenio Martínez Falero que han tenido un papel fundamental con sus conocimientos y apoyo.

Sin embargo, también quisiera, sin desmerecer a todas las personas que han colaborado en esta tesis, hacer una mención especial a la figura de D. José Eugenio Martínez Falero. Es muy difícil hoy en día encontrar excelentes profesionales en cualquier campo de la investigación pero además es mucho más difícil encontrar a alguien que también humanamente sea una gran persona. En este sentido todas las palabras que se puedan escribir para reflejar su calidad humana y profesional nunca mostrarán su auténtica valía. Una excelente persona y un gran profesional. Un auténtico orgullo haber podido contar con su colaboración y entrega.

Pero no solamente yo me debo sentir afortunado. El hecho de que todos sus conocimientos hayan podido ser aplicados, a través de esta Tesis, al campo de las emergencias creo que es un privilegio para todos los que nos dedicamos a este sector que tiene sin lugar a dudas un componente humanitario considerable y en el que profesionales como él pueden ser de gran ayuda. La unión del conocimiento científico y técnico de la Universidad con el de un sector público al servicio del ciudadano como es el de las emergencias es una gran alianza. Ojalá nuestra sociedad pudiera contar actualmente con más personas como él. En mi nombre y en el de todos los que trabajamos en este sector. **GRACIAS EUGENIO.**

Resumen

En la presente tesis se desarrolla una metodología y una herramienta informática que permite abordar de forma eficaz y eficiente problemas de gestión de los recursos intervinientes en emergencias. Se posibilita, a través de indicadores innovadores como el Índice de Respuesta Operativa (I.R.O.), una evaluación correcta del riesgo real en función de los medios disponibles y de su probabilidad de colapso, permitiendo desarrollar una optimización de la utilización estos medios tanto en el presente como en escenarios futuros.

Para su realización se describen inicialmente los principales actores que intervienen en las emergencias evaluándolos y mostrando las sinergias existentes. Se define y analiza, a través de sistemas complejos socialmente inteligentes (SCSI) el “ciclo de global de las emergencias”: planificación, prevención, detección, intervención, rehabilitación y el tratamiento informativo de la crisis. Del mismo modo se definen los distintos escenarios donde se interviene y cómo se puede prever su evolución. Para ello se establecen unas tipologías de siniestros y se identifican las similitudes o diferencias entre ellos. También se describe y modela el problema de la toma de decisiones a nivel de planificación operativa, desde la localización de instalaciones, tipologías de parques de bomberos, etc. Para demostrar la viabilidad de la metodología desarrollada se realiza su aplicación al territorio de la Comunidad Autónoma de Madrid obteniendo resultados satisfactorios a partir de los datos existentes.

Es un estudio totalmente innovador y de amplia repercusión no solo en la gestión de las emergencias sino también en otros campos tales como el de estrategia militar, comercial, de gestión de organizaciones, etc.

Abstract

This Phd Thesis presents a method and software tool that allows facing, in an efficient and effective manner, the resources involved in emergencies. It enables a correct assessment of the real risk as a function of the available resources and its collapse likelihood. This is achieved by mean of some novel indexes such as the Operative Response Index. Therefore, it allows a current and future optimization of the use of available resources.

First, it describes the main factors affecting emergencies, assessing them and showing existing synergies. Then, it defines and analyse through complex systems socially intelligent (CSSI) the overall emergency cycle: planning, prevention, detection, intervention, rehabilitation and informative crisis coverage. Similarly, it defines the scenarios of intervention and how to forecast their progress. To this end, some typologies of disasters are defined, identifying commonalities. Moreover, it also describes and model decision-making issues at operational-planning level, such as the location of facilities, typologies of fire stations, etc. In order to prove the feasibility of the developed methodology, it is applied to the Comunidad Autónoma de Madrid, getting successful results from the existing data.

This Phd Thesis is an innovative study with far reaching impact, not only in emergency management but also in other fields such as the military, business strategy, organizational management, etc.

Índice general.

Agradecimientos	I
Resumen.	II
Abstract	III
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1. Objetivos y metodología de la tesis	3
1.2. Estructura de la tesis	3
1.3. Principales aportaciones de esta tesis	4
2. ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS EN LA GESTIÓN DE LAS EMERGENCIAS	7
2.1. Introducción	8
2.2. Estado del arte dentro del área de las emergencias.	8
2.3. Presentación y caracterización de del problema desde el punto de vista de los sistemas complejos.	11
3. METODOLOGÍA	14
3.1.- Procedimientos operativos a aplicar en la metodología para el diseño y optimización del Índice de Respuesta Operativo..	15
3.1.1.- Metodologías para la modelización y simulación de sistemas complejos.	16
3.1.2.- Optimización combinatoria	21
3.1.3.- Técnicas de recrecimiento de datos	25

3.2	Esquema general de la gestión de la emergencia	28
3.3	Índice de respuesta operativa: definición y cálculo	33
3.3.1	Primer módulo: Determinación de la mejor ubicación posible de nuevos Parques.	37
3.3.2	Segundo módulo: Determinación de las consecuencias de invertir en nuevo vehículos y su influencia en el índice de Colapso Total.....	39
3.3.3	Tercer Módulo: Determinación de la variación del Índice de Colapso Total a partir de asignaciones económicas de formación a distintas tipologías de siniestros.	41
3.3.4	Cuarto Módulo: Optimización de la mejor asignación de una determinada cantidad presupuestaria en vehículos, formación y nuevas infraestructuras de Parques.....	42
4.-	CASO DE APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID	44
4.1	Caracterización de las emergencias en la Comunidad de Madrid	46
4.1.1	Conceptos o definiciones	46
4.1.2.	Organismos intervinientes	48
4.2	Obtención, depuración y análisis de los datos de partida.....	56
4.2.1	Tratamiento de las bases de datos del Cuerpo de Bomberos de la CM	56
4.2.2	Cálculo de la probabilidad de ocurrencia de cada tipo de siniestro	63
4.3	Descripción general de la aplicación para determinar la dotación optima de medios en los parques.....	91
4.4	Programas, pantallas, etc	92
4.4.1	Primer módulo: Determinación de la mejor ubicación posible de nuevos Parques	92

4.4.2	Segundo módulo: Determinación de las consecuencias de invertir en nuevo vehículos y su influencia en el índice de Colapso Total	111
4.4.3	Tercer Módulo: Determinación de la variación del Índice de Colapso Total a partir de asignaciones económicas de formación a distintas tipologías de siniestros	112
4.4.4	Cuarto Módulo: Optimización de la mejor asignación de una determinada cantidad presupuestaria en vehículos, formación y nuevas infraestructuras de Parques.....	112
5.	CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS	114
5.1	Conclusiones	115
5.2	Futuros desarrollos	117
6.	BIBLIOGRAFÍA	122
ANEXOS		126
A.	Valores numéricos de los problemas basados en la provincia de Madrid	126
A.1.-Tablas:	126
A.1.1	Tipologías de siniestros.....	127
A.1.2	Tipologías de usos del suelo.....	131
A.1.3	Equivalencia Parques/municipios código programación.....	135
A.1.4	Datos del índice natural de saturación de cuadrícula antes y después del recrecimiento.....	139
A.2.-Mapas	281
A.2.1.-Servicios	282
-	Servicios estudiados en 2011 georreferenciados sobre cartografía de términos municipales	
-	Servicios estudiados en 2011 georreferenciados sobre cartografía de planimetría de precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.	

- Servicios estudiados en 2012 georreferenciados sobre cartografía de términos municipales
- Servicios estudiados en 2012 georreferenciados sobre cartografía de planimetría de precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
- Servicios estudiados en 2013 georreferenciados sobre cartografía de términos municipales
- Servicios estudiados en 2013 georreferenciados sobre cartografía de planimetría de precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
- Servicios estudiados en 2014 georreferenciados sobre cartografía de términos municipales
- Servicios estudiados en 2014 georreferenciados sobre cartografía de planimetría de precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
- Servicios estudiados entre 2011-14 georreferenciados sobre cartografía de términos municipales
- Servicios estudiados entre 2011-14 georreferenciados sobre cartografía de planimetría de precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
- A.2.2.-Parámetros de cálculo293
 - o A.2.2.1 Tipología 4.1.2, accidente de tráfico en carretera con atrapados:294
 - 1.- Valor del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 2.- Valor del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 3.- Valor del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 4.- Valor del Coste unitario del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 5.- Valor del Coste unitario del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 6.- Valor del Coste unitario del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 7.- Representación total intervenciones:
 - 8.- Representación total servicios:
 - 9.- Representación servicios 2011
 - 10.- Representación servicios 2012
 - 11.- Representación servicios 2013
 - 12.- Representación servicios 2014
- A.2.2.2 Tipología 1.2.6, incendio interior naves, almacenes, industrias:
-313
- 1.- Valor del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre
 - límites de términos municipales

- cartografía 1:200.000
- 2.- Valor del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
- 3.- Valor del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
- 4.- Valor del Coste unitario del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
- 5.- Valor del Coste unitario del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
- 6.- Valor del Coste unitario del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
- 7.- Representación total intervenciones:
- 8.- Representación total servicios:
- 9.- Representación servicios 2011
- 10.- Representación servicios 2012
- 11.- Representación servicios 2013
- 12.- Representación servicios 2014

- A.2.2.3 Tipología 1.2.1, incendio interior vivienda332
 - 1.- Valor del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 2.- Valor del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 3.- Valor del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 4.- Valor del Coste unitario del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 5.- Valor del Coste unitario del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 6.- Valor del Coste unitario del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 7.- Representación total intervenciones:

- 8.- Representación total servicios:
- 9.- Representación servicios 2011
- 10.- Representación servicios 2012
- 11.- Representación servicios 2013
- 12.- Representación servicios 2014

○ A.2.2.4 Tipología 1.1.4.2 ,incendio exterior vegetación forestal....351

- 1.- Valor del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
- 2.- Valor del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
- 3.- Valor del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
- 4.- Valor del Coste unitario del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
- 5.- Valor del Coste unitario del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000

- 6.- Valor del Coste unitario del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 7.- Representación total intervenciones:
 - 8.- Representación total servicios:
 - 9.- Representación servicios 2011
 - 10.- Representación servicios 2012
 - 11.- Representación servicios 2013
 - 12.- Representación servicios 2014
 - A.2.2.5 Tipología 1.1.4.1, incendio exterior vegetación agrícola370
 - 1.- Valor del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 2.- Valor del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 3.- Valor del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
 - 4.- Valor del Coste unitario del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales
- cartografía 1:200.000
- 5.- Valor del Coste unitario del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
- 6.- Valor del Coste unitario del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:
 - límites de términos municipales
 - cartografía 1:200.000
- 7.- Representación total intervenciones:
- 8.- Representación total servicios:
- 9.- Representación servicios 2011
- 10.- Representación servicios 2011
- 11.- Representación servicios 2013
- 12.- Representación servicios 2014

B. Publicaciones relativas a esta tesis389

C. Análisis de la Normativa legal aplicable en la Comunidad de Madrid.....390

C.1. Normativa estatal

C.2. Normativa autonómica

C.3. Normativa complementaria estatal

C.4. Normativa complementaria autonómica

C.5. Responsabilidades de los distintos organismos en materia de Protección Civil

C.6. Obligaciones y posibilidades de la población y autoridades del municipio en relación al plan de protección civil

ÍNDICE DE FIGURAS.

1. Fig.- Representación Agente frente a Reglas de Selección, Sucesos y Respuestas.
2. Fig.- Agentes y sus características frente a atributos y comportamientos.
3. Fig.- Comportamiento de los agentes frente a funciones, etapas, requisitos y herramientas de modelado.
4. Fig.- Esquema operativo del algoritmo
5. Fig.- Ejemplo de tabla de acumulados de número de servicios, intervenciones, costes, tiempos de llegada, etc. por cuadrícula.
6. Fig.- Gráfica ajuste Coste / Índice de Colapso
7. Fig.- Esquema de los módulos de programación
8. Fig.- Codificación Términos Municipales
9. Fig.- Tabla situación inicial parques
10. Fig.- Tabla situación con un parque añadido
11. Fig.- Tabla situación con siete parques añadidos
12. Fig. Tabla ejemplo de servicios
13. Fig. Tabla ejemplo de intervenciones 1 de 3
14. Fig. Tabla ejemplo de intervenciones 2 de 3
15. Fig. Tabla ejemplo de intervenciones 3 de 3
16. Fig.-Representación de cuadrícula de estudio etiquetada sobre límites de términos municipales de la Comunidad de Madrid.
17. Fig.-Representación de cuadrícula de estudio etiquetada y ampliada en la zona norte sobre límites de términos municipales de la Comunidad de Madrid.
18. Fig.-Representación de cuadrícula de estudio sin etiquetar sobre ortofotografía de la Comunidad de Madrid.
19. Fig.- Ejemplo de fichero Festivo/Día/Invierno.
20. Fig.- Muestra de las 7905 combinaciones realizadas entre tipologías de siniestros (93) y usos de suelo (85).

21. Fig.- Ejemplo tabla tiempos de llegada frente a cuadrículas y orígenes.
22. Fig.- Ejemplo de tabla de tiempos de llegada a la malla de estudio (2083 cuadrículas) desde los 174 orígenes.
23. Fig.- Mapa de zonas de primera intervención de los Parques de Bomberos C.M. sobre cartografía de límites de los términos municipales.
24. Fig.- Mapa de zonas de primera intervención de los Parques de Bomberos C.M. sobre cartografía planimétrica oficial de precisión 1:200.000.
25. Fig.- Mapa de zonas atendidas entre 0 y 5 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía de límites de los términos municipales.
26. Fig.- Mapa de zonas atendidas entre 0 y 5 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
27. Fig.- Mapa de zonas atendidas entre 5 y 10 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía de límites de los términos municipales.
28. Fig.- Mapa de zonas atendidas entre 5 y 10 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
29. Fig.- Mapa de zonas atendidas entre 10 y 15 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía de límites de los términos municipales.
30. Fig.- Mapa de zonas atendidas entre 10 y 15 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
31. Fig.- Mapa de zonas atendidas entre 15 y 20 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía de límites de los términos municipales.
32. Fig.- Mapa de zonas atendidas entre 15 y 20 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
33. Fig.- Mapa de zonas atendidas entre 20 y 25 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía de límites de los términos municipales.
34. Fig.- Mapa de zonas atendidas entre 20 y 25 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.

35. Fig.- Mapa de zonas atendidas entre 25 y 30 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía de límites de los términos municipales.
36. Fig.- Mapa de zonas atendidas entre 25 y 30 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
37. Fig.- Mapa de zonas atendidas en 5 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial de términos municipales de la Comunidad de Madrid.
38. Fig.- Mapa de zonas atendidas en 5 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
39. Fig.- Mapa de zonas atendidas en 10 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial de términos municipales de la Comunidad de Madrid.
40. Fig.- Mapa de zonas atendidas en 10 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
41. Fig.- Mapa de zonas atendidas en 15 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial de términos municipales de la Comunidad de Madrid.
42. Fig.- Mapa de zonas atendidas en 15 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
43. Fig.- Mapa de zonas atendidas en 20 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial de términos municipales de la Comunidad de Madrid.
44. Fig.- Mapa de zonas atendidas en 20 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
45. Fig.- Mapa de zonas atendidas en 25 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial de términos municipales de la Comunidad de Madrid.
46. Fig.- Mapa de zonas atendidas en 25 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
47. Fig.- Mapa de zonas atendidas en 30 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial de términos municipales de la Comunidad de Madrid.
48. Fig.- Mapa de zonas atendidas en 30 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.
49. Fig.- Ejemplo de Tabla Costes en función de tiempos de llegada / tipología de siniestros

50. Fig.- Ejemplo de tabla de acumulados de número de servicios, intervenciones, costes, tiempos de llegada, etc. por cuadrícula
51. Fig.- Inversiones realizadas en formación en el Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid (2010-14).
52. Fig.: Relación Códigos programación / términos municipales
53. Fig. Tabla Resultado Situación inicial de Parques.
54. Fig. Mapa Resultado Situación inicial de Parques
55. Fig. Tabla Resultado un Parque añadido
56. Fig. Mapa Resultado un Parque añadido
57. Fig. Tabla Resultado dos Parques añadidos
58. Fig. Mapa Resultado dos Parques añadidos
59. Fig. Tabla Resultado tres Parques añadidos
60. Fig. Mapa Resultado tres Parques añadidos
61. Fig. Tabla Resultado cuatro Parques añadidos
62. Fig. Mapa Resultado cuatro Parques añadidos
63. Fig. Tabla Resultado cinco Parques añadidos
64. Fig. Mapa Resultado cinco Parques añadidos
65. Fig. Tabla Resultado seis Parques añadidos
66. Fig. Mapa Resultado seis Parques añadidos
67. Fig. Tabla Resultado siete Parques añadidos
68. Fig. Mapa Resultado Siete parques añadidos
69. Fig. Resumen de las posibles ubicaciones propuestas de nuevos Parques de Bomberos estudiadas a través de las siete hipótesis de cálculo
70. Fig. Pantalla Aplicación Módulo Primero
71. Fig. Resultados módulo primero

72. Fig. Aplicación segundo módulo

73. Fig. Resultados módulo segundo

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Cualquier decisión lleva implícita una predicción sobre el futuro. Sin embargo, “la dura realidad es que el mundo en que tenemos que actuar está más allá de nuestra comprensión” (**Axelrod, 1999**). Al ser el mundo cada vez más complejo, el poder anticipar el resultado de nuestras decisiones es también cada vez es más difícil. Para que **el proceso de decisión sea efectivo se requiere cambio y adaptación**. La complejidad de los sistemas o del entorno hace que no exista una única solución que produzca una solución satisfactoria, sino que se requiere de un proceso continuo dentro de una estrategia de decisión compuesta de una secuencia de decisiones. Del mismo modo es importante diferenciar la semántica entre los sistemas complicados y los sistemas complejos:

SISTEMAS COMPLICADOS: Poseen un gran número de partes interrelacionadas, con conexiones fijas entre ellas. Son sistemas no-orgánicos, en donde el todo es igual a la suma de las partes y donde no se generan propiedades emergentes.

SISTEMAS COMPLEJOS. Pueden cambiar significativamente como respuesta a una actuación. No existe una única actuación correcta. Hay muchos tipos de agentes implicados y, al ser capaces de aprender, los sistemas son propensos a las sorpresas.

En definitiva “el todo es más que las partes”, lo que significa que el sistema es un conjunto de componentes que interaccionan. Cada componente tiene sus propias reglas y responsabilidades. Algunos componentes pueden influir más que otros, pero ninguno controla completamente el comportamiento del sistema. Todos los componentes contribuyen en mayor o menor medida al resultado final.

Estos modelos adaptativos reaccionan, aprenden del ambiente y modifican su comportamiento para alcanzar algún objetivo.

En la gestión de las emergencias todos y cada uno de los puntos expuestos anteriormente existen y se manifiestan con absoluta claridad. Muchos de los eventos que componen la gestión global de la emergencia son sistemas complejos merecedores de estudio. La totalidad de ellos componen un sistema complejo que a su vez puede ir desarrollándose ilimitadamente. Desde la gestión de las “colas de llamadas de emergencias” en los centros de atención y despacho de llamadas 112, la gestión de las rutas de camino crítico de evacuación ante un determinado siniestro en función de las características del tráfico, la gestión de las evacuaciones en edificios en altura y en lugares de gran concurrencia, la toma de decisiones y la definición de estrategias de combate ante determinados tipos de siniestros. Todos estos y muchos más pueden y deben ser analizados con un criterio científico que nos aproxime a una función valor de cuya optimización estemos lo más cerca posible.

A todo ello se une el hecho de que las decisiones han de ser en algunos casos una elección entre distintas preferencias de expertos. Hay que conocer cuál será la predicción del comportamiento de cada actor en la emergencia y no perder nunca de vista el carácter “adaptativo” de los planes

de acción y de sus estrategias ya que estamos ante un entorno cambiante y lleno de sinergias, pero todas ellas con un objetivo común: la resolución de la emergencia.

1.1. Objetivos y metodología de la tesis

El objetivo principal de esta tesis es el siguiente:

Desarrollar una metodología y una herramienta que permita abordar de forma eficaz y eficiente problemas de gestión de los recursos intervinientes en emergencias. Posibilitar, a través de indicadores innovadores como el Índice de Respuesta Operativa (I.R.O.), la optimización de la utilización de los medios existentes y la previsión de futuros escenarios.

En particular, el objetivo anterior se puede subdividir en los siguientes objetivos de carácter más específico:

1. Describir los principales actores que intervienen en una emergencia evaluándolos y mostrando las sinergias existentes. Se define y analiza el “ciclo de global de las emergencias”: planificación, prevención, detección, intervención, rehabilitación y el tratamiento informativo de la crisis.
2. Definir distintos escenarios de los mismos y cómo se puede prever su evolución. Establecer una tipología de los mismos e identificar las similitudes o diferencias entre ellos.
3. Describir y modelar el problema de la toma de decisiones a nivel de planificación operativo. Desde la localización de instalaciones, tipologías de parques de bomberos, etc.
4. Desarrollar una herramienta de gestión económica que permita seleccionar aquella distribución de recursos más adecuada en función de los riesgos y de los medios existentes en un instante dado. Implementar las técnicas de optimización más idóneas para aplicar la metodología propuesta.
5. Desarrollar herramientas informáticas basadas en la metodología propuesta para poder aplicarla en la resolución de cada uno de los problemas presentados, y así ilustrar la idoneidad de la propuesta.

1.2. Estructura de la tesis

Esta tesis tiene tres partes bien diferenciadas:

Un primer bloque con aspectos más genéricos y más cualitativos sobre los Sistemas Complejos Socialmente Inteligentes: definiciones y caracterización de los mismos, una revisión bibliográfica general y un estudio de las emergencias desde el punto de vista organizativo y de

resolución de siniestros. Se presentan varios problemas de Sistemas Complejos Socialmente Inteligentes dentro del definido como “ciclo global de las emergencias” y se propone una metodología para su resolución. Este primer bloque se aborda en el capítulo 2 principalmente.

Un segundo bloque, más cuantitativo y específico, desarrollado en el Capítulo 3, en el que se describen dos nuevos indicadores en las emergencias que son el “Indicador de Respuesta Operativo - IRO” y el “Índice de Colapso - IC”, Se describe todo el proceso de puesta a punto de los datos existentes, ya que el trabajar con datos reales de siniestros ha requerido de una labor de data mining detallada y compleja. Además, se desarrollan tres herramientas de cálculo sobre las relaciones existentes entre estos indicadores y las ubicaciones/tipologías de Parques de Bomberos, número de vehículos intervinientes en los siniestros, tipología de formación impartida y su impacto económico. Se realiza el estudio global del problema optimizando la solución que logra, a partir de una asignación presupuestaria dada, la mejor distribución de dicho presupuesto entre parques, medios y formación. Del mismo modo se posibilita a través del muestreo realizado con este optimizador la resolución del problema inverso para que, partiendo de un IRO objetivo determinar la cuantía presupuestaria necesaria para lograr dicho valor y su mejor distribución.

Finalmente, en el tercer bloque, se realiza la aplicación de todo lo expuesto en el bloque anterior en el caso concreto de la Comunidad de Madrid demostrando su viabilidad y analizando los resultados concretos obtenidos. En este mismo bloque se analiza la gestión de las emergencias en la Comunidad de Madrid y sus características específicas. También se muestran las conclusiones y se realiza una propuesta de nuevos desarrollos. Los capítulos 4 y 5 están incluidos en este tercer bloque.

1.3. Principales aportaciones de esta tesis

Las principales aportaciones de esta tesis son las siguientes:

Una primera aportación, de carácter más cualitativo, es el estudio de las emergencias desde un punto de vista global. Se define el llamado "Ciclo de las emergencias" analizando todas y cada una de las partes de todo el proceso y mostrando las relaciones y sinergias existentes. Es un análisis innovador y necesario para comprender la magnitud real del problema que se va a estudiar. Se aborda desde la “Prevención” (planes protección civil, mapas de riesgo, planes de emergencia, planes directores, diseño de organizaciones eficaces y eficientes, etc.), pasando por la “Detección” (call center, Cecop, 112, 911, análisis flujo información, vigilancia, etc.) y “Extinción” (procedimientos operativos, sistemáticas de intervención, metodologías, toma de decisiones de mando y control, tácticas y estrategias de intervención, etc.) para finalmente abordar el fin del "ciclo de la emergencia" a través del “Restablecimiento de las condiciones iniciales” (servicios públicos esenciales) y del no menos importante “Tratamiento informativo de los siniestros” (medios de comunicación, gestión de las crisis derivadas).

Una segunda aportación es el diseño y posterior aplicación del "Índice de Respuesta Operativo (IRO)" en el que se analiza el comportamiento matemático y estadístico de variables reales tales como: tiempo medio de llegada de los recursos, nº de servicios realizados en años anteriores, duración de los servicios, número de intervinientes, riesgos específicos, época del año, instante, calendarios laborales, etc. Se crea un indicador universal y objetivo que permite la comparativa y

medición del nivel de respuesta ante emergencias entre distintas administraciones, organismos, marcos competenciales, etc. Se analiza el problema desde un punto de vista de oferta y demanda. Los riesgos frente a los medios disponibles. Se calcula el IRO inicial para la situación actual de distribución de Parques de Bomberos, catálogo de recursos movilizables, riesgos, etc. en la Comunidad de Madrid. A continuación, se busca la obtención del mejor valor de este indicador analizando todas las posibilidades de ubicación de Parques de Bomberos y de sus efectivos y resolviendo, a través de algoritmos heurísticos, aquella distribución que tiene la mayor probabilidad de ser la óptima a la hora de realizar una asignación económica de medios a distintas variables como medios materiales, formación o mejores distribuciones de recursos operativos.

Finalmente, se realiza también el análisis exhaustivo de los resultados con propuestas de resolución de territorios de especial interés de la Comunidad de Madrid como es la zona norte o la zona sureste. En definitiva, un nuevo indicador que permite medir la seguridad de un territorio ante las emergencias. Es extrapolable a otros territorios, Es dinámico y permite ser optimizado. Es, en definitiva, una herramienta de gestión robusta, potente y objetiva. Además representa una innovación técnica de la forma de cálculo de las necesidades de respuesta de las distintas administraciones y organismos relacionados con las emergencias.

Capítulo 2

ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS EN LA GESTIÓN DE LAS EMERGENCIAS

2.1. Introducción

En este capítulo se van a revisar los distintos enfoques de análisis de las gestiones de las emergencias que se han encontrado en la literatura y se va a particularizar sobre los Sistemas Complejos Socialmente Inteligentes

Previamente se va a hacer un recorrido sobre el concepto y la evolución de estos sistemas, necesario para poder observar su influencia en la evolución de la toma de decisiones

Tras estas definiciones se estudiarán los criterios para clasificar los agentes, una clasificación de los mismos y su aplicación dentro del definido como ciclo global de la emergencia definido en esta tesis.

2.2 Estado del arte dentro del área de las emergencias.

En los últimos tiempos la importancia de la investigación en el campo del mando y control de las emergencias está teniendo un papel destacado. A nivel internacional el concepto de Gestión de Operaciones de Emergencia, -“del inglés, “Disaster Operations Management (DOM)”- está cada vez más extendido dada la concienciación a nivel social y político que este tipo de sucesos tiene en la actualidad. En español la Real Academia Española define “catástrofe” como un *“Suceso infausto que altera gravemente el orden regular de las cosas”* y también como un *“Cambio brusco de estado de un sistema dinámico, provocado por una mínima alteración de uno de sus parámetros”*. Sin embargo, en la normativa existente de protección civil existente en España se va más allá y se particulariza en *“toda situación de riesgo que altera repentinamente las condiciones normales de la vida cotidiana de forma que la organización social quede bloqueada durante un plazo más o menos largo debido a la súbita aparición de una determinada cantidad de necesidades de tipo: sanitario (heridos o enfermos, muertos, desaparecidos, contaminación), técnico (destrucción y daños en bienes, instalaciones e infraestructuras), o logístico (alimentos, ropa, vivienda, medios de transporte, etc.)”*. En general, se trata de necesidades sociales que requieren una intervención pública ya que los afectados carecen, al menos de forma inmediata, de los recursos y medios precisos para resolverlas. En algunas ocasiones, y por una traducción inadecuada del término inglés “disaster” se suele utilizar el término desastre para definir una catástrofe. Cuando el suceso es localizado y, aunque pueda implicar pérdidas importantes, pero que no afecte de forma grave a la organización social, se denomina siniestro. Aquí también cabe mencionar que dada la evolución que sufre la sociedad actual la palabra “súbita”, utilizada en la definición anterior, tal vez debiera ser ampliada a impactante o “shocking” en inglés con el objeto de poder reflejar el componente emocional de este tipo de sucesos en la sociedad.

Dentro de los estudios científicos realizados sobre emergencias, si nos centráramos en la metodología utilizada para su análisis cabe destacar que la programación matemática es todavía la herramienta más utilizada. **Galindo y Batta (2013)** indican que aproximadamente el 11 % de

las publicaciones sobre estudios de emergencias muestran una combinación de técnicas analíticas (véase, por ejemplo, el estudio de Afshar et al. (2009)) con otras tres metodologías como son la aproximación estadística del riesgo, la simulación mediante el método de Monte Carlo para la validación de objetivos y la programación matemática para los modelos de optimización. Aunque, la teoría de la toma de decisiones y el análisis multicriterio ocupan también, un lugar preferente.

La simulación se aplica fundamentalmente a la validación de objetivos y desarrollo de modelos que luego se validarán mediante técnicas estadísticas. Sin embargo, técnicas de simulación como son los conjuntos difusos (“fuzzy sets”) y los sistemas dinámicos (“systems dynamics”) son todavía poco aplicados, si bien pueden ser muy adecuados para resolver problemas de gestión y para modelizar variables complejas y procesos relacionados con las catástrofes (Simpson and Hancock, 2009).

Otras técnicas como la teoría de colas, muy aplicada en otras áreas, aparece con escasa frecuencia en las publicaciones, tal como refleja también el estudio de Altay y Green (2006)

También cabe mencionar un enfoque multidisciplinar de las emergencias tal como se describe en esta tesis a través de todo el ciclo de la emergencia entendiendo no solamente la resolución del siniestro como tal sino también la planificación preventiva, la rehabilitación de las zonas afectadas e incluso el tratamiento informativo del suceso. En esta línea, aunque sin llegar a considerar también el tratamiento informativo anteriormente mencionado está (McLoughlin, 1985) que contempla la **duración** de los siniestros como un aspecto clave para mitigar sus consecuencias. Aquí es destacable el trabajo de Fiorucci et al. (2005) que proponen dos enfoques simultáneos como el trabajo **preventivo** de análisis de la mejor ubicación de las bases de medios aéreos y un segundo objetivo que es la relocalización de las mismas una vez que se inicia el suceso. Este aspecto está directamente relacionado con la metodología de análisis propuesta en el tratamiento del Índice de Colapso definido en esta tesis. Respecto a la **coordinación del siniestro y la evacuación** de la población destacan los estudios de Yi and Özdamar (2007) que desarrollaron un modelo logístico para la coordinación y evacuación en cualquier tipo de catástrofe y que además mostraron su aplicación sobre los datos del terremoto de Estambul. Del mismo modo es destacable, en este aspecto **de restablecimiento de las condiciones normales** previas al siniestro, el estudio realizado por El-Anwar et al. (2010a) que aborda la minimización del impacto socioeconómico de las familias desplazadas contemplando también la minimización de los costes de un realojamiento temporal. También en Galindo y Batta (2013) se estudia el proceso de realojamiento de personas tras un desastre demostrando cómo contribuye su eficaz gestión a la más rápida recuperación de la normalidad y de su impacto en la sociedad

Es general, hasta el 2006 se había observado una tendencia mayor al estudio de los desastres debidos a la acción del hombre, Altay y Green (2006), que los debidos a causas naturales pero

debido a las catástrofes naturales acaecidas recientemente, esta tendencia ha cambiado **Galindo y Batta (2013)**.

En el estudio de las tecnologías aplicadas es muy importante destacar la gran importancia que están teniendo, esta tesis es también un ejemplo de ello, los sistemas de información geográficos como es el caso del estudio realizado por **Chang et al. (2007)**, **Saadatseresht et al. (2009)**, and **Jotshi et al. (2009)**. Aquí la aplicación de estos sistemas se centra en la obtención de las mejores localizaciones de elementos espaciales tales como redes de carreteras, obstáculos geográficos, etc. De hecho, la metodología HAZUS desarrollada por la Federal Emergency Management Agency (FEMA) para la estimación de pérdidas por catástrofes naturales utiliza estos sistemas a la hora de realizar sus valoraciones (**<http://www.fema.gov/plan/prevent/hazus/>**).

Otro aspecto importante en muchos estudios es la escasez de datos y la necesidad muchas veces de tener que ampliar convenientemente el tamaño de las muestras según las tendencias observadas. Aquí sirva de ejemplo el trabajo realizado por **Lodree and Taskin (2009)** a través de aproximaciones bayesianas. Del mismo modo es muy importante a la hora de intentar validar los resultados contemplar las específicas condiciones de desarrollo del entorno al que se desee extrapolar los resultados obtenidos. En este punto y según los informes de la British network BBC (**<http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-15592761>**), de entre los 2.700 millones de personas que resultaron afectados por catástrofes en la última década, sólo un 1% corresponde a poblaciones que viven en países ricos. Condiciones tales como peores redes de carreteras, conflictos políticos internos y limitaciones tecnológicas pueden hacer variar profundamente los resultados. También en determinadas poblaciones el comportamiento ante situaciones de pánico es muy diferente según el nivel sociocultural que exista. A este respecto es destacable el estudio de **Peacock et al. (1997)** sobre cómo estas condiciones afectan considerablemente a las respuestas ante avisos de evacuación masivos.

También es importante destacar que no todos los estudios son igualmente aplicables a la realidad. Un estudio exhaustivo de este aspecto es el realizado por **Galindo y Batta (2013)**. Por ejemplo, en el caso del análisis de la disponibilidad inmediata de suministros, nada más producirse un terremoto, estudiado por **(Görmez et al., 2011; Zaric et al., 2008)** se demuestra que en algunas ocasiones la capacidad de ser aplicado a la realidad es limitada ya que, en una catástrofe real, las restricciones en las cadenas de suministros son muchas veces considerables. También los estudios sobre resistencia de edificios e infraestructuras de redes desarrollados por **(Stepanov and Smith, 2009; Sbayti and Mahmassani, 2006)** no son aplicables a la realidad al no considerar los problemas en los tiempos de desplazamientos y sus costes.

Un campo importante donde sí existen análisis de sistemas complejos relacionados con las emergencias son aquellos que se centran sobre el cálculo de las evacuaciones de personas. En este apartado son destacables estudios como los realizados por **Tomastik, et al (2008)**, que analizan la evacuación de edificios y su optimización a través de estos sistemas complejos utilizando imágenes procedentes de cámaras de video. Otros trabajos en esta línea que tratan de

modelizar las evacuaciones buscan también predecir el comportamiento de las personas como el realizado por Daamen et al. (2002) que aplica sus modelizaciones en intercambiadores de transporte. Otros analizan el problema desde el punto de vista de una posible “auto-organización” de la evacuación como el realizado por Helbing (1997). Muy utilizados han sido algunos programas informáticos como EXODUS analizados por ejemplo por Galea (2002) en aviones, ferrocarriles, edificios y barcos.

2.3. Presentación y caracterización de del problema desde el punto de vista de los sistemas complejos.

Hoy en día la cantidad de información de la que se dispone alrededor de la gestión de las emergencias va camino de ser inconmensurable. Ya no son sólo los datos relevantes para la resolución de los siniestros, que cada vez son mayores afortunadamente, sino también la que se genera en las redes sociales con el aumento del impacto que producen en la sociedad. Un mal uso de esta información puede llegar a ser crítico y provocar un caos en las consecuencias de una mala gestión de las emergencias. Hoy en día es fundamental analizar el problema en su globalidad. No hacerlo así es un enorme error.

Utilizando el sentido del concepto **información**, tal como se define por Ayuga E. et al (2014), como un conjunto de datos organizados con algún propósito y con capacidad para cambiar el estado de conocimiento de un individuo. Por ello, cualquier cambio que toda nueva información –sea esta veraz o no- induce en el conocimiento de las personas son trascendentes cuando modifican sus opiniones (preferencias) y conductas (toma de decisiones). Este aspecto es fundamental antes de proceder al análisis de la gestión de las emergencias.

Existe una relación entre información, evolución y complejidad, tal y como apunta (Modis, 2002) que considera que los cambios substanciales y que conducen a situaciones exitosas -como cuando se producen avances consolidados en nuevas tecnologías-, suponen un aumento de la complejidad. Pero, aunque es evidente que esto suele ocurrir, el aumento de la complejidad no es, por sí mismo, el objeto de los procesos evolutivos y tecnológicos (ver, Kurzwell, 2005), para una interesante discusión sobre este tema). La idea de que la evolución conduce a soluciones mejores, no necesariamente más complejas, se comprende al considerar otro concepto: el **orden**. Por orden se entiende la información que se ajusta a un propósito y la medida del orden es la medida en que la **información** satisface su objetivo (en la evolución biológica, el propósito es sobrevivir, por tanto, el orden de una información será la medida en que esta contribuya a la supervivencia). A veces, un mayor orden se logra a través de la simplificación; por ejemplo, una nueva teoría que integrara ideas aparentemente dispares en una sistematización más amplia y coherente, reduciría la complejidad pero aumentaría el orden. De hecho, la obtención de teorías lo más simples posibles es uno de los principios que impulsa el desarrollo de la ciencia: “no hay que hacerlo todo más simple, sino lo más simple posible” (Einstein, 1933). En resumen: **mejorar**

la solución de un problema aumenta el orden, por lo general también aumenta la complejidad, pero a veces la reduce.

La **complejidad** -fruto de la excesiva y heterogénea información- es la condición de un sistema (situación u organización) que se integra con un cierto grado de orden, pero con un número de elementos e interrelaciones excesivo para que se puedan representar de forma analítica o lógica. Además, como resultado de las interacciones entre elementos surgen propiedades nuevas que no se pueden explicar a partir de las propiedades de los elementos aislados (dichas propiedades se denominan propiedades emergentes). En contraposición a los sistemas complejos, los sistemas complicados también están formados por varias partes pero los enlaces entre éstas no añaden información adicional. Un sistema complejo es adaptativo (CAS, del inglés *Complex Adaptive System*) cuando tiene la capacidad de cambiar su comportamiento y aprender de la experiencia.

Los Sistemas Complejos poseen dos características que los hacen especialmente recomendables para su consideración en dentro de la gestión de las emergencias:

- Por su propia complejidad el estudio de estos sistemas se basa en la determinación de posibles pautas de comportamiento a partir del conocimiento de las relaciones entre los agentes del sistema, que es un conocimiento clave en las gestiones de las emergencias.
- La interdependencia entre los sistemas complejos y los usuarios producen mutuas transformaciones en las decisiones de los agentes, en las estructuras sociales y en los propios sistemas.

Esto es lo que en la actualidad ocurre con en las decisiones basadas en las estructuras participativas existentes en las organizaciones de protección civil.

Los SCSi Inteligentes, producen soluciones más centradas en las personas, que utilizan el comportamiento participativo para proponer decisiones que incorporan las mejores prácticas para resolver retos globales (reducción pérdidas de vidas, daños al medio ambiente, pérdida de bienes, crisis políticas, etc.)

Capítulo 3.

METODOLOGÍA

Este capítulo se organiza, en primer lugar, en una introducción de los principales procedimientos operativos a aplicar (Simulación de Sistemas Dinámicos, Simulación con Modelos Basados en Agentes y Simulated Annealing) para a continuación representar el esquema general de gestión de emergencias y concluir con la definición y el cálculo del Índice de Respuesta Operativa óptimo para distintas actuaciones

3.1.- Procedimientos operativos a aplicar en la metodología para el diseño y optimización del Índice de Respuesta Operativo.

Como se ha justificado en otros apartados, la mayor parte de las actividades relacionadas con las emergencias muestran una naturaleza compleja. De hecho, en el apartado 2.3 se ha descrito la aplicabilidad de los métodos generales para la gestión de estos sistemas a la gestión de emergencias. En este punto, en primer lugar, se comentan las principales metodologías para la modelización y simulación computacional de los sistemas complejos, con especial intensidad en los procedimientos más operativos.

En todos los casos, la simulación de sistemas complejos requiere construir un modelo del comportamiento de los agentes (ver Fig. 1)

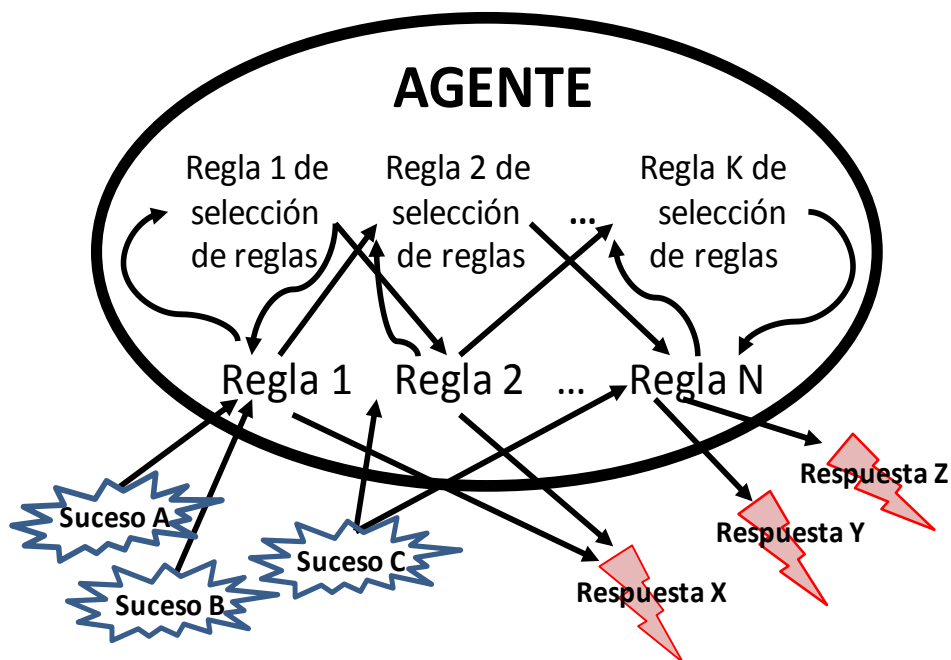


Fig 1.- Representación Agente frente a Reglas de Selección, Sucesos y Respuesta

En ocasiones, el comportamiento se puede simular a través de un conjunto de reglas simples o complejas, pero en otras es necesario acudir a técnicas más avanzadas (métodos de optimización, técnicas de inteligencia artificial o técnicas especiales). Específicamente, la metodología de esta tesis requiere de la aplicación de técnicas de optimización combinatoria, que también se describen en este apartado (a continuación de los procedimientos generales para la gestión de sistemas complejos).

Finalmente, cabe recordar que la simulación del comportamiento se inicia con la llegada de determinada información a los agentes a través de la ocurrencia de ciertos sucesos. Cuanto más completa sea la información, más se adecuará la modelización al verdadero comportamiento del agente. Como se describirá en el Capítulo 4 la información básica que llega a los agentes es el histórico de actuaciones de los bomberos de la Comunidad de Madrid en los últimos cuatro años. Esta serie de actuaciones es importante, pero se puede completar con procedimientos estadísticos para obtener una mejor información. La descripción de las metodologías disponibles para completar datos es el último de los procedimientos que se describe en este apartado.

3.1.1.- Metodologías para la modelización y simulación de sistemas complejos.

En la modelización, no se puede esperar que siempre se obtenga una solución válida para todo tipo de problemas puesto que “la realidad es que el mundo en que tenemos que actuar está muchas veces más allá de nuestra comprensión” (Axelrod y Cohen, 1999). Además, al actuar en un mundo complejo, cada vez es más difícil anticipar el resultado de nuestras decisiones. No obstante, existen muchas situaciones que sí se pueden modelar, a continuación se describen y comentan las principales metodologías disponibles.

Simulación de Sistemas Dinámicos (DS).

Es una técnica para el modelado de sistemas complejos que organiza, en un nivel de detalle bastante general, el funcionamiento interno de un proceso estratégico a través de ecuaciones diferenciales que reflejan el estado de sus variables de un instante a otro. La DS utiliza para su funcionamiento bucles de retroalimentación y diagramas de existencias y flujos.

Los bucles de retroalimentación se representan mediante un bucle causal. Se trata de un diagrama que permite la visualización de las relaciones causales entre variables y muestra cómo las variables interrelacionadas afectan una a otra. El diagrama consta de un conjunto de nodos (que representan las variables) conectados y de las relaciones entre estas variables, que se representan por flechas etiquetadas como positivas (lo que significa que los dos nodos cambian en la misma dirección) o negativas. Los sistemas dinámicos también incluyen diagramas de existencias y diagramas de flujo: una variable de existencia se mide en un momento específico y representa la cantidad existente en ese momento del tiempo y que se ha acumulado en el pasado; las variables de flujo se miden en un intervalo de tiempo y representan la velocidad o tasa de aumento o disminución de las existencias.

DS es una simulación de movimiento continuo, que proporciona una solución numérica a problemas parciales del sistema planteados en ecuaciones diferenciales (tanto en ecuaciones diferenciales en derivadas parciales como ecuaciones diferenciales ordinarias). Los problemas parciales están interconectados entre sí mediante el sistema de relaciones entre variables para modelar todo el sistema. A intervalos regulares, el programa de simulación resuelve todas las ecuaciones y utiliza los resultados para cambiar el estado de la simulación.

Los sistemas dinámicos ponen el énfasis en las relaciones causales que vinculan las variables críticas del sistema e identifican los vínculos causales complejos entre ellas. El proceso de abstracción lo realiza previamente un experto y es anterior a la ejecución del modelo formal. Como se ha comentado, las relaciones se expresan mediante ecuaciones algebraicas (que incorporan la variabilidad el tiempo o en el espacio) y es la individualización de los valores que satisfacen estas ecuaciones lo que genera la dinámica global del sistema.

Simulación con Modelos Basados en Agentes (ABMS).

ABMS es un tipo especial de simulación discreta, que también permite representar formalmente la realidad y que no se sustenta en modelos basados en ecuaciones diferenciales y. Las entidades individuales que toman decisiones se denominan agentes (son muy variados: moléculas, células, árboles, bosques, consumidores, gerentes, empleados, sistemas informáticos u organizaciones completas), se representan directamente (en lugar de por su densidad o concentración) y poseen un estado interno (atributos) y un conjunto de reglas que determinan cómo se actualiza el estado del agente de un instante de tiempo al siguiente (pautas de comportamiento). La Figura 2 muestra una representación simplificada de las características de los atributos y comportamiento para distintos tipos de agentes.

AGENTES	Personal de una organización encargada del mando y control de las emergencias	CARACTERÍSTICAS	
<i>Atributos</i> Definen lo que es un agente.	Personales: Sexo, edad, etc.	Recursos.	✓ Pueden evolucionar y cambiar con el tiempo.
	Experiencia en intervenciones similares.	Tiempos de respuesta de decisiones.	
	Entorno de convivencia en su	Objetivos de resolución correcta de siniestros.	✓ Simples, multifactoriales (preferencias) o anidados
		Objetivos de actuación según sistemáticas si	

	turno. Etc.	fuera posible. Tolerancia al riesgo. Etc.	(subagentes en una organización).
Comportamientos	Material utilizado. Formación recibida. Definen lo que hace un agente. Intervenciones en las que participa. Etc.	Respuesta a sucesos inesperados. Operación diaria. Operación semanal. Operación mensual. Operación anual. Etc.	✓ Funciones a modelar en el comportamiento. ✓ Etapas del comportamiento. ✓ Requisitos para ABMS. ✓ Herramientas para modelado del comportamiento.

Fig. 2.- Agentes y sus características frente a atributos y comportamientos

Los modelos basados en agentes simulan las acciones e interacciones entre agentes autónomos (individuales o colectivos) y evalúan los efectos de estas relaciones sobre el sistema como un todo (Edmonds et al., 2001). Típicamente los agentes se sitúan en el espacio y en el tiempo y en redes que simulan la relación (vecindad) entre agentes y sistema. La ABMS simula el comportamiento al incorporar los intereses propios de los agentes (supervivencia, beneficio económico, status social, etc.). En algunos casos, los agentes se consideran inteligentes y se les asigna capacidad de decisión. En general, los agentes poseen un conocimiento limitado pero la simulación de su comportamiento les permite experimentar el aprendizaje, la adaptación e, incluso, la reproducción.

Desde un punto de vista operativo, los ABMS se componen de:

1. Múltiples agentes, descritos en escalas diferentes;
2. Sistemas heurísticos de toma de decisiones;
3. Reglas de aprendizaje y procesos adaptativos;
4. Topología de interacción entre agentes y
5. El ambiente externo a los agentes pero que condiciona sus decisiones.

La mayor parte de la investigación en modelización informática describe los sistemas en equilibrio o en movimiento entre equilibrios. Sin embargo, los ABMS, a partir de la utilización de reglas simples, de reglas complejas y de técnicas avanzadas y especiales (ver Figura 3) consiguen describir pautas de comportamiento complejas. De esta forma, la ABMS complementa los modelos analíticos tradicionales; donde los métodos analíticos permiten caracterizar los equilibrios de un sistema, los modelos basados en agentes permiten generar esos equilibrios.

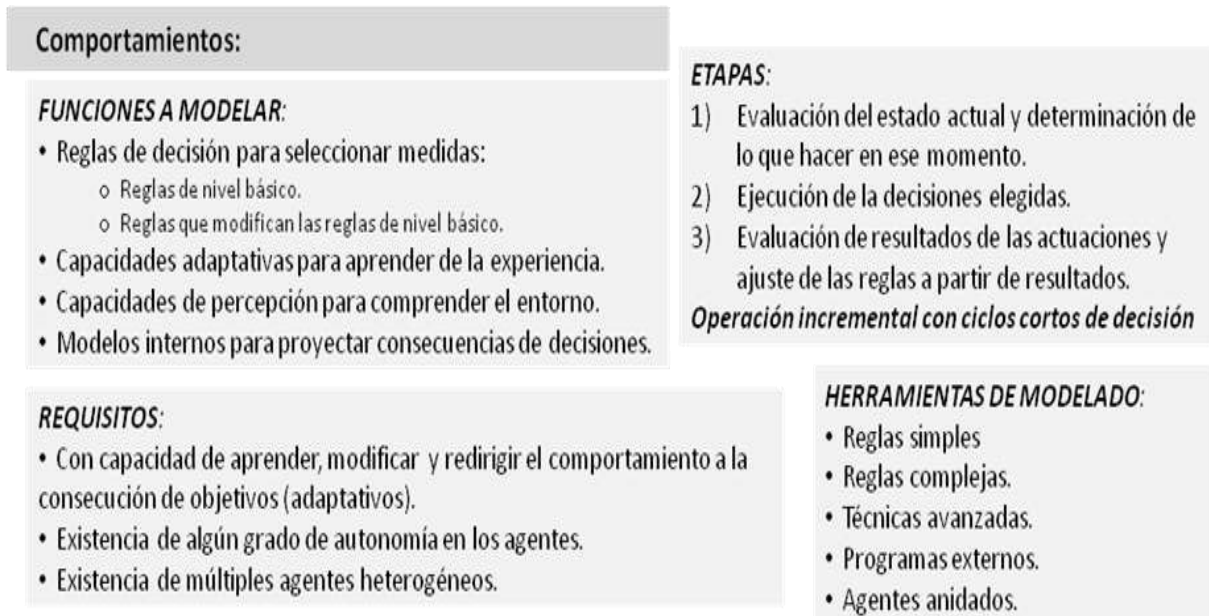


Fig. 3.- Comportamiento de los agentes frente a funciones, etapas, requisitos y herramientas de modelado

Esto facilita explicar la aparición de patrones de orden superior -como Internet- o relacionar funciones no lineales para explicar situaciones tan complicadas como las distribuciones de atascos de tráfico, el inicio de guerras o los desplomes bursátiles. Especialmente, la ABMS es muy útil para identificar los momentos en los que las intervenciones sobre un sistema tienen mayores consecuencias y para distinguir la dependencia entre el resultado de un proceso y el camino realizado para su consecución. Además, la ABMS también es útil cuando, en lugar de buscar alcanzar estados estables, se analiza simplemente la robustez del sistema -las formas en que los sistemas complejos se adaptan a las presiones internas y externas para mantener sus funcionalidades-.

Otras metodologías para modelización y simulación.

Aunque DS y ABMS son las metodologías más utilizadas, existen otras metodologías de modelización. A continuación se presentan algunas de ellas según la clasificación propuesta por North y Macal (2007).

Modelización de sucesos discretos.

Esta metodología manipula, con un gran nivel de detalle, el funcionamiento interno de un proceso dinámico a través de la programación de la ocurrencia de sucesos discretos en instantes de tiempo, también discretos. A su vez, cada suceso, provoca una cadena de sucesos futuros que también deben programarse según evoluciona la simulación en el tiempo.

Simulación participativa.

Se trata de la versión del crowdsourcing para simular las interacciones entre los componentes de un sistema y comprender su comportamiento. Cada componente se sustituye por una persona o un grupo de personas que toman las decisiones del sistema.

Análisis de riesgos.

Es una técnica de modelización que evalúa la exposición de las compañías a sucesos que afectan negativamente su valor. Requiere:

- a) Identificar los sucesos negativos.
- b) Transformar estos sucesos en impactos cuantificables

Métodos estadísticos

Que desarrollan el enfoque de modelización que trata a los sistemas o a sus componentes como a una caja negra y busca determinar las salidas del sistema a partir de las entradas al mismo, sin considerar la estructura interna del sistema o los procesos causales (simulación).

Es útil para la búsqueda numérica de correlaciones entre datos cuantitativos.

La regresión logística multinomial es un ejemplo de método que se puede utilizar para predecir la evolución de sucesos discretos.

En general se pueden distinguir los modelos para el análisis de la dependencia y para el análisis de la interdependencia.

Métodos de optimización

Son métodos dirigidos a encontrar la mejor solución, para un problema bien definido, en un conjunto muy grande de posibles soluciones.

Cuando el problema se puede formular matemáticamente a través de funciones continuas se pueden aplicar la programación lineal y la cuadrática, con o sin restricciones.

Para la optimización de sucesos discretos se utilizan técnicas de optimización combinatoria (simulated annealing).

Métodos de inteligencia artificial

Conforman la rama de las ciencias de la computación dedicada al desarrollo de agentes racionales no vivos.

Programación lógica: Simulación del razonamiento de la lógica matemática (análogo al pensamiento abstracto humano) en la programación de aplicaciones informáticas.

Redes neuronales: Simulación del funcionamiento del sistema nervioso de los animales. El objetivo es conseguir que las máquinas den respuestas similares a las que es capaz de dar el cerebro que se caracterizan por su generalización y su robustez.

Algoritmos genéticos: Se inspiran en la evolución biológica y su base genético-molecular.

Inteligencia en enjambre: Estos sistemas están constituidos típicamente de agentes simples que interactúan entre ellos y con su ambiente. Los agentes siguen reglas simples y, aunque no existe una estructura de control que dictamine el comportamiento de cada uno de ellos, las interacciones locales entre los agentes conducen a la emergencia de un comportamiento global complejo (colonias de hormigas, alineamiento de aves en vuelo, comportamiento de rebaños, crecimiento bacteriano y comportamiento de los bancos de peces).

3.1.2.- Optimización combinatoria

En muchos casos, las cuestiones sometidas a opinión poseen un número de soluciones potenciales tan elevado que no es operativo generar todas las alternativas de solución diferentes y evaluar cada una de ellas con objeto de elegir la mejor.

Por ejemplo, si un monte consta de 500000 pies y se consideran como actuaciones diferentes aquellas que suponen una operación diferente en cada árbol en un período de tiempo de un año. Si, también para simplificar, consideramos que las posibles actuaciones en cada árbol fueran 10 (poda, fumigación, laboreo del suelo, corta, combinaciones de las anteriores, ...) y el turno fuera de 100 años. Entonces, el número de posibles actuaciones diferentes sería de 500000^{1000} . Lo que impide la generación y evaluación de todas las alternativas.

Alternativamente se puede determinar la mejor alternativa incorporando el factor riesgo de la decisión: se considera como solución aquella con mayor probabilidad de mejor de ser la que mejor se ajusta a las preferencias de un observador dado. Una solución de este tipo requiere:

- ✓ Transformar el valor que para cada alternativa refleja las preferencias de un evaluador, en una medida de la probabilidad de que esa alternativa satisfaga las preferencias del evaluador (a mayor valor, mayor probabilidad de adaptarse a las preferencias de cualquier usuario y viceversa).
- ✓ Convertir el proceso de búsqueda dentro del conjunto de posibles alternativas en un proceso de muestreo dirigido a encontrar la solución más probable.

Los algoritmos utilizados en optimización en condiciones de riesgo suelen ser una combinación de algoritmos recursivos, neuronales y adaptativos. No obstante el procedimiento más utilizado para la obtención de la alternativa con mayor probabilidad de ser la mejor -para un individuo con un sistema de preferencias conocido- es una modificación del algoritmo Metropolis que se aplica en los procesos de enfriamiento simulado (Metropolis et al, 1953, Kirkpatrick et al, 1983 y Černý, 1985) y se describe a continuación:

Formulación del problema.

Sea Ω el conjunto de todas las posibles alternativas (w) y sea X el campo aleatorio que representa la ocurrencia de las posibles alternativas. Este campo está constituido por variables aleatorias dependientes X_t ($t \in C \subset \mathbb{N}$), que pueden tomar un número discreto de hasta L valores diferentes en cada sub-índice t . Si, simultáneamente, ocurre que:

- a. $P(X = w) > 0$ y
- b. $\forall s \in C \Rightarrow P[X_s = x_s / X_r = x_r, s \neq r] = P[X_s = x_s / X_t = x_t, t \in v(s)]$, donde $v(s)$ es el conjunto de sub-índices vecinos de s .

entonces X es un Campo Aleatorio Markoviano (CAM) y la ley que define la probabilidad de que una alternativa es la mejor sigue la distribución de Gibbs (Kinderman y Snell, 1980):

$$P(X = w) = [1/Z]e^{-U(w)/T}$$

donde $-U(w)$ es la utilidad (el valor) que el individuo considerado asigna a la alternativa w -y que se deduce de su sistema de preferencias-; T es una constante y Z es una constante de normalización: $Z = \sum_{w \in \Omega} e^{-U(w)/T}$.

Sobre esta distribución es posible construir un proceso de muestreo -enfriamiento simulado- (ver, por ejemplo, Geman y Geman, 1980 y los ya citados Kirkpatrick et al y Cerny; si bien los primeros trabajos se retrotraen a Pincus, 1968 y 1970) que converge más rápidamente a la alternativa con mayor probabilidad de ser la mejor (w^*) que otros sistemas convencionales de muestreo (Monte-Carlo). Este proceso se describe a continuación:

Muestreador

Sea $P(w)$ la ley de probabilidad de que una alternativa (w) sea la mejor de las pertenecientes al conjunto Ω . Con objeto de seleccionar la alternativa con mayor probabilidad de ser la mejor (w^*) se define una nueva ley de probabilidad: $P_\lambda(w) = P(w)^\lambda / \sum_{w \in \Omega} P(w)^\lambda$. Si $\lambda \rightarrow \infty$, la distribución de $P_\lambda(w)$ tiende a concentrarse sobre el valor de w con mayor probabilidad (w^*). Por tanto, si se muestrea sobre $P_\lambda(w)$, con λ grande, nos encontraremos -con alta probabilidad- muy cerca de w^* .

Al muestrear aleatoriamente sobre la ley de probabilidades $P_1(w)$ -para $\lambda=1$ -, se obtiene una alternativa (w_1), su ocurrencia modificará la ley de probabilidad con el siguiente valor de λ ($\lambda=2$) que, según el teorema de Bayes, permite calcular la distribución a posteriori:

$$P_2[w / w_1] \propto \text{Verosimilitud}(w, w_1) \times P_2(w)$$

Si se sustituye λ por $1/T$ y se adopta como distribución a priori la distribución de Gibbs, con una función de energía $U(w)$, entonces la distribución a posteriori también será una distribución de Gibbs con función de energía $U^P(w)$:

$$U^P(w) = U(w) + g\{\| U(w) - U(w^*) \|\}$$

y $\lambda \rightarrow \infty$ significa la disminución de T hasta 0. Entre otros, Mitra et al (1986), han demostrado que cambios en T proporcionales a $1/\ln n$ (n es número de muestras realizadas hasta el estado analizado) son suficientes para asegurar la convergencia al óptimo.

Operacionalmente, el proceso anterior supone elegir un valor T_1 y obtener una muestra (w_1) de la distribución $[1/Z] \exp\{-U(w)/T_1\}$. A continuación se disminuye la temperatura en una cantidad proporcional a $1/\ln 2$ (T_2) y se obtiene una segunda realización muestral de la distribución $[1/Z_2] \exp\{-U^2(w)/T_2\}$. Este proceso se repite hasta obtener la n -ésima muestra con una temperatura:

$$T_n = k T_1 / \ln n = k_b T_{n-1}.$$

La aplicación directa del proceso anterior supone que siempre se cambia hacia alternativas con mayor probabilidad de ser las mejores. Por tanto, el proceso se detendrá cuando se alcance un óptimo local. Para solucionar este problema se incorpora un mecanismo de relajación estocástica que permite saltos aleatorios a estados de menor probabilidad.

Simplificaciones en el muestreador.

En todo caso, el enfriamiento simulado, sigue requiriendo un elevado número de cálculos que ralentiza la obtención de soluciones *on-line*. Para solventar este problema se ha adoptado dos simplificaciones:

1) En primer lugar la utilización del Modelo Condicional Iterativo (Besag, 1986) o ICM (del inglés *Iterated Conditional Method*). Como en el modelo original, el ICM visita todos los subíndices del campo aleatorio ($t \in C \subset \mathbb{N}$) y calcula:

$$P[X_i = s / X_j = r, s \neq r] = (1/Z_s) \exp\{-U(X_i = s) / T\}$$

donde $-U(X_i = s)$ es la utilidad que, para el individuo para el que se calcula la mejor alternativa, tiene asignar el valor s a la variable X_i , lo que no solo depende del valor en X_i sino del valor en sus variables vecinas. Sin embargo, a diferencia del enfriamiento simulado, la nueva alternativa muestreada no consiste en cambiar en la original solo el valor de la variable que induce un mayor incremento de utilidad, sino que está formada por un cambio sincronizado de todas las variables

a los valores que maximizan la utilidad en cada una de ellas. Este proceso se repite en cada paso de la optimización. El ICM también converge la alternativa con mayor probabilidad de ser la mejor. Sin embargo, en lugar de presentar un proceso de convergencia monótono avanza en saltos que pueden generar soluciones intermedias con baja probabilidad de ser la mejor alternativa.

2) Una segunda simplificación afecta a trabajar directamente con la utilidad en lugar de hacerlo con la probabilidad. De esta forma se puede utilizar la siguiente expresión para la utilidad de cada alternativa (Azencott, 1987):

$$U(w) = \sum_{i=1, \dots, C} \sum_{j=1, \dots, L} \mathbf{1}_{X_i=j} U(X_i=j) - \beta V(w)$$

donde:

$\mathbf{1}_{\text{condición}}$ es la función indicadora: vale 1 si ocurre lo expresado en el subíndice y 0 en caso contrario.

$-U(X_i = j)$ es la utilidad que, para el individuo para el que se calcula la mejor alternativa, tiene asignar el valor j a la variable X_i , lo que no solo depende del valor en X_i sino del valor en sus variables vecinas.

C es el total de variables en X y L el número de posibles valores que pueden tomar estas variables.

β es un parámetro y $V(w)$ es el término de regularización: $V(w) = \sum_{i=1, \dots, C} \sum_{j \in v(i)} \sum_{k=1, \dots, L} \mathbf{1}_{X_i=X_j} \mathbf{1}_{X_j=k}$, donde $v(i)$ es el conjunto de variables aleatorias vecinas de X_i .

A continuación se presenta el esquema operativo del algoritmo descrito anteriormente:

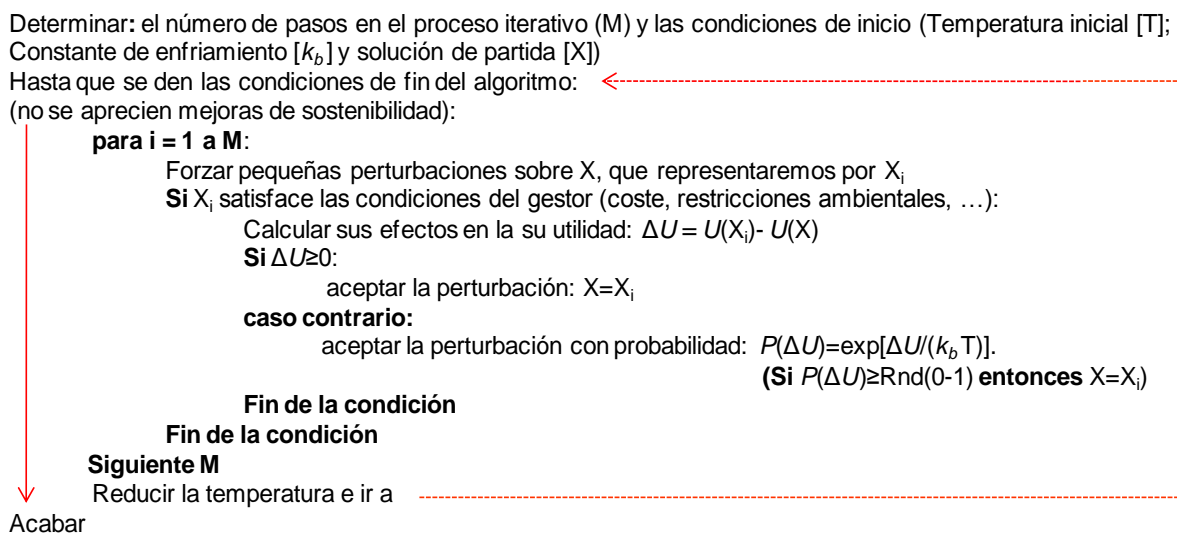


Fig. 4. Esquema operativo del algoritmo

Aplicación a la determinación del número óptimo de parques de bomberos

Inicialmente el programa buscará aleatoriamente cinco ubicaciones ($NNR = 5$) de entre los restantes términos municipales en los que no se encuentra ninguno de los 19 Parques iniciales. Posteriormente se localizarán otros cinco términos municipales pero esta vez aquellos que estén a menor distancia de los anteriores. Esto se obtendrá sumando las distancias desde cualquier término municipal a estos cinco y sumando los valores. El proceso se repetirá hasta localizar aquella combinación de entre todas las posibles de los cinco términos cuyo sumatorio de distancias sea menor y por tanto más cercanos. A partir de aquí el sistema buscará 5.000 combinaciones de $19 + NNR$ elementos de entre los $19 + 2NNR$ y sobre todas estas combinaciones busca aquella que optimiza el valor del trabajo de los Parques, es decir, aquella que consigue que su “intensidad de trabajo” al actuar se encuentre lo más equilibrada posible con el objeto lógicamente de no favorecer su cercanía al umbral de colapso determinado. Para ello se elige aquella solución que produce la mínima varianza entre las 5000 combinaciones, eliminando después de cada combinación los valores extremos. Se entiende por intensidad de trabajo en una cuadrícula determinada “la suma de los Índices de Colapsos desde todos los parques analizados”

Posteriormente se vuelve a repetir el proceso eligiendo de nuevo cinco combinaciones ($NNR=5$) y volviendo a repetir el proceso con los cinco más cercanos a estos.

Así hasta que con un total de 38 iteraciones se demuestra la estabilidad del modelo.

3.1.3.- Técnicas de recrecimiento de datos.

El recrecimiento de datos consiste en aumentar los datos disponibles con material nuevo (datos latentes) siempre que este aumento no incorpore información que esté disponible en el conjunto de datos existentes. El material nuevo se puede referir a datos (perdidos o nuevos, generados forzando un proceso de muestreo) o a valores de los parámetros. En general, el problema de recrecimiento de datos requiere: incrementar los datos disponibles (Y) con datos latentes (Z), de forma que la distribución a posteriori recrecida ($p(\theta/Y, Z)$) sea simple y, además, utilizar esta simplicidad para maximizar, marginalizar, calcular y/o muestrear la distribución a posteriori observada ($p(\theta/Y)$).

En el ámbito del recrecimiento de datos, se han diseñado algunos algoritmos, como el EM (Maximización de las Expectativas) de Dempster, Laird y Rubin (1977), para la obtención de estimadores máximo-verosímiles y la curvatura de la distribución de probabilidades en el entorno del máximo.

Otros algoritmos explotan la simplicidad de las distribuciones recrecidas (de verosimilitud o distribuciones a posteriori) para conocer la distribución completa de probabilidades (ver, por ejemplo, Tanner y Wong, 1987 para una formalización rigurosa). Como en el resto de algoritmos de recrecimiento, la idea básica es aumentar los datos observados Y con otros datos Z que se denominan datos latentes. Se supone que dados ambos datos (Y y Z) se puede calcular la

distribución aumentada $p(\theta/Y, Z)$ (o muestrear de ella). Para obtener la distribución a posteriori $p(\theta/Y)$, se generan múltiples valores (imputaciones) de Z a partir de la distribución predictiva $p(Z/Y)$ y se calcula el promedio de $p(\theta/Y, Z)$ sobre todas las imputaciones. Dado que $p(Z/Y)$ depende de $p(\theta/Y)$ se obtiene un algoritmo iterativo para calcular $p(\theta/Y)$.

Además de los algoritmos anteriores, se deben destacar otros que, en lugar de operar con la verosimilitud o la distribución a posteriori, aumentan los datos observados con parámetros (muestreador de Gibbs y Algoritmo de Metropolis-Hastings). Estos algoritmos son los que se han utilizado para aumentar los datos existentes.

Muestreador de Gibbs.

Sea $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_d)$ un vector d -dimensional de parámetros desconocidos y sea $p(\theta/Y)$ su distribución a posteriori, dados los datos Y . A partir de un punto de inicio cualquiera $\theta^{(0)} = (\theta_1^{(0)}, \theta_2^{(0)}, \dots, \theta_d^{(0)})$, el muestreador de Gibbs itera según el siguiente esquema:

$$\begin{aligned} &\text{Muestréese } \theta_1^{(i+1)} \text{ de } p(\theta_1/\theta_2^{(i)}, \dots, \theta_d^{(i)}, Y) \\ &\text{Muestréese } \theta_2^{(i+1)} \text{ de } p(\theta_2/\theta_1^{(i+1)}, \theta_3^{(i)}, \dots, \theta_d^{(i)}, Y) \\ &\dots \\ &\text{Muestréese } \theta_d^{(i+1)} \text{ de } p(\theta_d/\theta_1^{(i+1)}, \dots, \theta_{d-1}^{(i+1)}, Y) \\ &\text{Hacer: } \theta^{(i+1)} = (\theta_1^{(i+1)}, \theta_2^{(i+1)}, \dots, \theta_d^{(i+1)}) \end{aligned} \quad (3.32)$$

Los vectores $\theta^{(0)}, \theta^{(1)}, \dots, \theta^{(i)}, \dots$ son la realización de una Cadena de Markov con la siguiente probabilidad de transición entre los estado θ^* y θ :

$$K(\theta^*, \theta) = p(\theta_1/\theta_2^*, \dots, \theta_d^*, Y) p(\theta_2/\theta_1, \theta_3^*, \dots, \theta_d^*, Y) p(\theta_d/\theta_1, \dots, \theta_{d-1}, Y)$$

Bajo condiciones bastante generales (Chan, 1993; Geman y Geman, 1984; Liu et al, 1991a,b; Tierney, 1994 y Schervish y Carlin, 1992), se pueden presentar los siguientes resultados:

Resultado: La distribución conjunta de $(\theta_1^{(0)}, \theta_2^{(0)}, \dots, \theta_d^{(0)})$ converge geométricamente a $p(\theta_1, \dots, \theta_d/Y)$ cuando $i \rightarrow \infty$.

Resultado: $\frac{1}{t} \sum_{i=1}^t g(\theta^{(i)}) \xrightarrow{\text{c.s.}} \int g(\theta) p(\theta/Y) dv(\theta)$, cuando $t \rightarrow \infty$

Las tasas de convergencia de los mismos en determinadas condiciones se pueden consultar en Applegate et al (1990), Rosenthal (1992) y Amit (1991).

Históricamente, el muestreador de Gibbs fue desarrollado por Geman y Geman (1984) en el contexto de procesos espaciales (reconstrucción de imágenes) con un gran número de variables y determinaron bajo qué condiciones las distribuciones condicionadas, para unos subconjuntos de

vecindad de las variables, determinaban la distribución conjunta. Para el enfoque de inferencia estadística que presentamos, Besag (1974) ha demostrado que si la distribución de densidad conjunta $p(\theta_1, \dots, \theta_d)$ es positiva sobre todo su dominio, entonces es posible determinarla de forma completa y única a partir de las d distribuciones condicionadas: $p(\theta_1/\theta_2, \dots, \theta_d), \dots, p(\theta_d/\theta_{21}, \dots, \theta_{d-1})$. Otro hito significativo fue la formulación de los algoritmos de recrecimiento de datos como una versión del muestreador de Gibbs (Tanner y Wong, 1987) y la incorporación de la computación bayesiana en el contexto los MC iterativos¹ que también desarrollaron Tanner y Wong. Finalmente se destaca la formulación del muestreador de Gibbs como caso particular del algoritmo de Metropolis.

Algoritmo de Metropolis-Hastings

Este algoritmo fue desarrollado por Metropolis et al (1953) y generalizado por Hastings (1970) para muestrear distribuciones a posteriori ($p(\theta/Y)$). Para eso se apoya en una función de densidad auxiliar ($q(\theta, \vartheta)$) que se denomina *proposal distribution*. En teoría, se puede utilizar cualquier función de densidad como *proposal distribution*, lo más importante es que sea fácil de muestrear, aunque la convergencia del algoritmo será más rápida si $q \approx p$.

El algoritmo Metropolis-Hastings se puede resumir de la forma siguiente:

Paso 0. Elegir un punto de inicio arbitrario θ_0 y hacer $i=0$.

Paso 1. Generar un candidato de entrada θ^* de $q(\theta_i, \cdot)$ y un valor u de una $U[0,1]$

Paso 2. Hacer $\theta_{i+1} = \theta^*$ si $u \leq \alpha(\theta_i, \theta^*)$ y $\theta_{i+1} = \theta_i$ en caso contrario, donde la probabilidad de aceptación viene dada por:

$$\alpha(\theta, \vartheta) = \min \left\{ \frac{p(\vartheta/Y)q(\vartheta, \theta)}{p(\theta/Y)q(\theta, \vartheta)}, 1 \right\} \quad (3.33)$$

Paso 3. Hacer $i=i+1$ y volver al Paso 1

Para ilustrar este algoritmo consideremos el problema de muestrear el coeficiente de correlación (ρ) de una normal bivalente a partir de su distribución a posteriori (Ghen et al, 2000).

Resultado de la aplicación del algoritmo de recrecimiento.

Los datos históricos de siniestró dependen de la tipología del siniestro, del uso de suelo y el momento (estación, momento del día –mañana, tarde o noche- y tipo de día –laboral, festivo o víspera-). Estos parámetros se han utilizado para estratificar los datos disponibles y sobre esta estratificación aplicar el algoritmo de ***Metropolis-Hastings*** para incrementar los datos disponibles de 4 a 6 años. En el A.1.4 se pueden comparar los datos de índice anual de saturación por cuadrícula antes y después del recrecimiento.

¹ Se puede consultar en el volumen 55 (Nº1) del *Journal of the Royal Statistical Society, B*, una extensa discusión de la aplicación de los métodos de los Métodos de Monte Carlo de Cadenas de Markov (MCMC) que se basan en las propiedades de las cadenas de Markov.

3.2 Esquema general de la gestión de la emergencia

La emergencia se puede dividir en cinco grupos de actividades que están íntimamente relacionadas y donde en cada grupo existen sistemas complejos tal y como se han definido anteriormente y a su vez todos ellos son un sistema complejo en su máxima expresión.

Estas agrupaciones son las siguientes:

1. Prevención (planes protección civil, mapas de riesgo, planes de emergencia, planes directores, diseño de organizaciones eficaces y eficientes, etc.)
2. Detección (Centros de atención y despacho de llamadas de avisos de emergencias, call center, Cecop, 112, 911, análisis flujo información, vigilancia, etc.)
3. Extinción (procedimientos operativos, sistemáticas de intervención, metodologías, toma de decisiones de mando y control, tácticas y estrategias de intervención, etc.)
4. Restablecimiento de las condiciones iniciales (servicios públicos esenciales)
5. Tratamiento informativo de los siniestros. Medios de comunicación. Gestión de las crisis derivadas.

En esta sección se pretende mostrar la realidad “compleja” de alguno de ellos y demostrar que el análisis de los mismos desde este perfil permite mejorar y optimizar su funcionamiento.

Prevención

Actualmente el significado que, en el campo de la protección civil, se le asigna a la palabra prevención es casi totalmente coincidente con el que posee para la Real Academia Española “*Preparación y disposición que se hace anticipadamente para evitar un riesgo o ejecutar algo*”. En este caso se le incorpora en muchas ocasiones distintos calificativos asociados al tipo de riesgo que se desea describir.

Prevención Externa: aquella asociada a riesgos provenientes del exterior del medio a proteger. Planes de emergencia municipales, planes especiales de protección civil (IIFP, Inundaciones, Seísmos, transporte de mercancías peligrosas, volcanes), Plan básico de Emergencia Nuclear, etc.

Prevención Interna: aquella asociada a riesgos provenientes del interior del medio a proteger. Código Técnico de la Edificación, reglamentos de prevención, industrias, edificios en altura, edificios de uso público, garajes, recintos deportivos, centros

comerciales. Fundamentalmente: sectorización, evacuación, instalaciones de protección contra incendios. Filosofía actual: diseño por prestaciones.

Gestión de organizaciones: en este caso se trata de una prevención del riesgo de colapso de las organizaciones que deben dar respuesta a una emergencia relacionada con la protección civil. De su correcto funcionamiento durante un siniestro depende muchas veces el éxito o no de su resolución adecuada. Por ello todos los actores implicados deben “prever” estas hipótesis y proceder adecuadamente a sus respuestas. Cuerpos de Bomberos, Servicios sanitarios, Seguridad (Policía, Guardia Civil, etc.), protección civil, centros 112, etc. deben diseñar correctamente con anterioridad sus modelos de funcionamiento en distintas situaciones.

Detección

Dentro del campo de las emergencias podemos entender como detección el flujo de información desde que un individuo descubre una incidencia y lo comunica al organismo de protección civil correspondiente y llega a los responsables de la toma de decisiones para resolver dicho siniestro

En este proceso se ven involucrados call centers como el 112 en España (Europa) o 911 de Estados Unidos

Sin embargo, aunque no es el objetivo de esta tesis, queremos destacar cómo en la detección todo el sistema manifiesta su complejidad. Existen variables muy importantes de cara a lograr un óptimo funcionamiento de los recursos cuyo comportamiento conviene analizar como si de un único sistema complejo se tratara: números de líneas entrantes adecuadas en cada momento, número de operadores necesarios en un momento determinado, número de operadores óptimos por turno, sobredimensionamiento necesario en previsión de incidentes, operadores con idiomas necesarios, indicadores de desbordamiento, flujos de información, gestión inteligente de las colas de llamadas, saber a quién direccionar llamadas con un contenido /localización concretos, determinar correctamente cuando transferir voz y/o datos a los organismos responsables del mando y control de las emergencias, etc. Todos y cada uno de ellos cumplen los requisitos de estos sistemas.

Un funcionamiento básico de estas incidencias se basa siempre en cruzar el qué y el dónde de cada incidencia. A partir de aquí es donde el análisis de esta “complejidad” queda manifiesto.

La respuesta al dónde se logra mediante centrales digitales de telefonía que permiten localizar el número del llamante y que luego a través de bases de datos ANI/ALI (del inglés, Automatic Number Identification / Automatic Location Identification), que relacionan el número del llamante con su dirección geográfica, y su posterior geocodificación en sistemas de información geográficos, permiten conocer la ubicación exacta del llamante desde telefonía fija. A continuación, a través de un procedimiento de preguntas predeterminado, se canaliza la respuesta

al qué y conjuntamente con el dónde anteriormente determinado se procede a “despachar” dicho aviso al organismo encargado del “mando y control” de ese siniestro para que proceda a su resolución. Aquí son estos Organismos destinatarios del aviso y responsables del “mando y control” de la emergencia los que determinan el momento preciso del “interrogatorio” en el que deben transferirse a su central de coordinación la voz y/o los datos desde los centros 112.

Extinción

En ese apartado es importante conocer las estructuras jerárquicas de las organizaciones responsables, como puede ser en el caso de la Comunidad de Madrid, el Cuerpo de Bomberos con los agentes identificados en los Sistemas Complejos.

A partir de las funciones que corresponden, con carácter general, a las diferentes Escalas del Cuerpo de Bomberos, y que en otras organizaciones civiles o militares pueden equipararse a estas, tendríamos:

“a) En la Escala Técnica o de Mando:

Para la Categoría de Inspector, funciones de dirección y coordinación de unidades técnicas y operativas de nivel superior, y otras específicas de prevención, inspección, extinción de incendios y salvamentos.

Para la Categoría de Oficial de Área y Técnico, funciones de coordinación y mando de unidades técnicas y operativas de nivel intermedio, y otras específicas de prevención, inspección, extinción de incendios y salvamentos.

b) En la Escala Ejecutiva u Operativa:

Para las Categorías de Jefe Supervisor, Jefe de Equipo y Jefe de Dotación, funciones de inspección y mando de unidades operativas y logísticas, y otras específicas de prevención, inspección, extinción de incendios y salvamentos.

Para las Categorías de Bombero Especialista y Bombero, funciones de inspección y operativas en tareas de prevención, extinción de incendios y salvamentos.”

DECRETO Legislativo 1/2006, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley por la que se regulan los Servicios de Prevención, Extinción de Incendios y Salvamentos de la Comunidad de Madrid.

Esta estructura jerárquica, al igual que sucede en otras organizaciones, responde sin lugar a duda una estructura anidada donde existen unos protoagentes, con reglas de comportamiento sencillas

definidas previamente, una sinergia (el todo es más que la suma de las partes), un modelo adaptativo, etc.

También, a través de ella se identifican otros agentes y se ve que todos deben ser capaces de trabajar como protoagentes pero que según se va avanzando en su presencia en los siniestros cada uno obedece a leyes de comportamiento distintas según sean encargados de aplicar procedimientos operativos, sistemáticas de intervención, tácticas, estrategias de intervención o planes de acción.

En la modelización y simulación de sistemas complejos basadas en la identificación de agentes se procedería a representar el comportamiento de los componentes del sistema para reproducir el comportamiento de todo el sistema. Para ello se combinan:

- Conocimiento profundo del comportamiento emergente, entendiendo como tal aquel que en muchas emergencias se produce cuando de la propia relación entre los agentes actuantes surgen “automáticamente” reglas de comportamiento no establecidas inicialmente. No todo puede estar procedimentado previamente y a veces la regulación de estas propiedades emergentes favorece la resolución de los siniestros y permite la posterior mejora de los procedimientos, sistemáticas, etc.
- Utilización de herramientas probadas de modelización y simulación.

En muchas estructuras jerárquicas las primeras escalas operativas se pueden identificar perfectamente con protoagentes. Las reglas de decisión simples a las que obedecen se basan fundamentalmente en el conocimiento del manejo de herramientas y en metodologías de intervención o sistemáticas previamente establecidas. Estos protoagentes, **asocian estímulos externos con respuestas específicas**. Normalmente sólo se activa una regla de decisión en cada ciclo de toma de decisiones. Las reglas de decisión simples permiten a los protoagentes **realizar interacciones esenciales con sus vecinos** y responder a cambios ambientales (**aprender**). Pero no permiten modificar el comportamiento (**adaptarse**). La adaptación se consigue incorporando reglas en paralelo (procedimientos operativos, sistemáticas de intervención, etc.) o incorporando agentes heterogéneos (intervenciones con otras organizaciones por ejemplo sanitarios, policía, TEDAX, etc.). En este ejemplo, el agente ajusta sus comportamientos en función de si ha alcanzado sus objetivos en los dos días anteriores. Si en dos días consecutivos no logra sus objetivos modifica su modo de reaccionar ante la misma tipología de siniestro. La separación de objetivos en dos días y en el día anterior son reglas anidadas. De aquí la dificultad existente muchas veces de modelizar su comportamiento adecuadamente. En muchas ocasiones el cambio de un aspecto muy pequeño de un agente, por ejemplo aspectos individuales de liderazgo o circunstancias personales, produce cambios globales muy grandes y si esos aspectos no se han considerado y se pasa por alto esa posibilidad de cambio se pueden llegar a producir **comportamientos caóticos**. La solución indirecta de problemas, que supone modelizar y simular

la inteligencia de agentes locales, presenta las dificultades de los **sistemas generales de búsqueda**: existencia de muchos máximos locales, identificación de comportamientos que producen efectos negativos y, en ocasiones, el comportamiento emergente modelizado es incomprensible.

Restablecimiento de las condiciones iniciales

Con cierta similitud con el montañismo una cumbre no se da por finalizada hasta que no se regresa al punto de partida. Aquí el hecho de no proceder ordenadamente al restablecimiento de una condiciones que al menos posibiliten un funcionamiento mínimo del orden Sanitario (heridos o enfermos, muertos, desaparecidos, contaminación), Técnico (destrucción y daños en bienes, instalaciones e infraestructuras), o Logístico (alimentos, ropa, vivienda, medios de transporte, etc.) puede hacer resurgir de nuevo la catástrofe.

Cada organización debe ser analizada en su jerarquía como una estructura anidada y con unas reglas de comportamiento propias de las labores a realizar en esta fase. Así, hay que conocer a cada una de los actores implicados y diseñar un plan de acción que sea modelizable a cada escenario y apto para su optimización. El concepto “multiriesgo” debe ser considerado en este instante ya que existen múltiples nuevos riesgos que pueden emanar a partir de aquí para cada componente Sanitario, Técnico o Logístico.

Tratamiento informativo de los siniestros. Medios de comunicación.

Hoy en día este es un apartado fundamental pero no sólo durante el siniestro sino también para dar por finalizada con éxito la gestión de la emergencia. Las fuentes de información son muy abundantes y variadas. Un determinado “ruido” en alguno de los mensajes relacionados con el siniestro puede hacer variar enormemente un plan de acción correcto. En España afortunadamente algunos autores ya están trabajando desde el punto de vista de la gestión de las redes sociales en caso de emergencia, **Serrano L.(2014).** Por ello hay que intervenir en su análisis como si de otro sistema complejo se tratara y además en este caso perfectamente identificado el componente social e inteligente *SCSI*. Las pautas de cada agente implicado obedecen a leyes de comportamiento que en algunos casos son conocidas ya con anterioridad por haber actuado en otros siniestros. Hay que estudiar a los agentes y encontrar sus leyes de comportamiento. Aquí a semejanza del problema fundamental donde se aplica esa tesis hay que optimizar dónde, cuándo y cómo deben actuar los agentes encargados de gestionar este punto

3.3 Índice de respuesta operativa: definición y cálculo

Inicialmente resulta obligatorio definir, aunque se hará hincapié también más adelante en el concepto de Índice de Colapso (IC) e Índice de Respuesta Operativa (IRO).

Se define como **Colapso** aquella situación temporal en la que se activan, dentro del Catálogo de Recursos Movilizables disponible, un alto número de efectivos y además estos están actuando durante un periodo de tiempo significativo que genera una alta probabilidad de tener que dejar siniestros a la espera de poder ser atendidos con los efectivos adecuados y por ello una mayor probabilidad de bloqueo de la organización. Para reflejar esta situación se ha tenido en cuenta cualquier situación en la que un recurso está siempre ocupado en una intervención concreta pero no sólo mientras atiende el siniestro (Duración del Servicio, DS) sino también en el tiempo que transcurre desde que recibe el aviso hasta que llega a la intervención (Tiempo de Llegada, t_{ij}). Unos tiempos de llegada excesivos penalizan su grado de no disponibilidad para otros siniestros a veces en mayor medida, tal como se demuestra en esta tesis, que el tiempo dedicado a la propia resolución del siniestro.

Con el objeto de analizar esta posible situación de colapso en una organización responsable de la gestión de medios ante una emergencia, se fórmula la siguiente expresión numérica del **Índice de Colapso**:

$$IC = IC_{DS} + IC_t$$

siendo:

$$IC_{DS} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n DS_{ji}$$

$$IC_t = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n t_{ij}$$

t_{ij} es el tiempo dedicado al siniestro por cada interviniente

DS_{ij} es la duración del servicio de cada interviniente.

Para poder calcular estos valores se deben ajustar los datos de partida a través de operaciones lógicas de consulta que permitieran en función de sus claves de estado (instante de activación, llegada, regreso, etc.) conocer cuál ha sido el máximo número de vehículos que han intervenido simultáneamente en estos años, en qué instante se ha producido y cuál ha sido su duración.

Aquí se observa que actualmente ya se puede disponer del dato “número de vehículos intervinientes” y del “tiempo que dedica cada uno de ellos a un determinado siniestro”. Ambos

datos son importantes y ahora están registrados con mucha mayor precisión que antaño. Por ello y dado que ya es posible calcularlo y que a su vez es mucho más relevante para reflejar esa situación de posible colapso, se utiliza en el indicador la suma de los tiempos de todos los vehículos intervinientes.

Para poderlo integrar en la programación de análisis y optimización de los resultados se deben calcular los valores del IC anterior para cada una de las 36 combinaciones de Estaciones (primavera, verano, otoño e invierno), Horario (mañana, tarde y noche) y Festividad (laborable, festivo, víspera de festivo).

Se calcularán el número de días en los que se ha produzca un valor de colapso superior al 50 % de su máximo, previamente agrupados en 10 intervalos respecto a su máximo absoluto y sus valores correspondientes.

Todos estos datos en cada una de las 2083 cuadrículas, generando por tanto 2083 x 36 combinaciones de las variables estudio.

Ej.: una cuadrícula cualquiera podría reflejar por ejemplo 54 días con un Índice de colapso del 5, 13 días con IC 8 de la forma: (P, M, F.): 54 IC 5, 13 IC 8

Finalmente comentar que como valor equivalente pero en significado positivo en lo que se refiere a la capacidad de dar respuesta a cualquier siniestro o conjunto de siniestros se define el **Índice de Respuesta Operativo (%)** como $100 - IC (%)$ que tal como su expresión indica refleja a mayores valores mejor capacidad de respuesta de una organización.

Finalmente se debe realizar también una síntesis de gran parte de los datos asociando a cada cuadrícula los valores finales en cada año y en cada tipología de siniestro de números de sumatorio de número de servicios, sumatorio de número de intervenciones, sumatorio de costes, sumatorio del índice de colapso (IRO), sumatorio de las duraciones de los servicios y sumatorio de los tiempos de llegadas.

Un ejemplo de dichos datos se refleja en la tabla siguiente y gráficamente en el anexo de mapas para cinco tipologías (accidente de tráfico con atrapados, incendio en naves industrias, incendio forestal, incendio de vegetación agrícola, incendio en vivienda) mostrados con carácter anual, acumulado y en costes unitarios por servicios.

NOMBRE	SUM Nº SERVICIOS	SUM Nº INTERVENCIONES	SUM COSTES	SUM INDICE DE COLAPSOS	SUM DURACION SERVICIOS	SUM TIEMPOS DE LLEGADA
35-3	0	0	0	0	0	0
36-3	0	0	0	0	0	0
33-4	2	6	1904,54	588	408	180
34-4	0	0	0	0	0	0
35-4	0	0	0	0	0	0
36-4	0	0	0	0	0	0
37-4	0	0	0	0	0	0
33-5	0	0	0	0	0	0
34-5	4	8	2612,78	1113	866	247
35-5	0	0	0	0	0	0
36-5	0	0	0	0	0	0

Fig. 5- Ejemplo de tabla de acumulados de número de servicios, intervenciones, costes, tiempos de llegada, etc. por cuadrícula

Antes de proceder a desarrollar los módulo de programación conviene hacer hincapié en cómo se ha asignado a partir de los datos concretos de la Comunidad de Madrid que se detallarán en el capítulo siguiente los valores de índice de colapso en unidades económicas a cada una de las 2083 cuadrículas

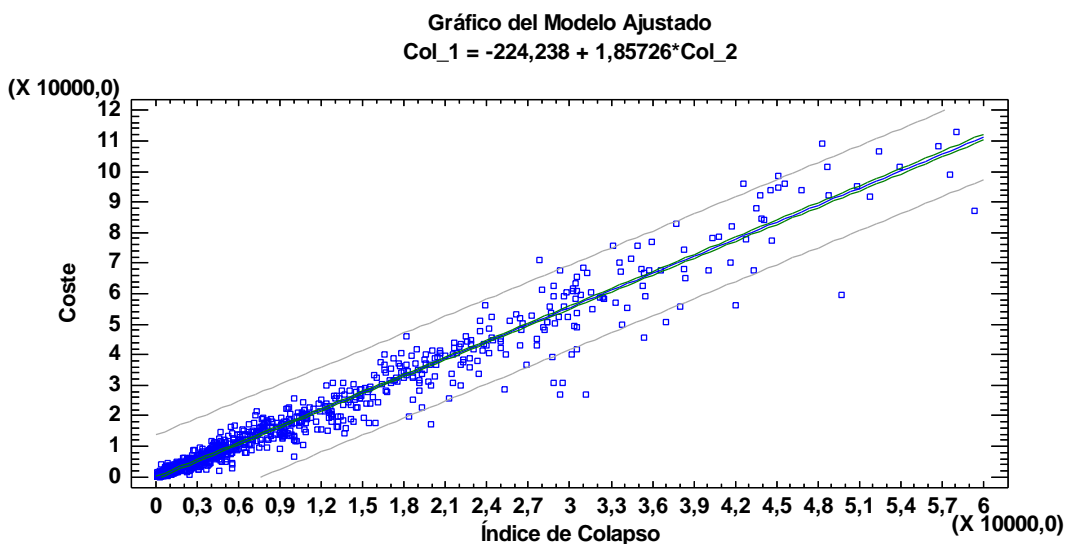


Fig.- 6 Gráfica ajuste Coste / Índice de Colapso

Representa los puntos ya calculados y que se reflejan en las tablas que relacionan los Índices de Colapsos con sus Costes económicos calculados para cada una de las 2083 cuadrículas y ajustados a una recta de regresión.

El IC se ha ponderado en cada cuadrícula al 60 % en función del uso del suelo más frecuente y un 40 % en función de la tipología más habitual. De esta forma se ha tenido en cuenta no sólo la casuística real sino también la posible.

Para tener un tamaño de muestra adecuado se ha procedido a realizar un recrecido condicionado de dos años más simulando sobre los calendarios laborales reales de años posteriores aquellos valores que en función de las variables analizadas de festividad, horario y época del año tienen mayor probabilidad de ser. Esto se ha hecho validando todos los datos según el comportamiento predecible.

A continuación se muestra el esquema de los distintos módulos de programación que se irán describiendo sucesivamente.

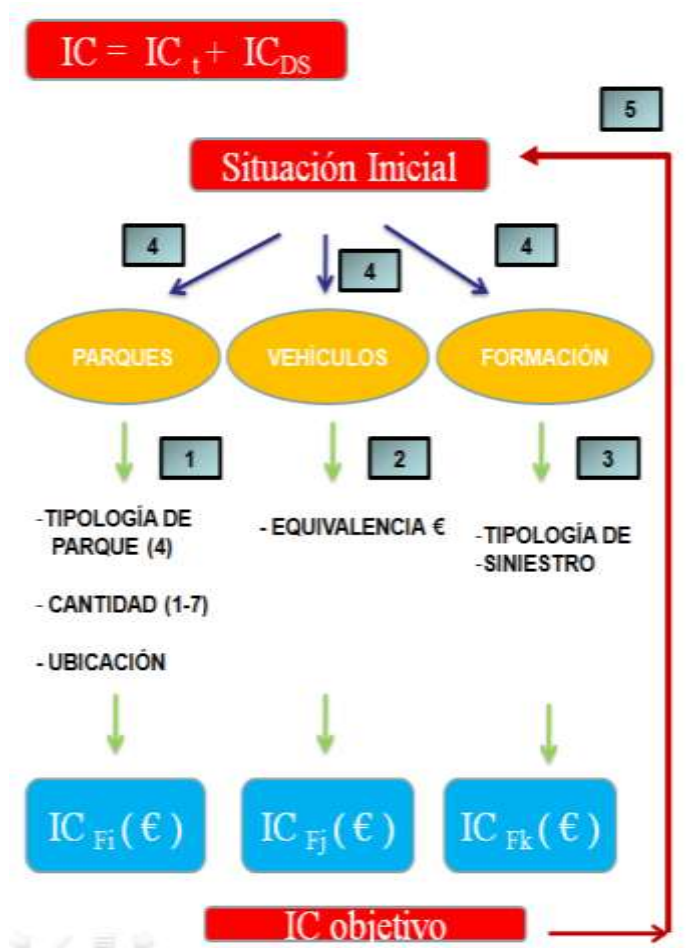


Fig.- 7 Esquema de los módulos de programación

3.3.1 Primer módulo: Determinación de la mejor ubicación posible de nuevos Parques

La mejor ubicación de los Parques se logra actuando sobre el primer sumatorio del IC definido, es decir sobre el sumatorio de los tiempos de llegada. Como referencia a la hora de la programación se muestran algunos de los valores asignados a los parques fijos y a los candidatos. El resto de valores se muestran en la tabla del anexo A.1.3 Equivalencia: Parques/municipios código programación.

ID	ID progr.
11	1
12	2
13	3
21	4
22	5
23	6
26	7
31	8
32	9
33	10
34	11
35	12
36	13
37	14
41	15
42	16
43	17
46	18
47	19
ACEBEDA LA	20
AJALVIR	21
ALAMEDA DEL VALLE	22
ALAMO EL	23
ALGETE	24
ALREDADE	25

Fig. 8.-Codificación Términos Municipales

Inicialmente se hace un cálculo de la situación actual con los 19 parques determinados resultando:

Mejora-con-0-parques.txt: Bloc de notas			
Archivo	Edición	Formato	Ver Ayuda
solución con 0 parques nuevos			
1		64	
2		64	
3		104	
4		24	
5		64	
6		24	
7		24	
8		24	
9		24	
10		24	
11		24	
12		24	
13		36	
14		24	
15		64	
16		64	
17		64	
18		64	
19		24	
Desviación total:		653,92	

Fig.- 9 Tabla situación inicial parques.

A continuación se repite la operación hasta la séptima propuesta

Mejora-con-1-parques.txt: Bloc de notas			
Archivo	Edición	Formato	Ver Ayuda
solución con 1 parques nuevos			
1		45	
2		45	
3		33	
4		24	
5		45	
6		24	
7		24	
8		25	
9		24	
10		25	
11		24	
12		24	
13		37	
14		25	
15		45	
16		45	
17		45	
18		45	
19		24	
20		76	
Desviación total:		465,91	

Fig.- 10 Tabla situación con un parque añadido

Mejora-con-7-parques.txt: Bloc de notas		
Archivo Edición Formato Ver Ayuda		
Solución con 7 parques nuevos		
1	51	
2	51	
3	39	
4	24	
5	24	
6	24	
7	24	
8	25	
9	24	
10	25	
11	24	
12	24	
13	37	
14	25	
15	51	
16	51	
17	51	
18	51	
19	24	
60	24	
147	51	
82	24	
20	88	
70	24	
157	24	
87	24	
Desviación total:		598,41

Fig.- 11 Tabla situación con siete parques añadidos

En el capítulo siguiente se detallan los resultados aplicados a la Comunidad de Madrid, y la metodología concreta de cálculo para la obtención de las cinco mejores ubicaciones respecto al Índice de Colapso, la mejora que producen en el Sumatorio de Índices de Colapso y la repercusión económica de las mismas.

3.3.2 Segundo módulo: *Determinación de las consecuencias de invertir en nuevo vehículos y su influencia en el índice de Colapso Total.*

La mejor inversión en vehículos quedaría reflejada en un aumento de la intensidad de trabajo en cada cuadrícula. Si una cuadrícula determinada es capaz de soportar un mayor umbral de IC esto implica que es porque existe obligatoriamente un mayor número de vehículos actuando.

Inicialmente se asignan distintos umbrales en unidades de tiempo a todas las cuadrículas. El primer Índice de Colapso umbral que se utilizará se determina en 10.000 unidades. Este valor puede ser el equivalente, entre muchas posibles combinaciones, a 20 vehículos interviniendo 500 minutos cada uno de ellos en uno o varios siniestros en una cuadrícula determinada. Otros valores que se van asignando sucesivamente son 20.000, 30.000, 35.000 y 40.000 unidades.

En la primera simulación se observa como un IC total anual umbral de 10.000 unidades de tiempo, marcado como referencia inicial, produce un sumatorio del Índice Total de Colapso de 2.642,5 es decir un IC del 26,42 %. (IRO = 100 – IC=73,58)

A partir de aquí procedemos a buscar un aumento del umbral (15000) y ver la repercusión que tiene en el IRO que se reduce a 22,12 % pero con una repercusión económica de 906.206 € que sería la cifra a invertir en vehículos.

Como resumen se muestra la siguiente tabla que sirve de base para el cálculo de la regresión que nos permitirá introducirnos posteriormente en la optimización de la distribución de recursos presupuestarios.

IC	Variación IC	Repercusión Económica	Umbral
2642,35 (26,41)	0		10.000
2212,94 (22,12)	429,41	9.062.060	15.000
1919,61 (19,19)	722,74	18.348.360	20.000
1519,49 (15,19)	1122,86	36.920.960	30.000
1368,45 (13,68)	1273,9	46.207.260	35.000
1244,73 (12,44)	1397,62	55.493.560	40.000
1055,08 (10,55)	1587,27	74.066.160	50.000
980,67 (9,80)	1661,68	83.352.460	55.000

X = variación IC

Y= repercusión económica

a = -22760658,06

b= 58907,52298

r=0,975

3.3.3 Tercer Módulo: Determinación de la variación del Índice de Colapso Total a partir de asignaciones económicas de formación a distintas tipologías de siniestros

La tercera variable a considerar es la formación sobre ella actuaremos lógicamente con el segundo sumando del IC, es decir la DS.

A partir del conocimiento de las inversiones anuales realizadas por el Cuerpo de Bomberos en formación y de su relación directa sobre determinadas tipologías en las que interviene, se obtiene la influencia de una determinada cantidad de dinero en unidades de tiempo de cada tipología de siniestro. Aquí el objetivo será obtener aquella mejor distribución económica de los recursos de formación que logra que el sumatorio de IC sea menor actuando en una menor duración de los servicios.

3.3.4 Cuarto Módulo: Optimización de la mejor asignación de una determinada cantidad presupuestaria en vehículos, formación y nuevas infraestructuras de Parques.

Una vez calculadas las tres rectas de regresión de los valores anteriores se procede a realizar una optimización de la mejor distribución de un determinado presupuesto anual entre formación, construcción de nuevos Parques de Bomberos y aumento de recursos de vehículos..

También, una vez calculados estos valores y observando los valores de cada IC resultantes se podrá razonar en sentido inverso y poder proponer al responsable político si desea tener un determinado IC en la Comunidad de Madrid de qué presupuesto debe disponer y como debe distribuirlo entre formación, nuevos Parques y nuevos vehículos.

Capítulo 4.

CASO DE APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID

4.1 Caracterización de las emergencias en la Comunidad de Madrid

4.1.1 Conceptos o definiciones

En España la **Constitución Española** establece la obligación de los poderes públicos de garantizar el derecho a la vida y a la integridad física como primero y más importante de todos los derechos fundamentales –artículo 15- en los principios de unidad nacional y solidaridad territorial –artículo 2- y en las exigencias esenciales de eficacia y coordinación administrativa –artículo 103- .

La Protección Civil es un servicio público que se orienta al estudio y prevención de las situaciones de grave riesgo colectivo, catástrofe extraordinaria o calamidad pública en las que pueda peligrar, en forma masiva, la vida e integridad física de las personas y a la protección y socorro de éstas y sus bienes en los casos en que dichas situaciones se produzcan.

La magnitud y trascendencia de los valores que están en juego, en las situaciones de emergencia, exige poner a su disposición los recursos humanos y materiales propiedad de todas las AAPP civiles (Local, Autonómica y Central) y militares, así como de organismos públicos y de las entidades privadas. También deben colaborar los ciudadanos mediante el cumplimiento de los correspondientes deberes y la prestación de su colaboración voluntaria. En este sentido el artículo 30.4 de la Constitución determina que *“podrán regularse los deberes de los ciudadanos en los casos de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública”*. Así mismo el artículo 4 de la Ley de Protección Civil, entre otras cosas determina que: *“Todos los ciudadanos, a partir de la mayoría de edad, estarán sujetos a la obligación de colaborar personalmente en la protección civil en caso de requerimiento por las autoridades competentes”*:

Las funciones básicas de la Protección Civil como servicio público son las siguientes:

PREVISIÓN Y PREVENCIÓN

Promover el desarrollo, por parte de la AAPP competentes, de actividades de previsión y prevención de riesgos potenciales, es decir:

Análisis de los supuestos de riesgo, sus causas y efectos, así como, de las zonas que pudieran resultar afectadas.

Estudio de las medidas oportunas para evitar o reducir y controlar las situaciones de riesgo potencial y los daños que pudieran derivar de ellas.

PLANIFICACIÓN

Planificar las líneas de actuación para hacer frente a las situaciones que pudieran acaecer.

INTERVENCIÓN

Coordinar y dirigir la intervención de todos los elementos componentes de la Protección Civil, es decir, servicios de las AAPP civiles y militares, organismos públicos y entidades privadas, asociaciones de voluntarios y, en general, de todos los ciudadanos cuya participación sea necesaria.

REHABILITACIÓN

Asistir a los órganos institucionales competentes en la planificación y activación de medidas para la rehabilitación de los servicios públicos esenciales y para el restablecimiento de las condiciones socio-económicas y ambientales indispensables para normalizar la vida de las comunidades afectadas.

La planificación de las actuaciones a realizar en las situaciones de catástrofe extraordinaria, grave riesgo colectivo o calamidad pública se fundamenta en la previsión de los adecuados mecanismos de coordinación entre las Administraciones públicas implicadas y de éstas con los particulares. Para ello la Ley de protección Civil establece en el artículo 8 la aprobación por el Gobierno de una Norma Básica que contiene las directrices esenciales para la elaboración de los Planes Territoriales y Especiales por sectores de actividad, tipos de emergencia o actividades concretas.

Así la Norma Básica es el marco fundamental para la integración de los Planes de P.C. en un conjunto operativo y susceptible de una rápida aplicación determinando los criterios generales a los que debe acomodarse dicha planificación para conseguir la coordinación necesaria.

A efectos de la Norma Básica se entiende por Plan de P.C. *“la previsión del marco orgánico-funcional y de los mecanismos que permiten la movilización de recursos humanos y materiales necesarios para la protección de personas, y bienes en caso de riesgo colectivo, catástrofe o calamidad pública, así como el esquema de coordinación entre las distintas Administraciones públicas llamadas a intervenir”*.

La experiencia nos indica, desgraciadamente, que ante una situación de emergencia la reacción de la mayoría de personas afectadas tiene como principal norma de conducta la improvisación. Esta improvisación, mediatizada por el nerviosismo y la excitación, lleva a poder cometer serios errores que, a veces, pueden originar más víctimas y más daños que el propio siniestro inicial.

El procedimiento para evitar esas reacciones improvisadas necesita una **planificación preventiva**, que debe tener en cuenta, tanto la autoprotección en los primeros instantes, como la intervención de los servicios y apoyos necesarios dependiendo de la magnitud del siniestro y de sus consecuencias.

Pero ningún Plan es útil si se limita únicamente a simples documentos colocados en una biblioteca. Es necesario la práctica anticipada de todos los participantes a través de ejercicios y simulacros periódicos en condiciones lo más parecidas posibles a la realidad previsible del siniestro.

Los Planes de Emergencia, según su objeto y nivel, pueden ser:

Planes de Autoprotección, los aplicados a edificios o actividades específicas, organizando a los propios ocupantes para reaccionar hasta la llegada de socorros exteriores.

Planes Territoriales (municipales, comarcales, provinciales, regionales, etc.), los redactados para organizar las actuaciones en las zonas que abarcan.

Planes Especiales, los aplicados a situaciones específicas que requieren, por su elevado riesgo o por sus características peculiares una planificación independiente.

4.1.2. Organismos intervinientes.

1.- Protección Civil

Para dar cumplimiento a esta normativa, la Jefatura de División de Protección Civil de la Comunidad de Madrid debe desarrollar una serie de actividades tales como:

1.1 Planes de emergencia.

Informe preceptivo de los Planes de Territoriales de Protección Civil Municipales previo a la homologación de los mismos por la Comisión de Protección Civil de la Comunidad de Madrid.

Mantenimiento de la operatividad de los Planes de Emergencia de Protección Civil para los distintos riesgos y contacto con los organismos, tanto de la propia Comunidad de Madrid como de la Administración del Estado y de las Administraciones Locales, para planificación de emergencias.

Colaboración con los municipios de la Comunidad de Madrid para la elaboración de los Planes de Territoriales de Protección Civil Municipales.

Contacto con los Ayuntamientos para proporcionar información de las previsiones adversas que les afecten y, en su caso, de la activación de los Planes de Emergencia.

Difusión en los medios de comunicación de las recomendaciones ante riesgos que se puedan producir en la Comunidad de Madrid.

Información permanente a municipios y particulares de los distintos Planes de Emergencia vigentes en la Comunidad de Madrid.

Participación en el Comité Asesor, en caso de activación de alguno de los Planes de Emergencia Exterior de las empresas químicas.

Organización del Grupo Logístico, en caso de activación de alguno de los Planes de Emergencia de Protección Civil en el nivel 2.

Asesoramiento al Director de los diferentes Planes de Emergencia de Protección Civil, referente a la necesidad de activación de los Planes y a la determinación del correspondiente nivel de gravedad.

1.2 Agrupaciones Municipales de Voluntarios de Protección Civil.

Actuación como punto de conexión entre las distintas Agrupaciones para su actividad conjunta y prestación de los recursos, tanto humanos como materiales, que pudieran ser necesarios.

Información y supervisión en el proceso de constitución de las Agrupaciones.

Revisión y propuesta de modificación, en su caso, de los Reglamentos Municipales por los que se rigen las Agrupaciones de Voluntarios de Protección Civil.

Mantenimiento y actualización del Registro Especial de Agrupaciones Municipales de Voluntarios de Protección Civil.

Movilización y coordinación de los Voluntarios de Protección Civil de la Comunidad de Madrid en caso de grandes emergencias.

Participación, a través de la Jefatura de División de Protección Civil, en el Comité de Evaluación del procedimiento de concesión de subvenciones a Corporaciones Locales para las Agrupaciones de Voluntarios de Protección Civil en el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid.

Colaboración con el Instituto Superior de Estudios de Seguridad (I.S.E.S.) o equivalente en el programa de formación de los Voluntarios de Protección Civil.

1.3 Participación en Tribunales, cursos y seminarios.

En relación con los procesos selectivos convocados por los municipios de la Comunidad de Madrid para cubrir plazas de Protección Civil, información para la elaboración de las convocatorias y participación, en representación de la Comunidad de Madrid, como vocal, en los tribunales correspondientes.

Participación en las Jornadas de Responsables de Protección Civil de las Comunidades Autónomas.

Participación en los cursos y seminarios sobre Protección Civil que se desarrollen por el Instituto Superior de Estudios de Seguridad.

Impartir formación en la Escuela Nacional de Protección Civil a los Técnicos de Protección Civil sobre competencias y planes en materia de Protección Civil en la Comunidad de Madrid.

1.4 Atención de llamadas.

Atención de llamadas de organismos públicos y privados, tanto a nivel autonómico como a nivel estatal y municipal, así como de los ciudadanos que solicitan información sobre algún área específica de Protección Civil.

1.5. Colaboración con el Centro de Atención de Llamadas de Urgencia Madrid112.

1.6 Realización de distintas actividades como miembro de la Comisión de Protección Civil de la Comunidad de Madrid.

Estudio y aprobación de los Planes de Protección Civil de la Comunidad de Madrid, previos a su homologación por la Comisión Nacional de Protección Civil.

Estudio y homologación de los Planes Territoriales de Protección Civil Municipales.

Información sobre la normativa dictada en el ámbito de la Comunidad de Madrid en materia de Protección Civil.

Preparación de las reuniones de la Comisión de Protección Civil de la Comunidad de Madrid, asistencia y participación como Secretaria en las reuniones de dicha Comisión.

1.7. Realización de distintas actividades como miembro de la Comisión Regional de Accidentes Mayores (CRAM).

Preparación de las reuniones de la Comisión Regional de Accidentes Mayores y asistencia y participación como Secretaria en las reuniones de la Comisión.

Coordinación del Grupo de Trabajo Técnico de la Comisión, formado para el estudio de las empresa que puedan originar un accidente grave, de la realización de los Planes de Emergencia Exterior, de la implantación de los mencionados Planes y de la comunicación de los riesgos a la población.

1.8. Participación en las Comisiones Técnicas de la Comisión Nacional de Protección Civil.

Participación en el grupo de trabajo técnico sobre la formación en materia de Protección Civil.

Participación en el grupo de trabajo técnico sobre la Directriz Básica de Autoprotección.

1.9 Promoción de la autoprotección ciudadana a través de folletos informativos.

1.10. Asamblea de la Comunidad de Madrid.

Participación en la preparación de las respuestas a Comparecencias, Preguntas Orales, Preguntas Escritas y Peticiones de Información que se generan, desde la Asamblea de la Comunidad de Madrid, en el ámbito de la Protección Civil.

1.11 Página WEB.

En la página Web, que la Dirección General de Protección Ciudadana ha puesto a disposición de los ciudadanos a través de Internet, se recogen las diferentes actividades que desarrolla el Servicio de Protección Civil, son a las que se hace referencia en los puntos anteriores (Planes de Emergencia, Voluntarios de Protección Civil, etc.).

2.- Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid

El objetivo general de los servicios de extinción de incendios y salvamentos es la protección de las personas y los bienes comprendidos en sus ámbitos territoriales, disponiendo de los medios adecuados para intervenir en cualquier lugar donde los riesgos existentes pueden originar un accidente.

Los fines fundamentales de los servicios son:

1. Socorrer en toda clase de siniestros
2. Recuperar las víctimas de los siniestros y proceder, en su caso, a su traslado urgente

3. Prestar asistencia técnica, dentro de los límites razonables, a cualquier petición en caso de emergencia
4. Concebir y ejecutar programas de prevención y de sensibilización popular sobre la problemática de la seguridad.

Los principios de actuación son:

- a) Los servicios de extinción de incendios y salvamentos en el ejercicio de sus funciones actuarán conforme a los principios de celeridad, oportunidad y proporcionalidad en el uso de los medios exigidos por las circunstancias de la intervención, con respeto a los ciudadanos y a sus derechos y libertades fundamentales.
- b) Los servicios se prestarán conforme a los principios de cooperación y asistencia activas en el cumplimiento de sus funciones, y facilitarán con la mayor celeridad posible información a otros servicios para el desempeño de aquellas, debiéndose ponderar, en el ejercicio de las propias competencias y en el respeto a las de otras administraciones, la totalidad de los intereses públicos o privados implicados.

Los servicios públicos de extinción de incendios y salvamentos integran un servicio esencial, estando sometidos, en todo lo referente a su actividad, al ordenamiento jurídico.

Los servicios de extinción de incendios y salvamentos en líneas generales, aunque dependerá de su encuadre administrativo dentro del organigrama político en el que se encuentre, asumirá las siguientes competencias:

1. Elaboración de planes de actuación en materia de prevención y extinción de incendios.
2. Realización de actividades inmediatas de extinción de incendios y de actividades preventivas de vigilancia, sin perjuicio de las competencias propias de la Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Regional, establecidas en el artículo 7.2.9, de la Ley 3/1988, E 13 DE Octubre, para la Gestión del medio ambiente de la Comunidad de Madrid.
3. Estudio y propuesta de criterios sobre normativa en prevención de incendios, con ámbito de aplicación en la Comunidad de Madrid.
4. Inspección en materia de prevención de incendios
5. Control de la seguridad en materia de protección contra incendios en los edificios de la Comunidad.
6. Asesoramiento e información en materia de prevención y extinción de incendios a los Ayuntamientos de la Comunidad.

7. Elaboración de planes de seguridad integral de los edificios e instalaciones de la Comunidad
8. Colaboración y cooperación con los distintos Cuerpos de Bomberos existentes en la Comunidad de Madrid.
9. Formación básica permanente de los componentes de los diversos Cuerpos de Bomberos. Bomberos Comunidad de Madrid Gobierno y Administración de la C.M.
10. Elaboración de planes específicos y sectoriales en materia de protección de incendios civil, dentro de las competencias de la Comunidad.
11. Realización de actividades de prevención de riesgos y calamidades en colaboración con los Ayuntamientos.
12. Realización de encuestas, estudios y publicaciones relacionados con la seguridad.

En este apartado es importante recordar la principal **Tipología de vehículos y Parques de Bomberos** de los que actualmente dispone el Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid ya que en ellos se basa uno de los supuestos de aplicación del IRO y la posterior optimización. Para ello nos apoyaremos en los “procedimientos operativos” del Cuerpo de Bomberos cuyo objetivo general es establecer las normas que propicien la adecuada organización y control de las actuaciones del Cuerpo de Bomberos en respuesta a las demandas recibidas. Para conseguir tal fin, se determinan una serie de objetivos específicos, como son la catalogación de parques, la fijación de las dotaciones de personal adecuada para cada tipo de vehículo, la catalogación de los vehículos en grupos de afinidad según la dotación de personal y la necesidad simultánea de vehículos en los diferentes tipos de siniestros. La situación en Campaña Forestal, viene regulada específicamente en un documento propio, no recogiendo en éste. Actualmente el documento vigente de procedimientos operativos data del 7 de Abril de 1995 estando pendiente su revisión al día de hoy.

Los vehículos del Cuerpo de Bomberos, se pueden clasificar en varios grupos operativos, en función de la necesidad de dotación humana, y la no coincidencia en siniestros:

- Grupo 1. Se compone de los vehículos autobombas urbanas y/o rurales. Constituyen el vehículo básico de intervención, que da respuesta al mayor tipo de intervenciones de bomberos. Por ejemplo: Autobomba Urbana, Autobomba Rural
- Grupo 2 Se compone de los vehículos autobombas forestales. Es el vehículo específico para las intervenciones de incendios forestales o agrícolas. Por ejemplo: Autobomba Forestal o Rural (para intervención forestal)

- Grupo 3 Se compone de varios vehículos específicos para según qué tipo de intervención. Por ejemplo: Autoescala (AEA), Vehículo de Salvamentos, Bomba Nodriza, N.B.Q., VIL (Vehículo de Iluminación), FAV (Furgón de Apeos), RBS (Salvamento Acuático), RGE (Generador Eléctrico), FRA (Furgón Recarga de Aire), PMA (Puesto de Mando Avanzado)
- Grupo 4 Vehículos de transporte de material o personal
- Grupo 5 Helicópteros de coordinación, búsqueda, rescate, vigilancia o de extinción forestal.

Para los grupos 4 y 5 no existe una dotación fija, si no que depende de la naturaleza de la actuación. Los restantes grupos si tienen una dotación de personal fija, (salvo las disposiciones especiales) pero para los mismos se distingue entre dotación reducida, y dotación básica:

- Dotación Reducida. Personal asignado a un vehículo, que se considera suficiente para dar una respuesta mínima con el recurso.
- Dotación Básica Personal asignado a un vehículo, que se considera adecuado para dar respuesta a las intervenciones.

En lo que se refiere a la clasificación de los Parques de Bomberos de cara a su tipología actualmente no se realiza clasificación alguna de ellos salvo la propia de sus capacidades como infraestructuras ya existentes. Para el futuro se propone en la presente tesis realizar una distinción entre ellos en función de su coste que lógicamente guardará una relación directa con sus dimensiones y su capacidad de respuesta

Con objeto de fijar el conjunto de efectivos de respuesta y las dotaciones de personal de cada Parque estos se clasifican en cuatro tipos:

- Parques tipo A: 2 x Grupo1 + 2 x Grupo 3
- Parques tipo B: 1 x Grupo1 + 2 x Grupo 3
- Parques tipo C: 1 x Grupo1 + 1 x Grupo 3
- Parques tipo D. 1 x Grupo1

3.- Seguridad.

En la Comunidad de Madrid al no existir Policía autonómica, corresponde territorialmente, en el ámbito de la seguridad ciudadana, al Cuerpo Nacional de Policía ejercer sus funciones en las capitales de provincia y en aquellos núcleos urbanos que el Gobierno determine. La Guardia Civil es responsable en el resto del territorio nacional y en el mar territorial. Por otra parte las Policías Locales pueden colaborar y cooperar con las Fuerzas

y Cuerpos de Seguridad del Estado en la prevención de los delitos, pero las funciones que los definen son fundamentalmente la protección de autoridades locales, la vigilancia o custodia de edificios o instalaciones municipales, la ordenación, señalización y dirección del tráfico en el núcleo urbano y la realización de atestados por accidentes de circulación sucedidos en el núcleo urbano.

4.- Sanitarios

En la Comunidad de Madrid es el Servicio de Urgencias Médicas de Madrid (SUMMA 112) la entidad que por Ley tiene todas las competencias sanitarias en todo el territorio de la Comunidad de Madrid, tanto en urgencias, emergencias y catástrofes. También dispone de convenios de colaboración con otras instituciones SAMUR, Cruz Roja, Protección Civil, y ayuntamientos en materia de prestación de ambulancias para traslado de pacientes.

5.- Madrid112

Centro de Atención de Llamadas de Urgencia Madrid 112. Su labor fundamental consiste en **Atender y Despachar** con la debida prontitud y eficacia cualquier llamada de urgencia remitida al número telefónico 1-1-2 y realiza en el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid, para que posteriormente cada Organismo responsable (*Bomberos, Seguridad, Sanitarios*) de la emergencia realice el *Mando y Control* correspondiente.

De esta forma se hace posible el acceso a la Atención de Llamadas de Urgencias 1-1-2, a través del número telefónico 1-1-2, de forma gratuita y permanente las 24 horas del día, todos los meses del año tal como marca la normativa de la Unión Europea.

4.- Entidades colaboradoras:

Finalmente, distintas entidades son consideradas como colaboradoras, a todos los efectos, en materia de protección civil. La Ley cita a la Cruz Roja, como ejemplo concreto de aquellas entre las que deben incluirse también empresas de ambulancias, de maquinaria, farmacias, etc. y todas aquellas cuya participación pueda ser necesaria en situaciones de emergencia.

4.2 Obtención, depuración y análisis de los datos de partida

Las bases de datos utilizadas son:

1. Bases de datos de intervenciones / servicios del Cuerpo de Bomberos de la CM
2. Mapa de usos de suelo (SIOSE)
3. Mapas de orígenes de los Parques de Bomberos autonómicos y municipales de la Comunidad de Madrid.
4. Calendarios laborales oficiales de todos los años de estudio.
5. Cartografías oficiales de la Comunidad de Madrid de términos municipales, planimetrías, ortofotografías, red viaria.

4.2.1 Tratamiento de las bases de datos del Cuerpo de Bomberos de la CM

1.- Se ha partido de estadísticas de servicios e intervenciones del Cuerpo de Bomberos de la CM de los años 2011, 2012, 2013 y 2014, proporcionada por la Dirección General de Protección Ciudadana y de todos sus datos asociados tales como:

- número y tipología de vehículos activados,
- hora de activación de cada vehículo,
- hora de salida de cada vehículo,
- hora de llegada al siniestro de cada vehículo
- hora de regreso desde el siniestro de cada vehículo,
- hora de llegada real de cada vehículo a los parques,
- hora, mes, día, año,
- localización, coordenadas,
- duración de los siniestros,
- costes/ hora, etc.

Las tablas se han clasificado en dos fuentes fundamentales. La primera tipología de tablas ha sido la que hace referencia a los servicios cuyo ejemplo se muestra a continuación

Nº Servicio	Fecha Servicio	Nº Interven.C.B.C.M.	Coordenada X	Coordenada Y	Tipificación	Municipio	Dirección
S20141219-0001	19/12/2014 11:52	0	426793,5	4462904	INCENDIO-COLUMNA DE HUMO-HUMO, COLUMN	MOSTOLES	CALLE ANDRÓMEDA NUM 68
S20141209-0001	09/12/2014 12:46	1	426848,3125	4462923	INCENDIO-COLUMNA DE HUMO-HUMO, COLUMN	MOSTOLES	CALLE ANDRÓMEDA NUM 64
S20141127-0015	27/11/2014 11:39	0	437879	4462117	CECOP-OTROS	GETAFE	CALLE INNOVACION
S20141127-0012	27/11/2014 11:02	0	441440	4470933	CECOP-PRUEBA	MADRID	CALLE JUAN DE VERA NUM 181 A
S20141127-0011	27/11/2014 11:02	0	441303,5	4471665	CECOP-PRUEBA	MADRID	PASEO DE LOS MELANCÓLICOS NUM 20
S20141127-0010	27/11/2014 11:02	0	441334	4471551	CECOP-PRUEBA	MADRID	CALLE BOLÍVAR NUM 7
S20141127-0009	27/11/2014 11:02	0	441248	4471434	CECOP-PRUEBA	MADRID	CALLE BOLÍVAR NUM 181
S20141127-0008	27/11/2014 11:01	0	440889	4471838	CECOP-PRUEBA	MADRID	PASEO DEL MOLINO NUM 8 C
S20141127-0006	27/11/2014 11:01	0	440492,6875	4473222	CECOP-PRUEBA	MADRID	CALLE DE LA PRINCESA NUM 1
S20141127-0004	27/11/2014 8:52	0	428874	4449660	CECOP-RESUELTO POR CECOP-INCENDIO.-QUE	CUBAS DE LA SAGRA	CALLE TORRECILLA NUM 7
S20141127-0002	27/11/2014 5:32	1	446899	4489886	ASISTENCIA TÉCNICA-EN INTERIOR, EDIFICACI	SAN SEBASTIAN DE LO	AVENIDA DE GALICIA NUM 29 BAJO C
S20141127-0001	27/11/2014 5:13	1	438683,8125	4462654	INCENDIO-INTERIOR-VIVIENDA-CONATO	GETAFE	CALLE VALENCIA NUM 3 1º D D
S20141126-0051	26/11/2014 22:48	1	460012,0938	4478314	INCENDIO-EXTERIOR-ELEMENTOS VÍA PÚBLICA.	TORREJON DE ARDOZ	CARRETERA LOECHES NUM 40
S20141126-0050	26/11/2014 22:20	3	454084,8125	4475681	INCENDIO-INTERIOR-VIVIENDA-CONATO	COSLADA	CALLE MÉJICO NUM 25 7º B

Fig.- 12 Tabla ejemplo de servicios

En ella se reflejan los servicios entendiendo como tales aquellos siniestros que han motivado la activación de algún vehículo. En ella se detallan campos como: identificador del servicio, fecha y hora de recepción del aviso, número de vehículos que han intervenido, coordenadas x e y del servicio, tipificación acorde con las tipologías de siniestros existente, municipio al que pertenece y literal de la calle y número.

La segunda tipología de tablas ha sido la que hace referencia a los intervinientes o vehículos que han participado en todos y cada unos de los servicios anteriormente mencionados. Para su mejor visualización se muestra en las tres figuras siguientes un ejemplo de las mismas.

Columna	Colum	Valor	Valor Indicador 3	Valo	Tipo	Parqu	Recurso	Municipio	Dirección Completa
(Recuento=1), (0,00%), (Duracion: 15,233 min) - S20140101-0001									
2014	1	1	01/01/2014	3	BRP	P26	26.11	TORREJON DE ARDOZ	CALLE SILICIO NUM 21 POR LA PARTE DE ATRAS EN EL PARQUE .
(Recuento=5), (0,02%), (Duracion: 83,583 min) - S20140101-0002									
2014	1	1	01/01/2014	3	BRP	P22	22.11	ALCALA DE HENARES	AVENIDA JUAN CARLOS I NUM 12 BAJO . ALCALA DE HENARES
2014	1	1	01/01/2014	3	AEA	P22	22.30	ALCALA DE HENARES	AVENIDA JUAN CARLOS I NUM 12 BAJO . ALCALA DE HENARES
2014	1	1	01/01/2014	3	UMJ	PJ3.1	J3.1	ALCALA DE HENARES	AVENIDA JUAN CARLOS I NUM 12 BAJO . ALCALA DE HENARES
2014	1	1	01/01/2014	3	BRP	P22	22.12	ALCALA DE HENARES	AVENIDA JUAN CARLOS I NUM 12 BAJO . ALCALA DE HENARES
2014	1	1	01/01/2014	3	UMJ	PJ2.1	J2.1	ALCALA DE HENARES	AVENIDA JUAN CARLOS I NUM 12 BAJO . ALCALA DE HENARES
(Recuento=1), (0,00%), (Duracion: 12,517 min) - S20140101-0003									
2014	1	1	01/01/2014	3	BRP	P22	22.12	ALCALA DE HENARES	CALLE GALLEGOS NUM 9 ; ALCALA DE HENARES

Fig- 13 Tabla ejemplo de intervenciones 1 de 3

Colu	Duración	Coste/Hora	Coste/Hora	Coste/Hora	Coste/Hora	Coste	Servicio
	15,233	9,95	156,93	1,25	168,13	42,69	S20140101-0001
	23,9	23,78	156,93	1,25	181,96	72,48	S20140101-0002
	22,183	0	0	0	0	0	S20140101-0002
	19,233	3,1	40,53	0,2	43,83	14,05	S20140101-0002
	9,567	17,93	156,93	1,25	176,11	28,08	S20140101-0002
	8,7	1,73	45,4	0,1	47,23	6,85	S20140101-0002
	12,517	17,93	156,93	1,25	176,11	36,74	S20140101-0003

Fig.- 14 Tabla ejemplo de intervenciones 2 de 3

Dirección Completa	CA	C2	C3	C5	C6	C4
CALLE SILICIO NUM 21 POR LA PARTE DE ATRAS EN EL PARQUE .	0:16:13	0:18:12		0:20:13	0:31:27	
AVENIDA JUAN CARLOS I NUM 12 BAJO . ALCALA DE HENARES	0:24:25	0:25:07	0:26:57	0:44:46	0:48:19	
AVENIDA JUAN CARLOS I NUM 12 BAJO . ALCALA DE HENARES	0:24:21	0:25:09	0:33:33	0:46:31	0:46:32	
AVENIDA JUAN CARLOS I NUM 12 BAJO . ALCALA DE HENARES	0:23:43	0:26:09		0:30:44	0:42:57	
AVENIDA JUAN CARLOS I NUM 12 BAJO . ALCALA DE HENARES	0:24:23	0:25:08	0:33:26	0:33:30		
AVENIDA JUAN CARLOS I NUM 12 BAJO . ALCALA DE HENARES	0:25:50	0:30:49		0:30:53	0:34:32	
CALLE GALLEGOS NUM 9 ; ALCALA DE HENARES	0:33:57	0:33:58	0:38:58	0:38:59	0:46:28	

Fig.- 15 Tabla ejemplo de intervenciones 3 de 3

En ellas se pueden apreciar, a partir de un campo que enlaza con las tablas anteriores de servicios como es el código del servicio “*servicio*”, los siguientes campos: fecha, hora de recepción del aviso por parte del alertante (M112, ciudadano, parques, etc.), tipología del vehículo activado “*Tipo*”, denominación del parque de origen “*Parque*”, municipio del servicio “*municipio*”, dirección literal del servicio “*Dirección completa*”, hora de la clave de activación del vehículo “*CA*”, hora de salida del vehículo del parque “*C2*”, hora de llegada del vehículo al siniestro “*C3*”, hora de control del siniestro “*C4*”, hora de regreso del vehículo desde el siniestro “*C5*”, hora de disponibilidad del vehículo para otra intervención en su llegada al parque de origen “*C6*”, duración del servicio “*DS*”, duración de la participación del interviniente “*DI*”, coste/hora de cada interviniente “*coste/hora*”, coste total del interviniente “*coste*”,

Con ellos se han generado distintos temas en Arc Info 9.3 como temas de puntos georreferenciados en las coordenadas de los servicios e intervenciones. Aquí destacar las conversiones que ha habido que efectuar con muchos de ellos al tener que transformar los datos al datum European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS 89) debido al *Real Decreto del 29 de agosto de 2007* que regula su adopción como sistema geodésico de referencia oficial en España sustituyendo al tradicional ED50

Llegados a este punto es de destacar que es la primera vez en la que se ha podido georreferenciar los servicios del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid en su totalidad con una precisión superior a la de años anteriores gracias a las nuevas herramientas de geolocalización. El motivo de hacerlo ha sido poder realizar un análisis espacial de los datos en series temporales, aspecto fundamental para lograr los objetivos de esta tesis y que ha sacado a la luz información sumamente valiosa.

2.- Del mismo modo se ha realizado una malla (también sobre Arc Info 9.3) de 2 x 2 km sobre todo el territorio de la Comunidad de Madrid (2.083 cuadrículas) eliminando los términos municipales de Alcorcón, Móstoles, Fuenlabrada, Leganés y Madrid cuyas intervenciones son competencia municipal y no del Cuerpo de Bomberos de la CM. Se han dado por válidas todas aquellas cuadrículas que incluyeran alguna superficie del Marco Competencial del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid aunque no lo fuera en su totalidad. En las siguientes figuras se puede ver este mapa y un detalle del mismo.

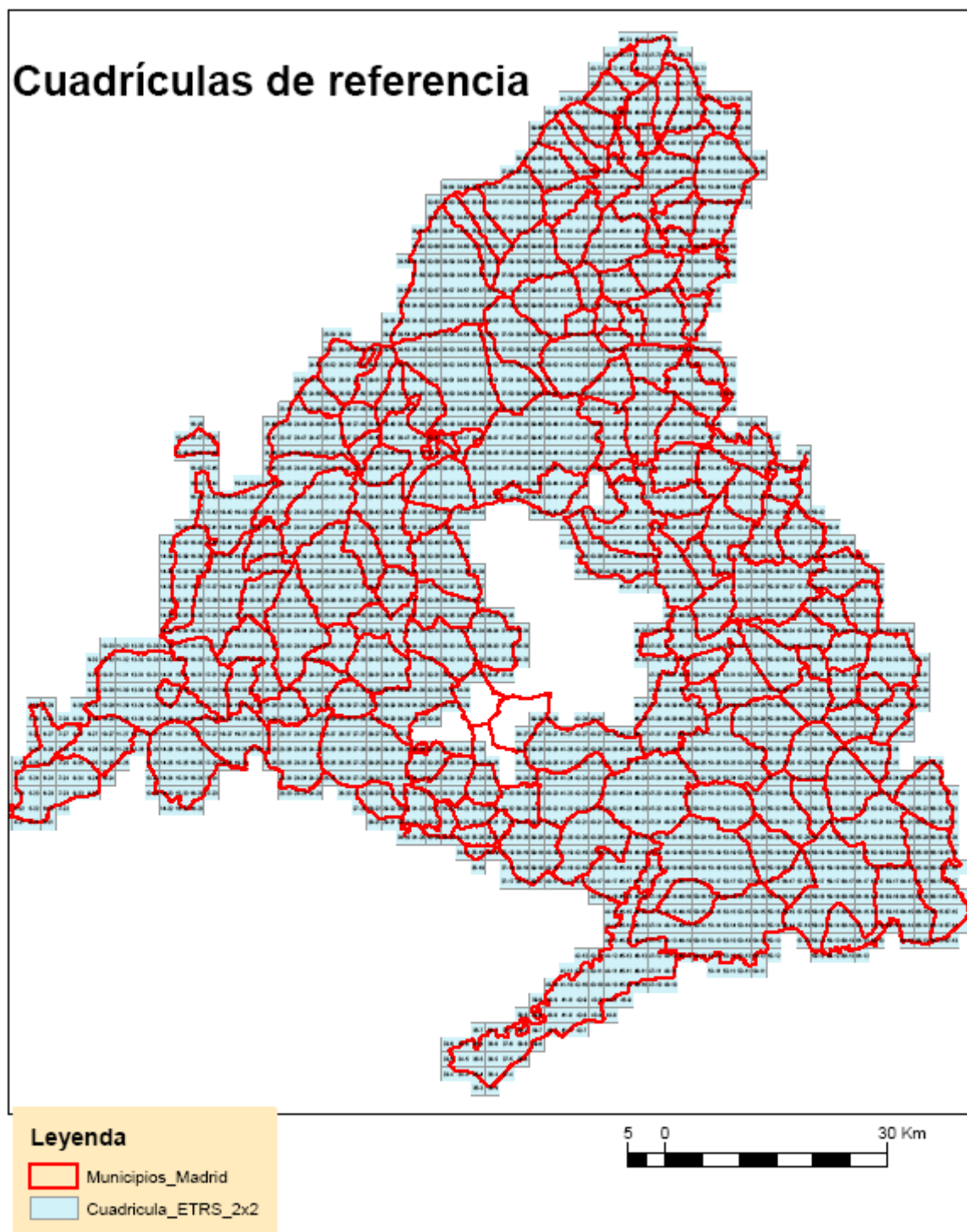


Fig.-16 Representación de cuadrícula de estudio etiquetada sobre límites de términos municipales de la Comunidad de Madrid.

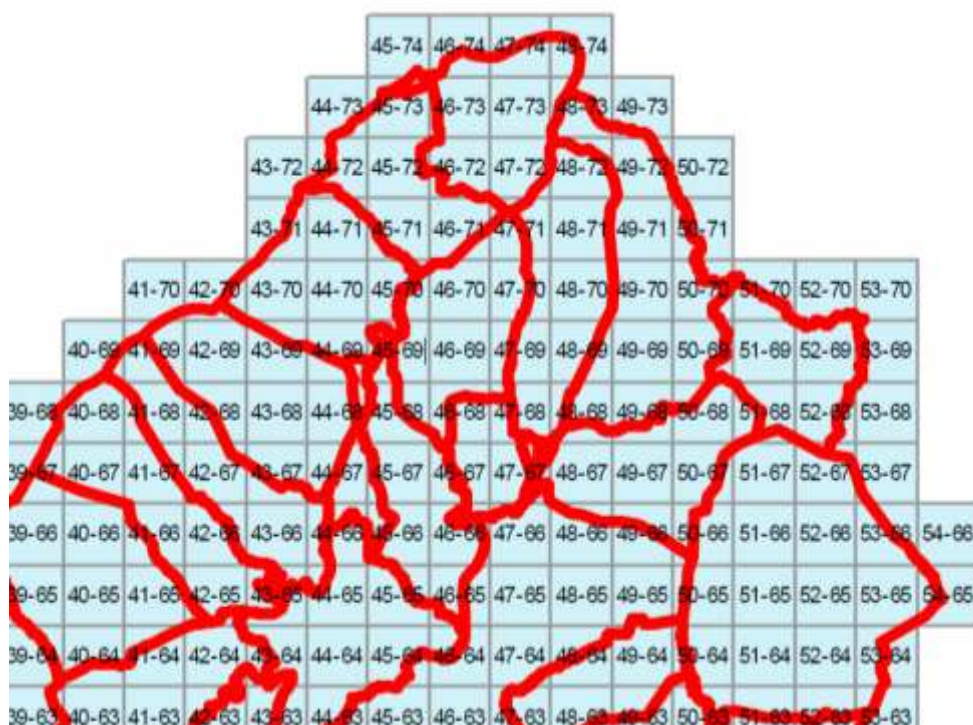


Fig.- 17 Detalle de la figura anterior. Representación de cuadrícula de estudio etiquetada y ampliada en la zona norte sobre límites de términos municipales de la Comunidad de Madrid.

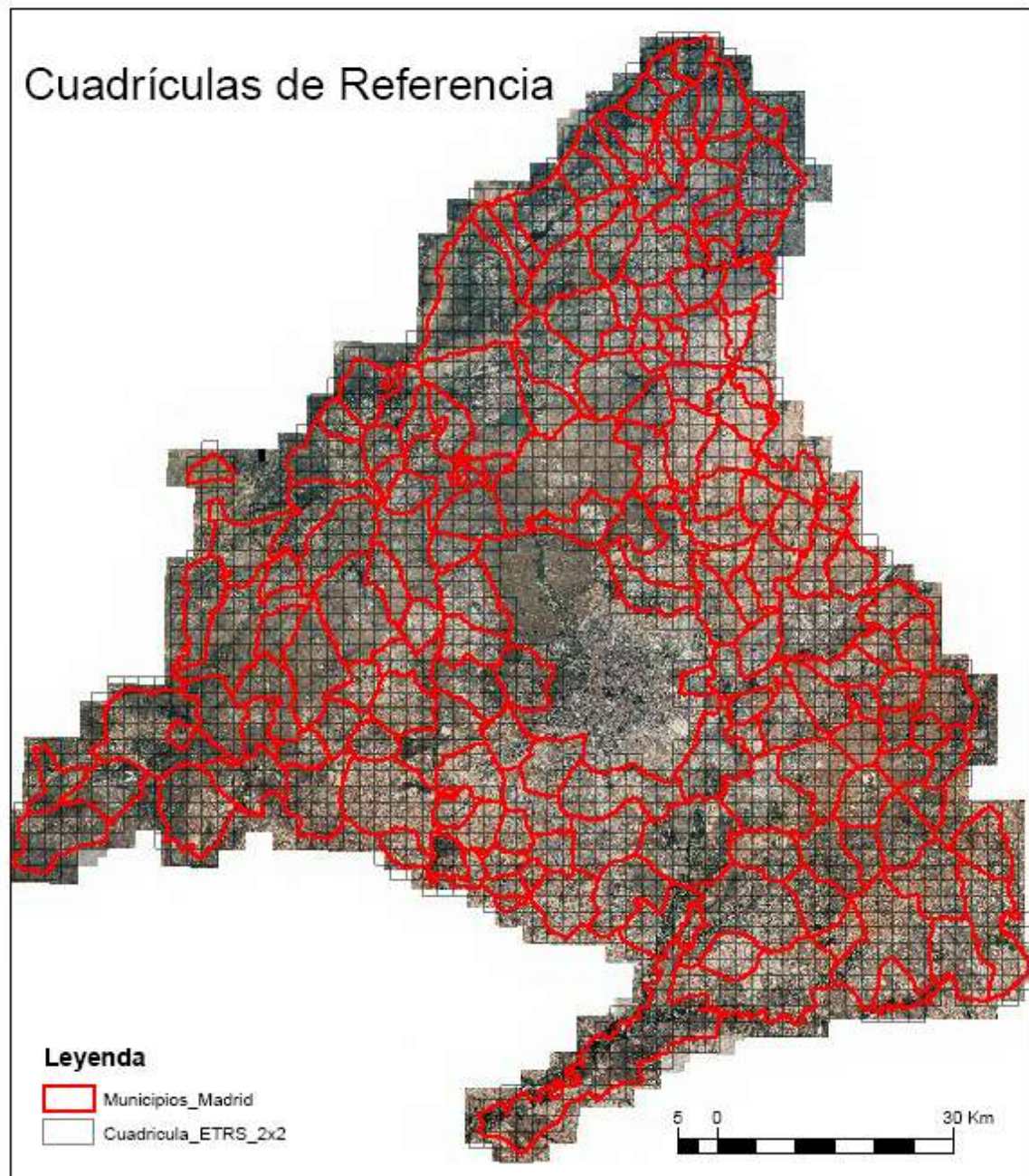


Fig.- 18 Representación de cuadrícula de estudio sin etiquetar sobre ortofotografía de la Comunidad de Madrid.

3.- En la depuración de datos se han eliminado de los datos de partida aquellos que venían georreferenciados en el centro de gravedad de los términos municipales o en el centro de los núcleos urbanos. Estos se han detectado en muchas ocasiones casi manualmente y se han descartado de forma individual. Del mismo modo se han localizado y eliminado aquellos siniestros que no han motivado la activación de vehículos y aquellos que no tenían asociada una tipología concreta.

Respecto a los siniestros que estaban georreferenciados en unas coordenadas concretas, se ha mejorado la exactitud gracias al desarrollo de nuevas herramientas informáticas que permiten modificar las coordenadas provenientes de Madrid112 y que en ocasiones reflejan sólo la primera referencia del siniestro y que no siempre coincide con la definitiva.

4.- También se ha realizado un tratamiento del mapa de usos de suelos. A partir del mapa de Usos de Suelos disponible en la Comunidad de Madrid SIOSE, se ha realizado una reclasificación del mismo, en Arc Info 9.3 de cara a obtener una clasificación con una mayor relación con las tipologías de siniestros existentes. De esta forma se han obtenido las siguientes 85 clases que se detallan en el Anexo 1-Valores numéricos de los problemas basados en la provincia de Madrid – Tablas

4.2 Cálculo de la probabilidad de ocurrencia de cada tipo de siniestro

El **primer objetivo** es calcular una probabilidad umbral de ocurrencia de siniestros según la tipología en cada cuadrícula. Inicialmente según la casuística de años anteriores, luego con las restricciones de los usos del suelo, posteriormente en función del momento del día (mañana, tarde o noche), después de la época del año (primavera, verano, otoño o invierno) y finalmente según el carácter laborable del día (día laborable, festivo o víspera de festivo). También como se verá posteriormente se ha analizado en función de la casuística real geográfica por cuadrículas y en también según la potencialidad derivada de su uso del suelo.

1ª Aproximación (casuística y usos de suelo) “Tablas Servicios-Suelos”

Se ha realizado la intersección de la cuadrícula de 2 x 2 km, con el mapa de usos de suelo y con todos y cada uno de los servicios ya georreferenciados.

En esta primera aproximación se pretende conocer en cada cuadrícula, de las 2083 de la CM, qué tipología de siniestros es la más probable en función de la casuística de años anteriores. También se consideran aquellas tipologías de siniestros que, a pesar de no haber ocurrido nunca, sí tienen probabilidad de ocurrencia, según el tipo de uso de suelo, y aquellas que, también por su uso de suelo, es imposible que sucedan

Para poder obtener esos resultados se han programado en Visual Studio 2010 en conexión con Arc Info 9.3 las herramientas que han permitido obtener 2083 tablas por cada uno de los 4 años, 8332 tablas, que muestran para cada cuadrícula los siniestros de cada tipología que se han producido según el tipo de uso de suelo. Ej. : “3-21_2011_ETRS89.xls” refleja en la cuadrícula 3-21 la frecuencia absoluta de siniestros en función del uso del suelo y de la tipología del siniestro en 2011.

Luego se ha realizado la frecuencia acumulada de dichas tablas por años. Es decir todos los siniestros en cada cuadrícula en todos los años. Un total de 2083 tablas. Ej. : “3-21_2011-2014_Merge.xls” refleja en la cuadrícula 3-21 la frecuencia absoluta de siniestros en función del uso del suelo y de la tipología del siniestro en todos los años.

Posteriormente se ha calculado la frecuencia acumulada de todas las cuadrículas por cada año, cuatro tablas, que refleja para toda la Comunidad de Madrid, en cada año, los servicios que hay en función de tipologías y usos. Ej.: “Acumulado 2014.xls” refleja la unión de las 2083 tablas de cada cuadrícula de 2014. Muestra la frecuencia absoluta de siniestros en función del uso del suelo y de la tipología del siniestro en todo 2014 independientemente de la cuadrícula donde ocurrió.

Finalmente se ha calculado otra frecuencia acumulada de todos los años y de todas las cuadrículas. Esta tabla indica cuántos servicios de todas las combinaciones posibles de tipologías y usos de suelo han ocurrido independientemente de la zona del territorio. “Acumulado total.xls”

2ª Aproximación (hora del servicio) “Tablas Servicios-Horas”

Se han efectuado cálculos progresivos similares a los de la primera aproximación. En este caso se han considerado tres intervalos de tiempo: mañana (8:00 a 15:00 h), tarde (de 15:00 a 22:00 h) y noche (de 22:00 a 8:00 h.)

Para su cálculo se ha procedido de forma análoga al apartado anterior. Primero se han obtenido 2083 tablas para cada uno de los 4 años a razón de una por cada cuadrícula. Posteriormente se han agrupado todas las de cada año en cuatro tablas y finalmente se han agrupado en una sola que refleja la frecuencia acumulada de todos los años y de todas las cuadrículas.

3ª Aproximación (época: primavera, verano, otoño e invierno)

Proceso similar de cálculo inicialmente por cuadrículas, luego por años y finalmente acumulado de todos los años.

4ª Aproximación (laborabilidad: laborable, festivo y víspera de festivo)

Aquí se ha partido de los calendarios oficiales de la Comunidad de Madrid de días laborables. Se han incorporado a la programación de forma individual para obtener mayor exactitud y se ha procedido de forma análoga a los tres puntos anteriores.

5.- Cálculo del porcentaje de uso de suelo en cada cuadrícula.

Se realizó la intersección de la superficie de cada cuadrícula con los recintos de uso de suelo y se calculó su porcentaje respecto el total.

6.- Bases de datos del número de siniestros Para generar esta base de datos se han calculado previamente los siguientes mapas de usos de suelos y se ha realizado una reclasificación las tipologías de los siniestros:

- **mapa del valor porcentual de cada uso de suelo.** Al rasterizar el mapa de usos de suelo en píxeles de 2x2 km, se realiza la siguiente reasignación de usos en aquellos píxeles que presentan varios usos de suelo. Se calcula el porcentaje de la superficie de cada uso en la cuadrícula, por tanto cada cuadrícula refleja varios valores que son los porcentajes de cada uso.
- **mapa de valor máximo de uso de suelo, este mapa sólo tiene asignada cada cuadrícula el uso de suelo que tiene el máximo valor** del mapa anterior.

Tratamiento de las tipologías de los siniestros

Se redujo el número de tipologías de siniestros a una reclasificación de las 210 clases iniciales de tipologías para que se reflejara con mayor claridad aquellos siniestros más representativos a la hora de la toma real de decisiones según los procedimientos operativos de activación de medios y niveles de alarma del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid. Dicha clasificación de 93 tipologías de siniestros se detalla en el Anexo 1-Valores numéricos de los problemas basados en la provincia de Madrid - Tablas

Con la reclasificación de tipologías y los mapas de los usos de suelo se generó una base de datos de 36 ficheros, una para cada combinación de estación, horario y tipo de día (*Estaciones* (primavera, verano, otoño e invierno), *Horario* (mañana, tarde y noche) y *Festividad* (laborable, festivo, víspera de festivo)), que contienen el número total de siniestros para cada uso de suelo y tipo de siniestro. En la figura XXX se puede ver un ejemplo de esta base de datos, y en la Fig. YY un ejemplo de

Ejemplo: *festivo_dia_Invierno.xls*

	EDF	ZAU	LAA	VAP	OCT	SNE	ZEV
4							
4.3							
4.3.3							
4.3.4							
4.3.2							
4.3.1							
4.1							
4.1.2	9	6	2	36	2	16	1
4.1.4							
4.1.1	1	5		15	1	6	1
4.1.3	17	27	1	79	6	52	4
4.2							
4.2.2	1	1		4		3	
4.2.4							
4.2.1	1			1			
4.2.3				1			
5							
5.1							
5.1.6	3	2		3		1	
5.1.5	5	3	1	4	2	3	1
5.1.1	13	9	2	14	2	5	

Fig.- 19 Ejemplo de fichero Festivo/Día/Invierno

Las 36 combinaciones de *Estaciones*, *Horario*, *Festividad* han sido las siguientes:

PML	Primavera + Mañana + Laborable
PMF	Primavera + Mañana + Festivo
PMV	Primavera + Mañana + Vispera de festivo
PTL	Primavera + Tarde + Laborable
PTF	Primavera + Tarde + Festivo
PTV	Primavera + Tarde + Vispera de festivo
PNL	Primavera + Noche + Laborable
PNF	Primavera + Noche + Festivo
PNV	Primavera + Noche + Vispera de festivo
VML	Verano + Mañana + Laborable
VMF	Verano + Mañana + Festivo
VMV	Verano + Mañana + Vispera de festivo
VTL	Verano + Tarde + Laborable
VTF	Verano + Tarde + Festivo
VTV	Verano + Tarde + Vispera de festivo
VNL	Verano + Noche + Laborable
VNF	Verano + Noche + Festivo
VNV	Verano + Noche + Vispera de festivo
OML	Otoño + Mañana + Laborable
OMF	Otoño + Mañana + Festivo
OMV	Otoño + Mañana + Vispera de festivo
OTL	Otoño + Tarde + Laborable
OTF	Otoño + Tarde + Festivo
OTV	Otoño + Tarde + Vispera de festivo
ONL	Otoño + Noche + Laborable
ONF	Otoño + Noche + Festivo
ONV	Otoño + Noche + Vispera de festivo
IML	Invierno + Mañana + Laborable
IMF	Invierno + Mañana + Festivo
IMV	Invierno + Mañana + Vispera de festivo
ITL	Invierno + Tarde + Laborable
ITF	Invierno + Tarde + Festivo
ITV	Invierno + Tarde + Vispera de festivo
INL	Invierno + Noche + Laborable
INF	Invierno + Noche + Festivo
INV	Invierno + Noche + Vispera de festivo

Como muestra de las combinaciones entre *Usos del suelo* y *Tipologías de siniestros*:

1.1.4.6 + EDF	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Edificación
1.1.4.6 + ZAU Urbano	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Zona Verde Artificial y Arbolado Urbano
1.1.4.6 + LAA	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Lámina de Agua Artificial
1.1.4.6 + VAP Peatonal sin Vegetación	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Vial, Aparcamiento o Zona Peatonal sin Vegetación
1.1.4.6 + OCT	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Otras Construcciones
1.1.4.6 + SNE	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Suelo No Edificado
1.1.4.6 + ZEV	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Zonas de Extracción o Vertido
1.1.4.6 + CHA	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Arroz
1.1.4.6 + CHL Arroz	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Cultivos Herbáceos distintos de Arroz
1.1.4.6 + LFC	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Frutales Cítricos
1.1.4.6 + LFN	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Frutales No Cítricos
1.1.4.6 + LVI	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Viñedo
1.1.4.6 + LOL	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Olivar
1.1.4.6 + LOC	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Otros Leñosos
1.1.4.6 + PRD	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Prados
1.1.4.6 + PST	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Pastizal
1.1.4.6 + FDC	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Frondosas Caducifolias
1.1.4.6 + FDP	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Frondosas Perennifolias
1.1.4.6 + CNF	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Coníferas
1.1.4.6 + MTR	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Matorral
1.1.4.6 + PDA	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Playas, dunas y arenales
1.1.4.6 + SDN	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Suelo Desnudo
1.1.4.6 + ZQM	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS + Zonas Quemadas
...	

Fig.- 20 Muestra de las 7.905 combinaciones realizadas entre tipologías de siniestros (93) y usos de suelo (85).

7. Mapa de tiempos de llegada:

Se ha calculado, inicialmente, el estado actual de los tiempos de llegada desde la ubicación exacta de los 19 Parques de Bomberos, que actuarán previsiblemente en 2016 en la Comunidad de Madrid, a la malla de 2.083 cuadrículas ordenando en cada una de ellas los 19 tiempos de llegada correspondientes. Una vez determinados estos tiempos, se ha clasificado el territorio en función de estas demarcaciones de actuación tanto para la primera intervención, segunda como tercera.

Posteriormente se han efectuado cálculos mucho más detallados para esta tesis para obtener los tiempos de llegada desde todos y cada uno de los 179 municipios a todas y cada una de las 2.083 cuadrículas. Aprovechando el procesamiento de datos que se estaba realizando, se han incorporado al estudio no sólo los 19 Parques de Bomberos ya existentes en la Comunidad de Madrid, con sus coordenadas reales, sino también los 4 parques municipales de Alcorcón, Móstoles, Fuenlabrada y Leganés, así como los propios del municipio de Madrid. Estos cálculos son fundamentales de cara a la optimización que se desarrolla y para poder realizar futuros desarrollos en un corto plazo como ante una posible unificación en el futuro de todos o parte de los servicios municipales existentes.

Parte de los resultados de dichos cálculos se refleja en la siguiente figura donde cada cuadrícula tiene asociados los tiempos de llegada desde todos municipios con las particularidades anteriormente mencionadas:

	11	12	13	21	22	23	26	31	32	33	34	35	36	37	41	42	43	46	47	Acebeda, La	Ajalvir	Alameda del Valle	Alamo, El
35_3	74	82	106	71	81	70	71	48	58	32	67	90	56	44	66	76	85	90	63	125	78	114	48
36_3	71	79	103	68	77	66	67	46	55	28	64	87	53	40	63	73	82	87	60	123	74	111	45
33_4	68	75	99	65	74	63	64	42	51	25	60	83	49	37	59	69	78	83	56	119	71	107	41
34_4	69	77	100	66	76	65	66	43	53	27	62	85	51	39	61	71	80	85	58	120	73	109	43
35_4	69	76	100	66	75	64	66	43	52	27	61	84	51	38	61	71	79	84	58	120	72	108	42
36_4	71	81	102	67	76	65	66	48	58	27	67	90	54	39	66	76	85	90	63	122	73	114	48
37_4	72	82	103	68	77	66	67	49	60	28	69	92	55	40	68	78	87	92	65	123	73	116	50
33_5	64	72	95	61	71	62	63	38	48	25	57	80	46	36	56	66	75	80	53	115	69	104	38
34_5	71	78	102	68	77	68	69	45	54	31	63	86	53	42	63	73	81	86	60	122	75	110	44
35_5	66	76	97	63	71	60	61	43	53	22	62	85	49	34	61	71	80	85	58	117	68	109	43
36_5	68	78	99	64	72	62	63	45	56	24	65	87	51	35	64	74	82	88	61	119	69	112	46
37_5	64	74	95	60	68	58	59	41	53	20	67	89	47	31	62	72	80	86	59	115	65	109	48
38_5	67	77	98	63	71	61	62	44	57	23	70	93	50	34	65	75	83	89	62	118	68	112	51
33_6	63	71	95	60	69	59	60	38	47	26	56	79	45	32	55	65	74	79	52	115	66	103	37
34_6	68	75	99	65	74	66	66	42	51	28	60	83	50	39	60	70	78	84	57	119	72	107	42
35_6	65	75	97	62	70	59	61	43	54	22	63	85	48	33	62	72	80	86	59	117	67	109	44
36_6	63	73	94	59	68	57	58	40	53	19	63	86	46	31	61	71	80	85	58	114	65	109	44
37_6	61	71	93	58	66	55	57	39	51	18	64	87	44	29	60	70	78	83	57	113	63	107	46
38_6	60	70	91	57	65	54	55	38	50	16	63	86	43	28	58	68	77	82	55	111	62	106	44
39_6	59	69	90	55	64	53	54	36	49	15	62	85	42	27	57	67	76	81	54	110	61	105	43

Fig.- 21 Ejemplo tabla tiempos de llegada frente a cuadrículas y orígenes.

También se han ordenado dichos datos de tiempos de llegada de menor a mayor de cara a una comprobación directa de los resultados de las asignaciones a posibles siniestros en cada cuadrícula, como se puede ver en la figura 22:

1º COMUNIDA D		2º COMUNIDAD		3º COMUNIDAD		4º COMUNIDAD		5º COMUNIDAD		6º COMUNIDAD		
35_3	33	32	37	44	31	48	36	56	32	58	47	63
36_3	33	28	37	40	31	46	36	53	32	55	47	60
33_4	33	25	37	37	31	42	36	49	32	51	47	56
34_4	33	27	37	39	31	43	36	51	32	53	47	58
35_4	33	27	37	38	31	43	36	51	32	52	47	58
36_4	33	27	37	39	31	48	36	54	32	58	47	63
37_4	33	28	37	40	31	49	36	55	32	60	47	65
33_5	33	25	37	36	31	38	36	46	32	48	47	53
34_5	33	31	37	42	31	45	36	53	32	54	47	60
35_5	33	22	37	34	31	43	36	49	32	53	47	58
36_5	33	24	37	35	31	45	36	51	32	56	47	61
37_5	33	20	37	31	31	41	36	47	32	53	23	58
38_5	33	23	37	34	31	44	36	50	32	57	23	61
33_6	33	26	37	32	31	38	36	45	32	47	47	52
34_6	33	28	37	39	31	42	36	50	32	51	47	57
35_6	33	22	37	33	31	43	36	48	32	54	47	59
36_6	33	19	37	31	31	40	36	46	32	53	23	57
37_6	33	18	37	29	31	39	36	44	32	51	23	55
38_6	33	16	37	28	31	38	36	43	32	50	23	54
39_6	33	15	37	27	31	36	36	42	32	49	23	53
35_7	33	20	37	26	31	35	36	42	32	44	47	49

Fig.- 22 Ejemplo de tabla de tiempos de llegada a la malla de estudio (2083 cuadrículas) desde los 174 orígenes

Estos ficheros se han clasificado con el nombre *“Tiempos definitivo con formato.xlsx”*.

Del mismo modo se ha realizado una valoración de las zonas cubiertas en primera alarma por cada uno de los Parques en función del mejor tiempo de respuesta asociado a cada una de las 2083 cuadrículas con el siguiente resultado.

A continuación se muestran gráficamente los resultados asignando a cada una de las 2083 cuadrículas el parque con un tiempo de llegada menor, mapa de zonas de primera intervención de los Parques de Bomberos C.M.

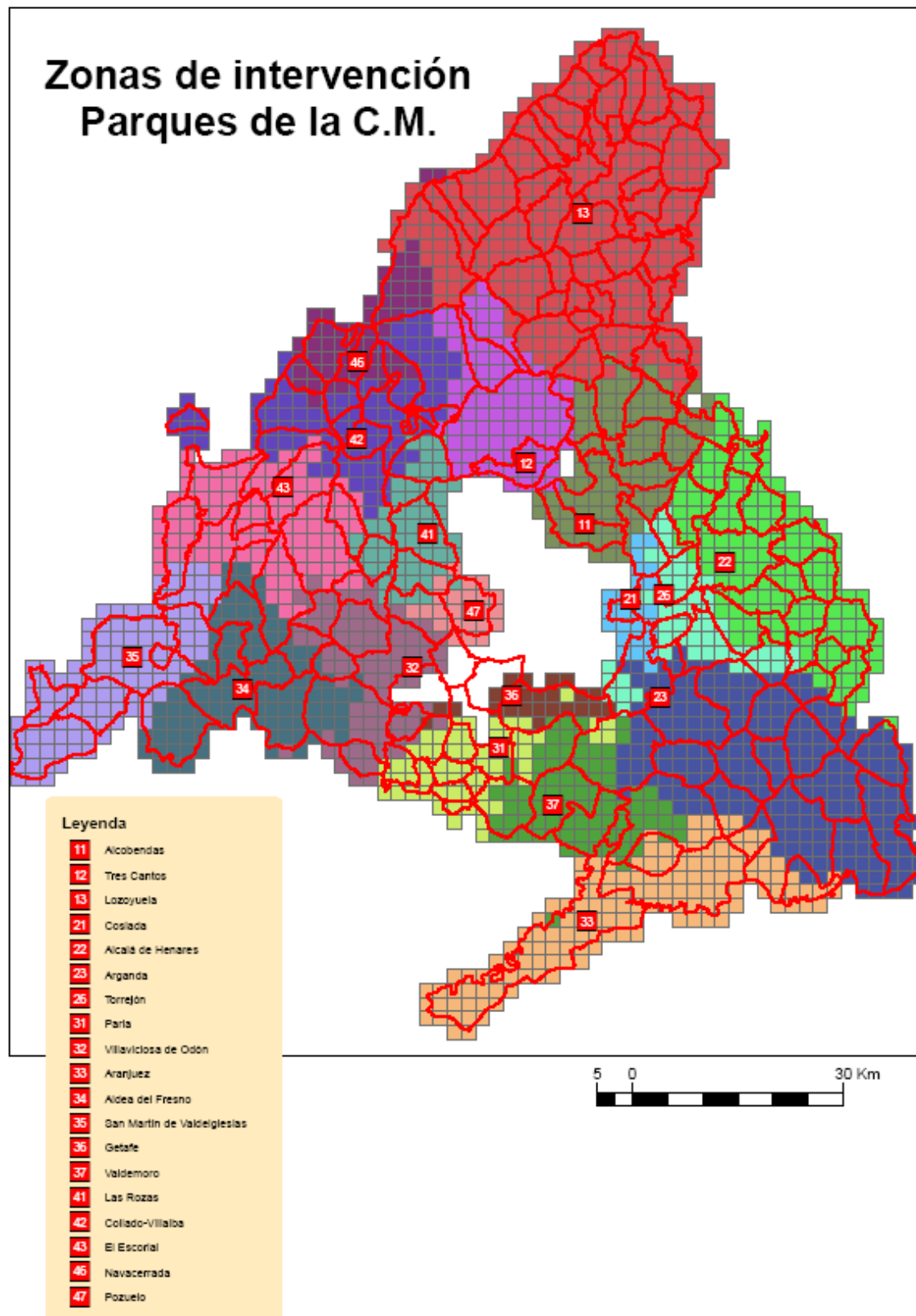


Fig.-23 Mapa de zonas de primera intervención de los Parques de Bomberos C.M. sobre cartografía de límites de los términos municipales.

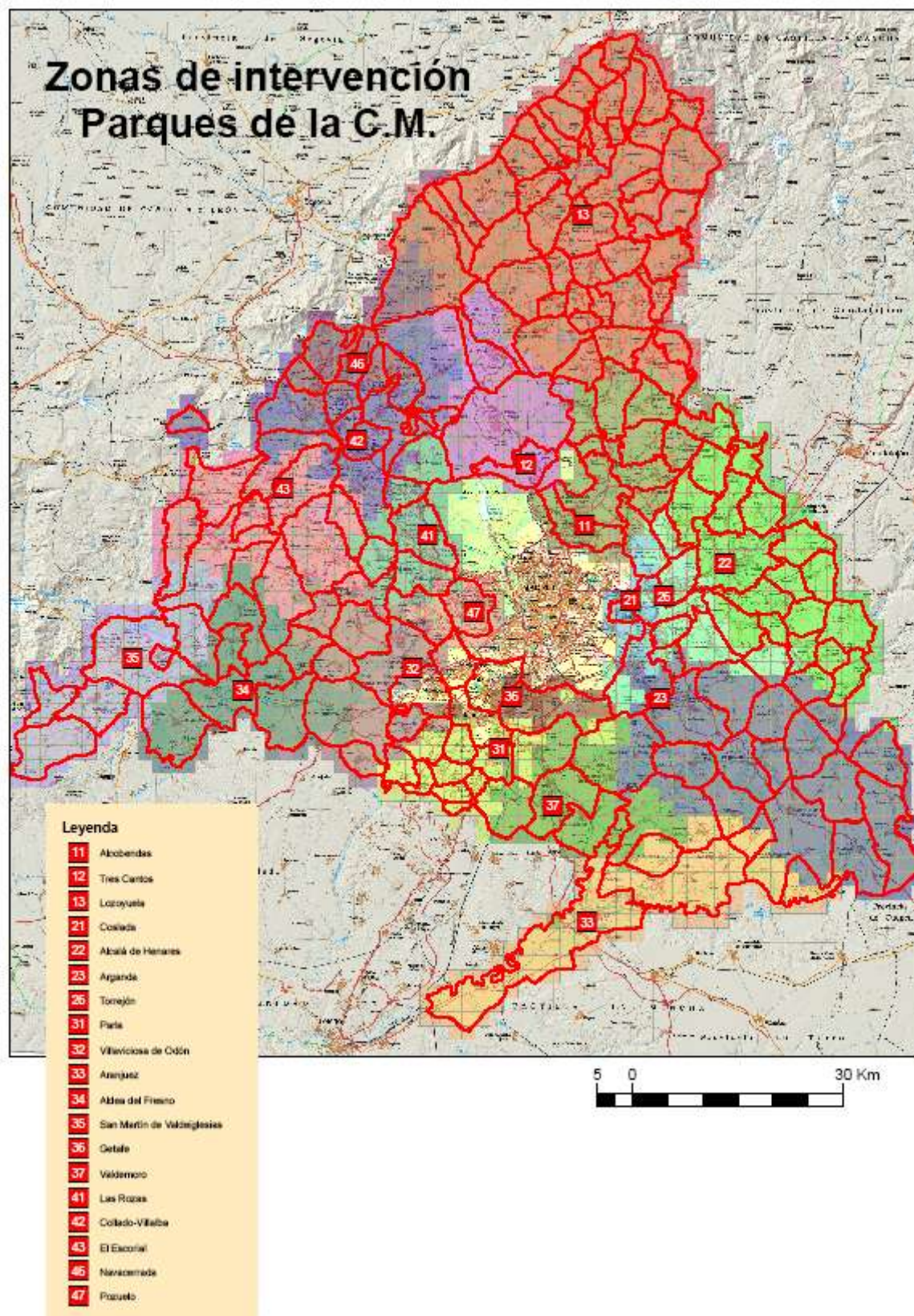


Fig.- 24 Mapa de zonas de primera intervención de los Parques de Bomberos C.M. sobre cartografía planimétrica oficial de precisión 1:200.000.

Del mismo modo se han realizado valoraciones en intervalos de 5 minutos hasta un máximo de 30 de las superficies cubiertas por cada uno de los emplazamientos actuales. Se han separado inicialmente los intervalos de superficie individuales y posteriormente sus acumulados.

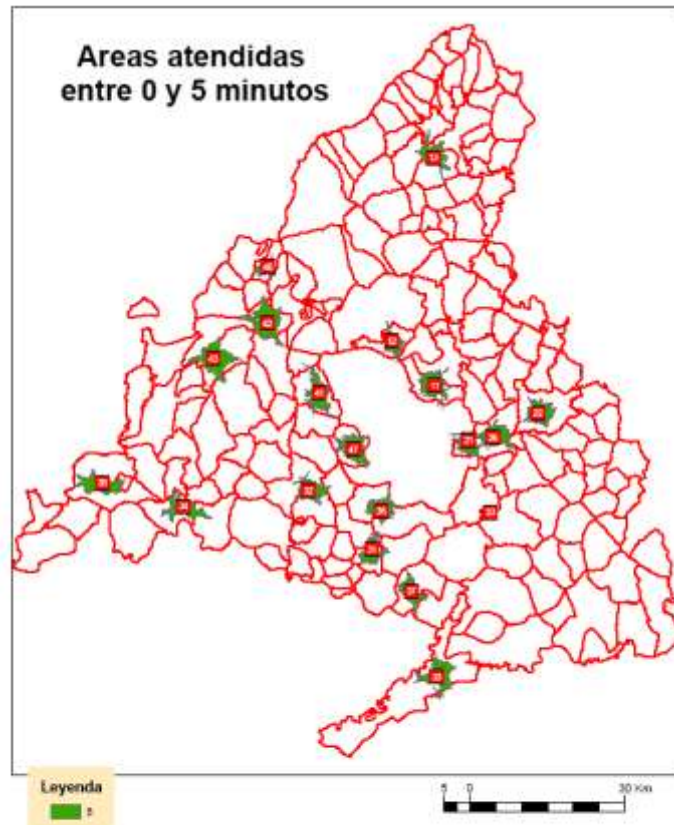


Fig.- 25 Mapa de zonas atendidas entre 0 y 5 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía de límites de los términos municipales

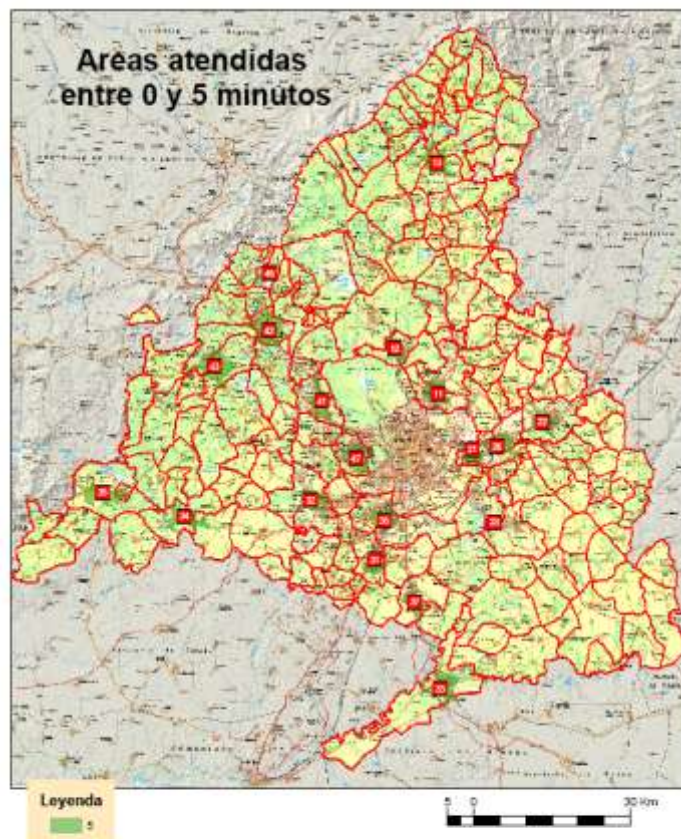


Fig.- 26 Mapa de zonas atendidas entre 0 y 5 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.

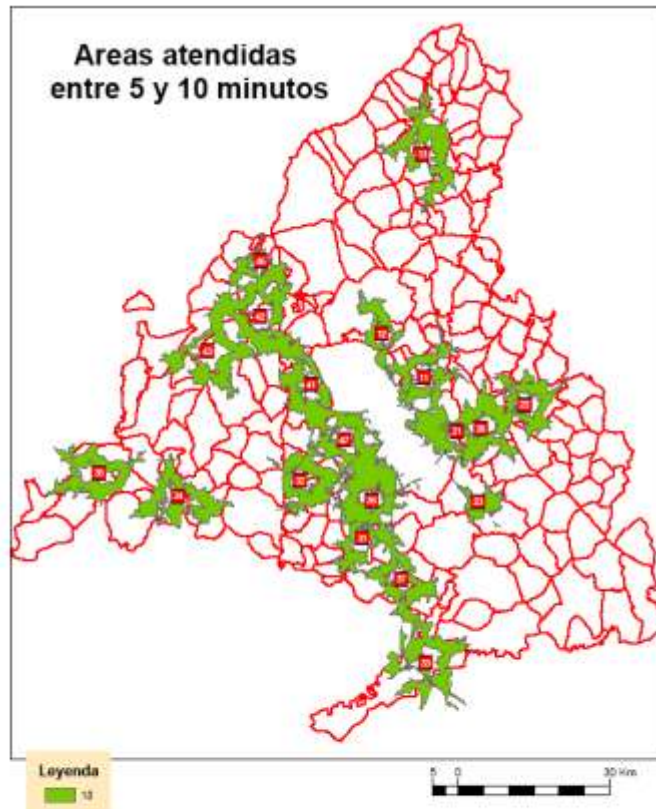


Fig.- 27 Mapa de zonas atendidas entre 5 y 10 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía de límites de los términos municipales.

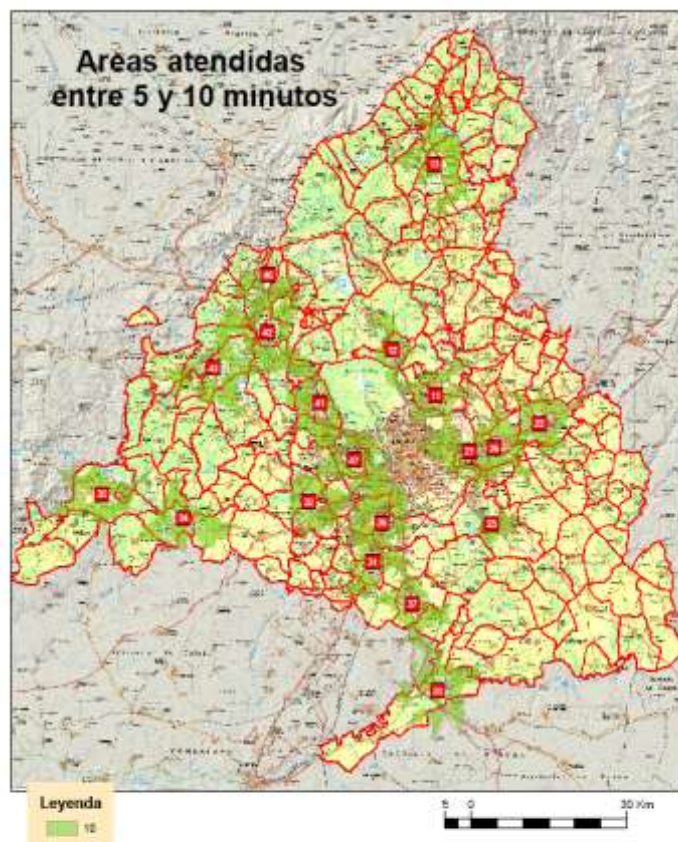


Fig.- 28 Mapa de zonas atendidas entre 5 y 10 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.

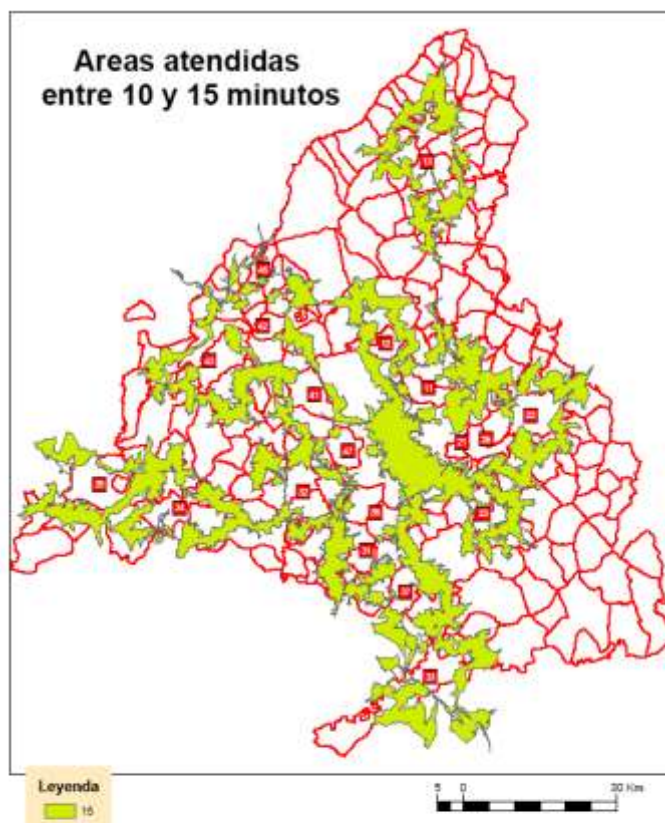


Fig.- 29 Mapa de zonas atendidas entre 10 y 15 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía de límites de los términos municipales.

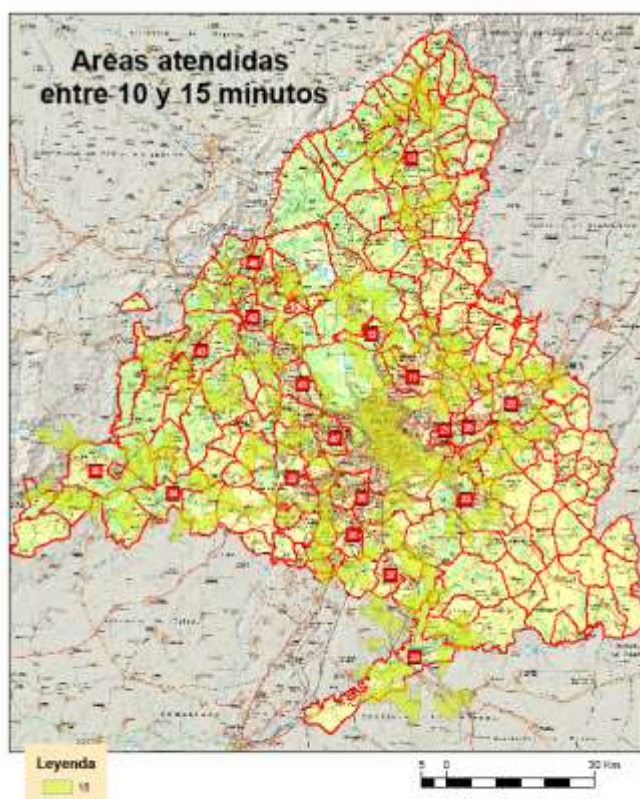


Fig.- 30 Mapa de zonas atendidas entre 10 y 15 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.

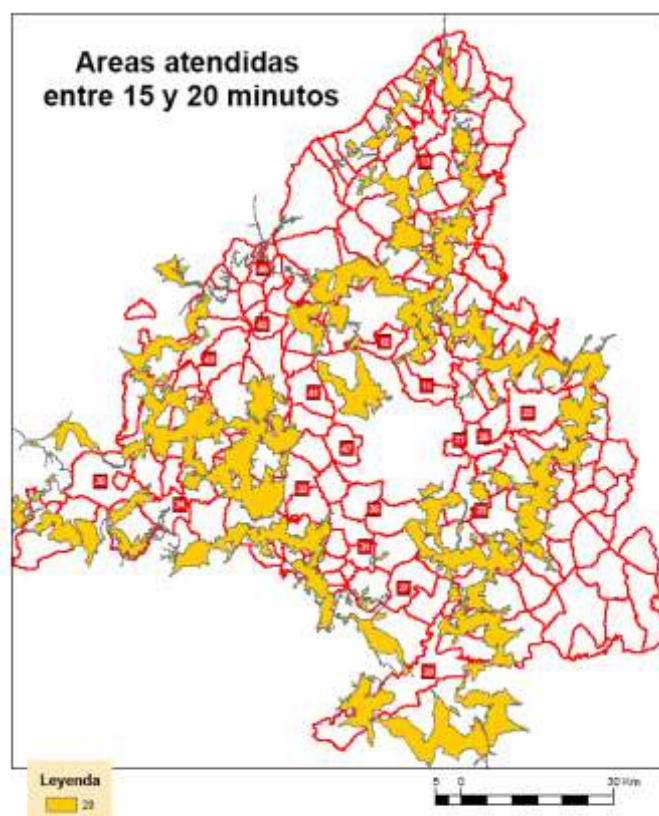


Fig.- 31 Mapa de zonas atendidas entre 15 y 20 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía de límites de los términos municipales

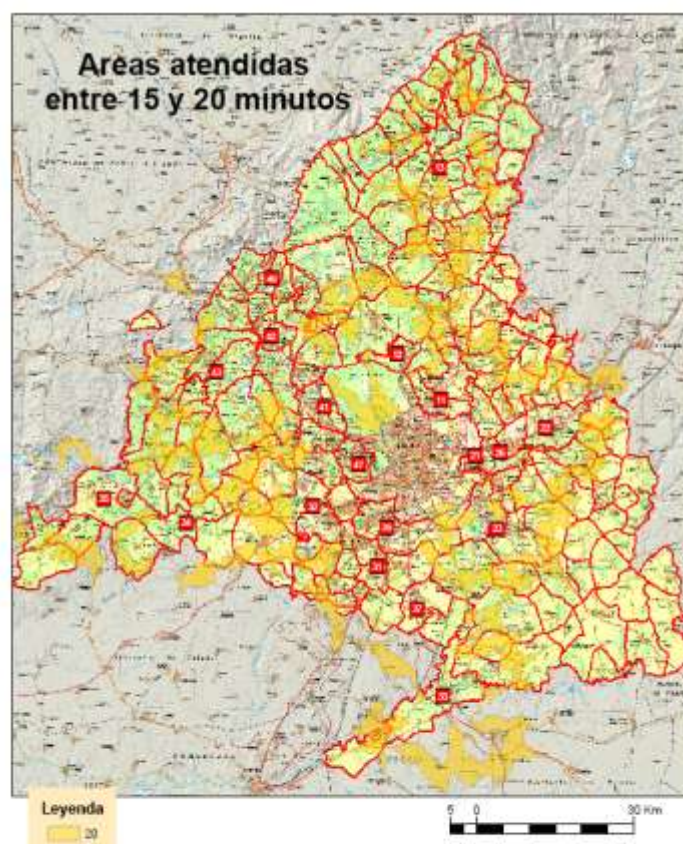


Fig.- 32 Mapa de zonas atendidas entre 15 y 20 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.

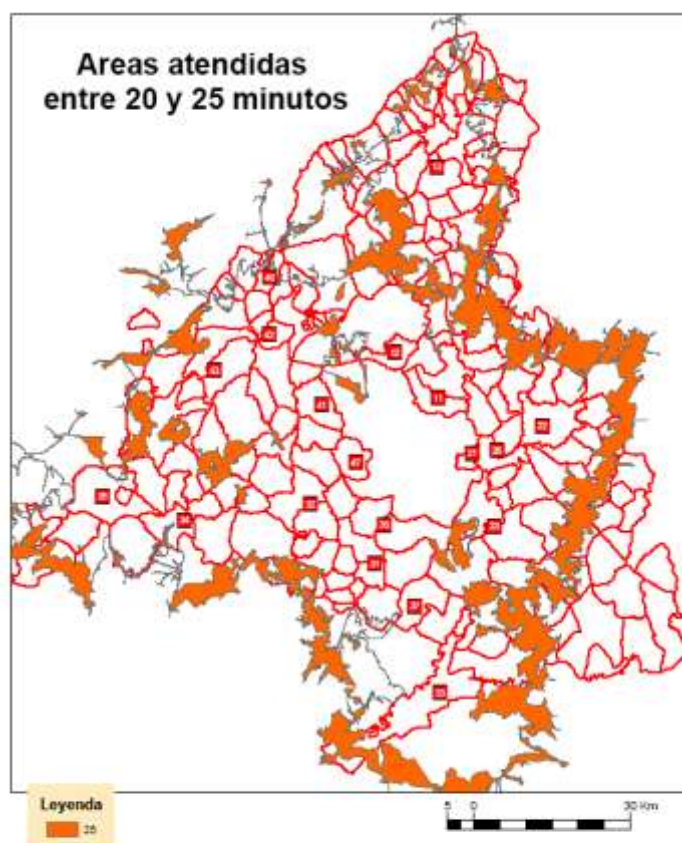


Fig.- 33 Mapa de zonas atendidas entre 20 y 25 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía de límites de los términos municipales.

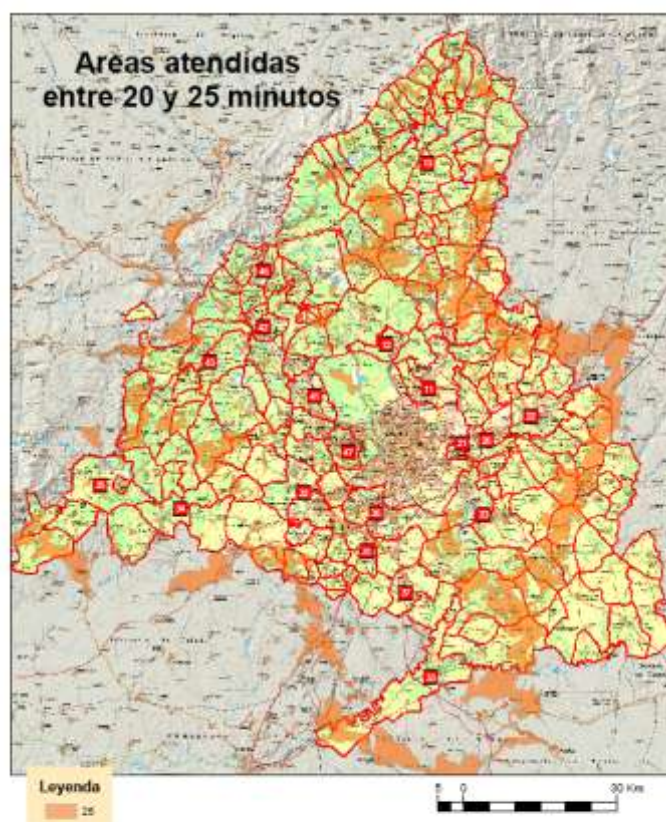


Fig.- 34 Mapa de zonas atendidas entre 20 y 25 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.

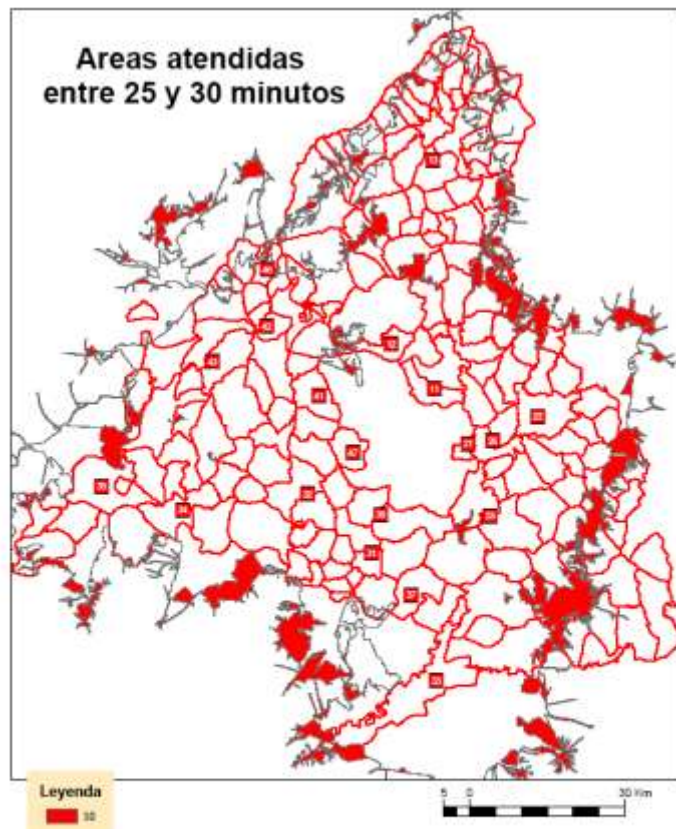


Fig.- 35 Mapa de zonas atendidas entre 25 y 30 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía de límites de los términos municipales

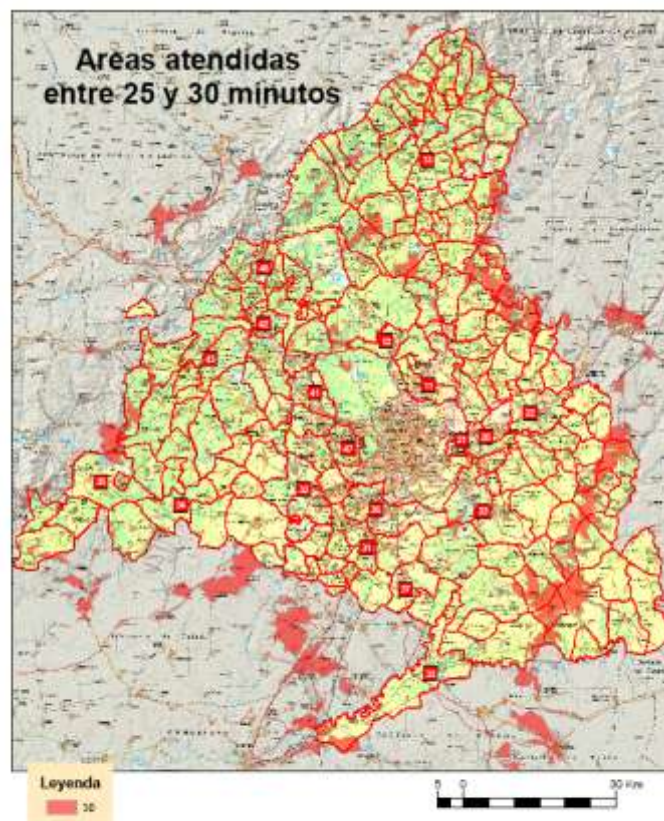


Fig.- 36 Mapa de zonas atendidas entre 25 y 30 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.

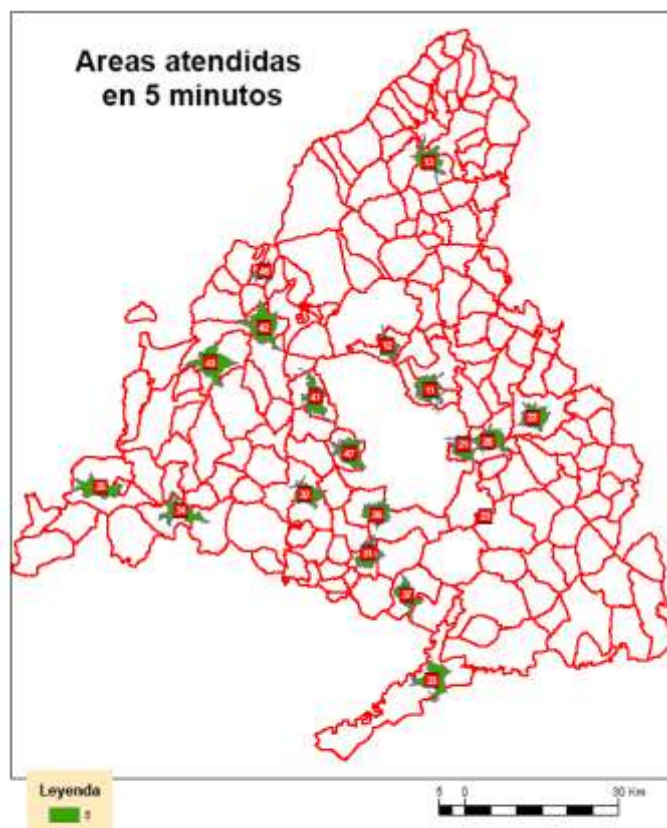


Fig.-37 Mapa de zonas atendidas en 5 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial de términos municipales de la Comunidad de Madrid.

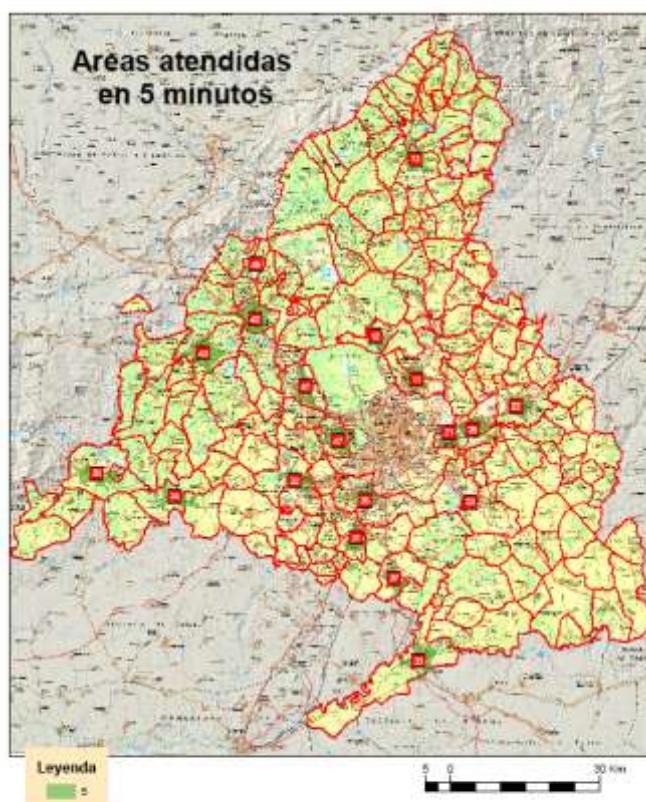


Fig.-38 Mapa de zonas atendidas en 5 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.

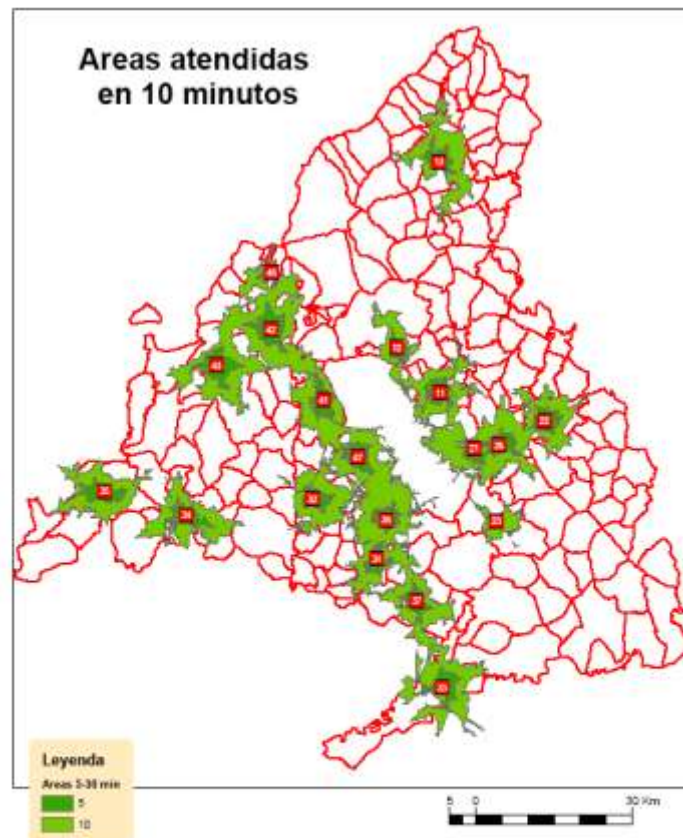


Fig.- 39 Mapa de zonas atendidas en 10 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial de términos municipales de la Comunidad de Madrid.

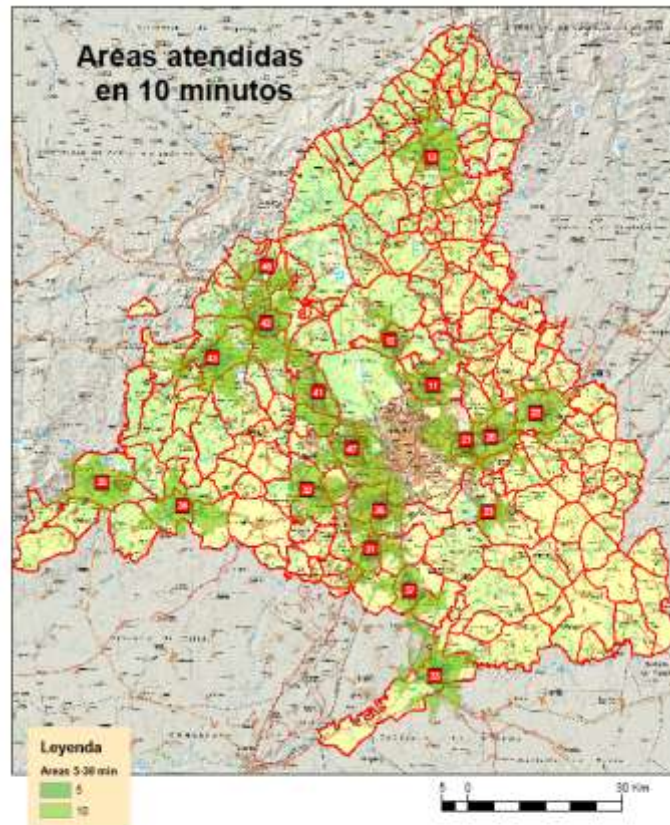


Fig.- 40 Mapa de zonas atendidas en 10 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.

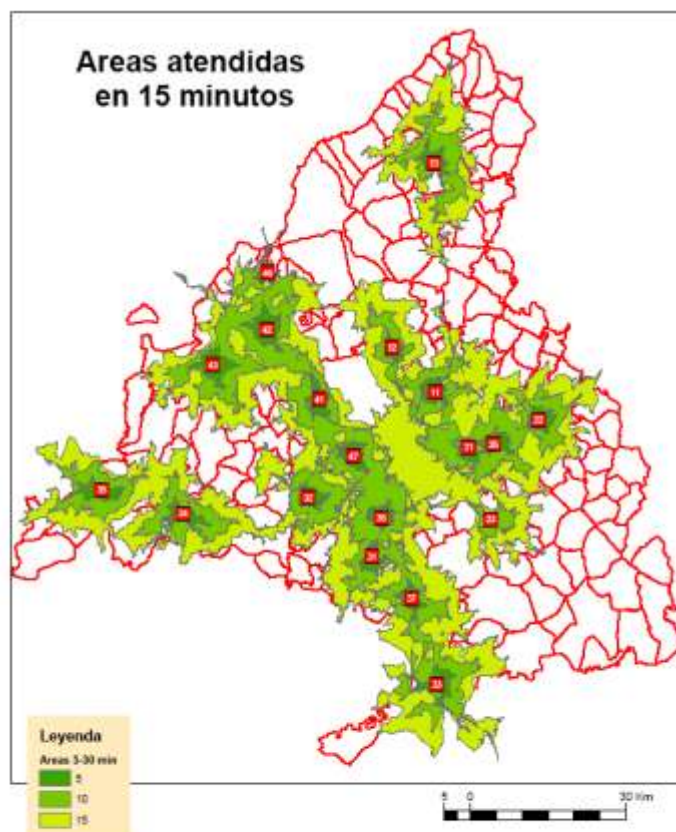


Fig.- 41 Mapa de zonas atendidas en 15 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial de términos municipales de la Comunidad de Madrid.

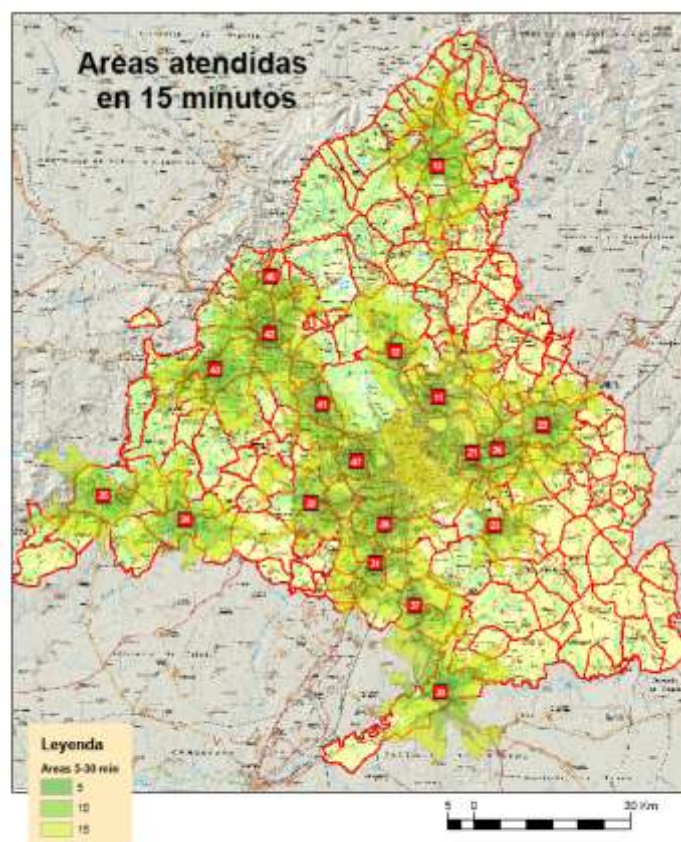


Fig.- 42 Mapa de zonas atendidas en 15 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.

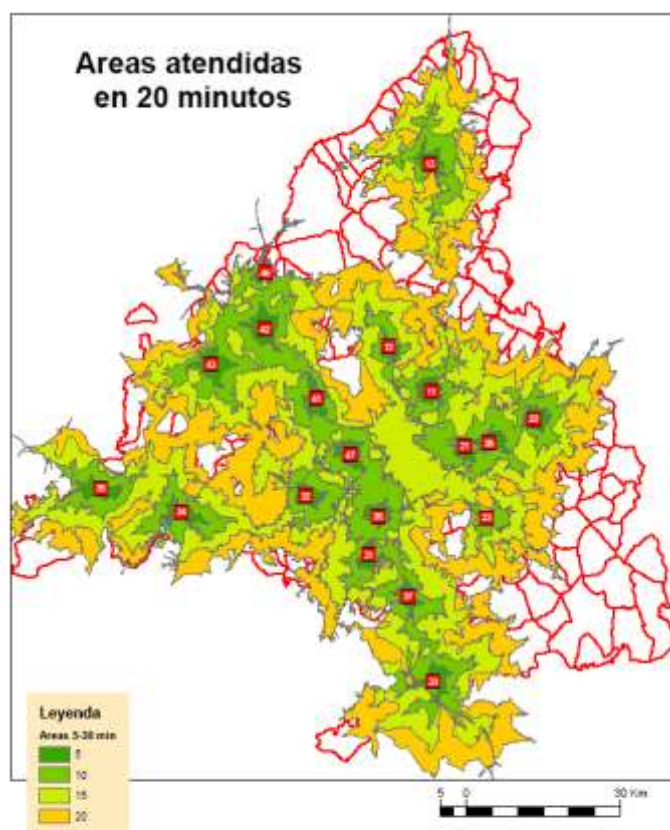


Fig.- 43 Mapa de zonas atendidas en 20 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial de términos municipales de la Comunidad de Madrid.

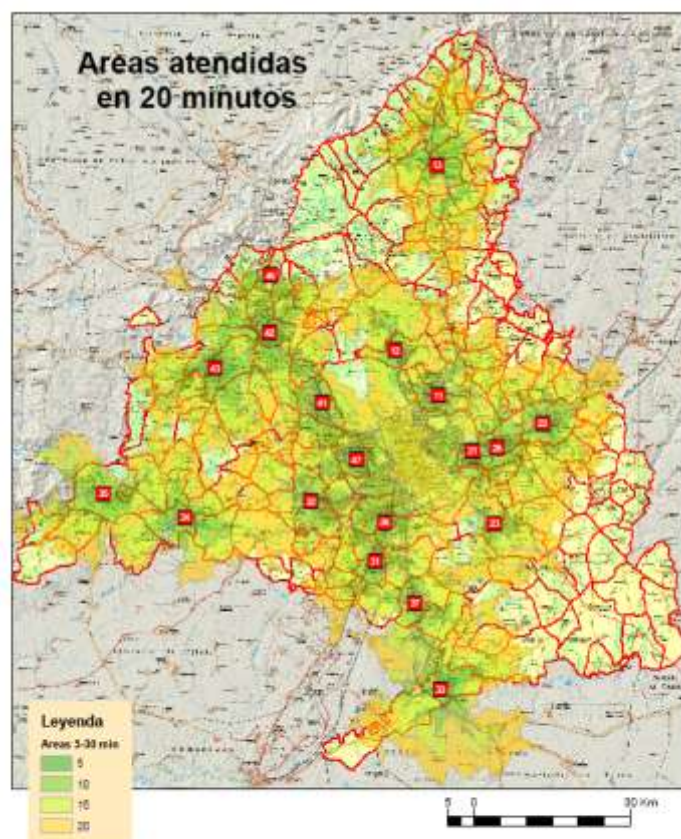


Fig.- 44 Mapa de zonas atendidas en 20 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.

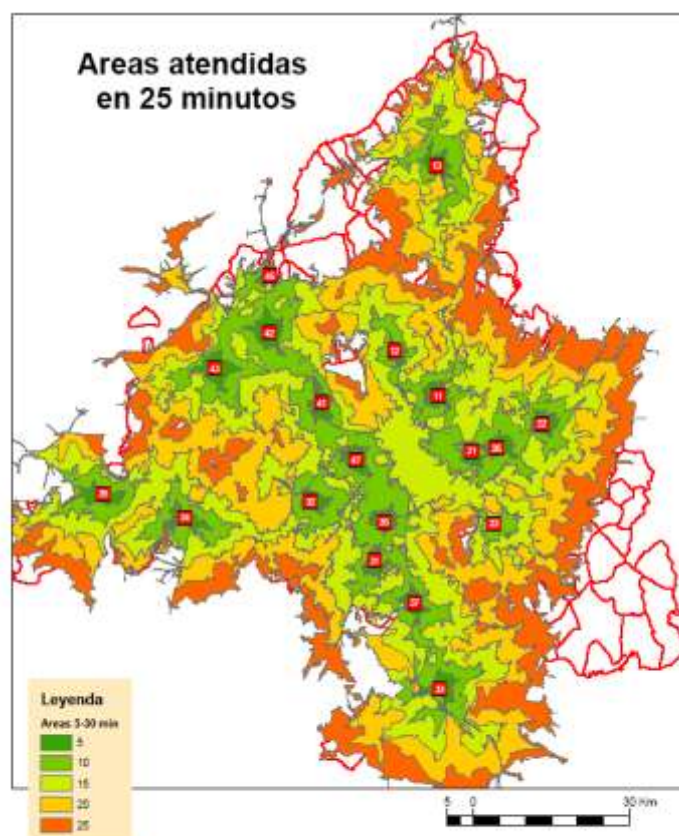


Fig.- 45 Mapa de zonas atendidas en 25 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial de términos municipales de la Comunidad de Madrid.

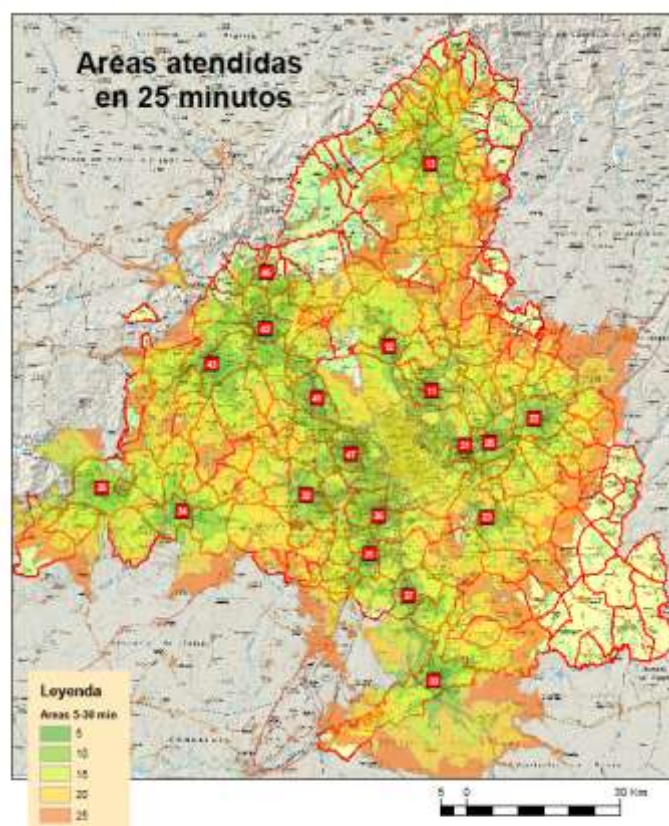


Fig.- 46 Mapa de zonas atendidas en 25 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.

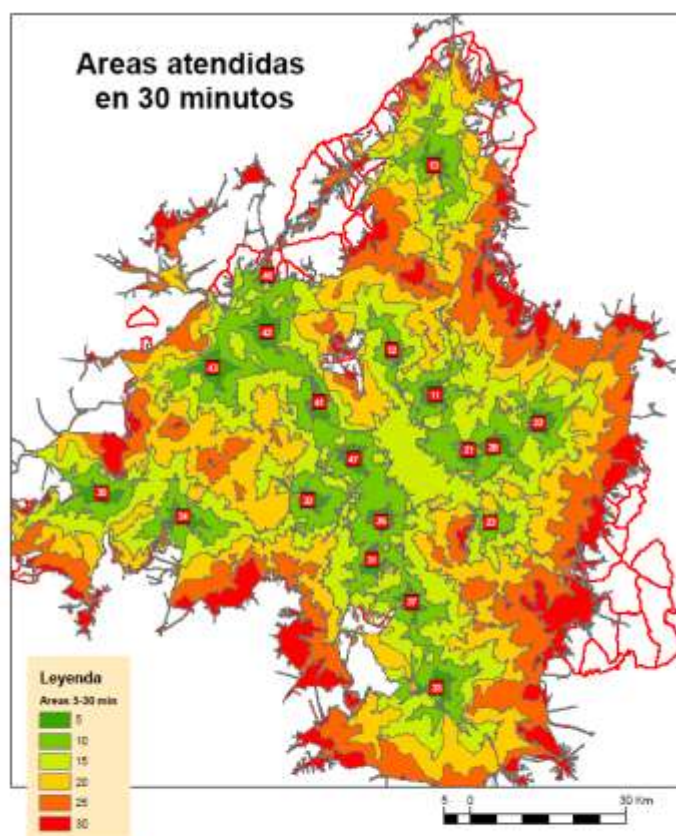


Fig.- 47 Mapa de zonas atendidas en 30 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial de términos municipales de la Comunidad de Madrid.

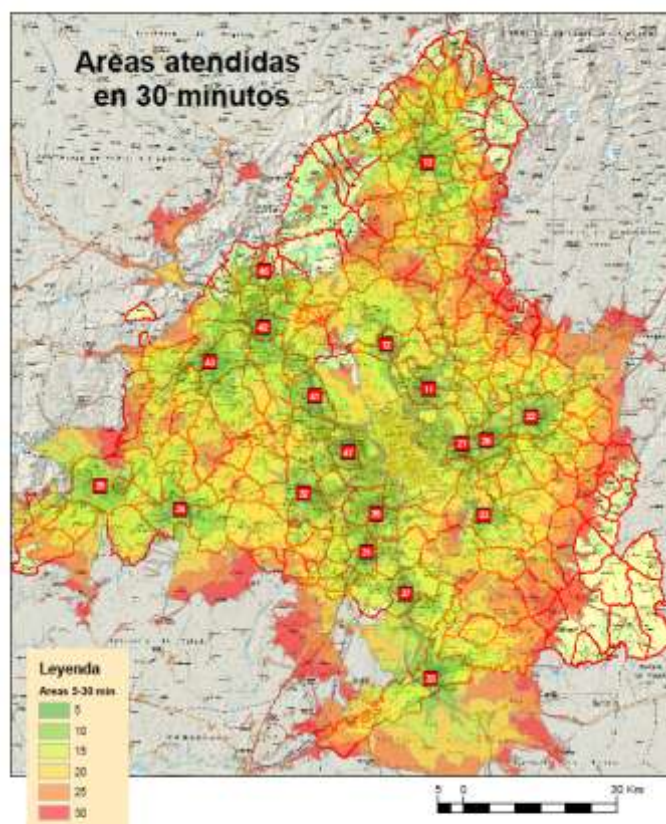


Fig.- 48 Mapa de zonas atendidas en 30 minutos desde cada Parque de Bomberos sobre cartografía oficial planimétrica con precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.

8. Análisis de los costes en función del tiempo de llegada y de las tipologías de los siniestros

Se ha obtenido para cada tipología el coste del servicio en función del tiempo de llegada con el objeto de poder analizar la importancia de una pronta intervención desde el punto de vista económico durante todo el periodo de estudio, en valores anuales, absolutos y medios.

	4.3.3	4.3.4	4.3.2	4.3.1	4.1.2	4.1.4	4.1.1	4.1.3
1	0	0	0	0	101,9	0	8,19	760,81
2	0	0	0	0	0	0	11,68	908,89
3	0	0	0	0	208,8	0	106,27	2788,71
4	0	0	0	0	162,36	0	381,67	1786,44
5	0	0	0	0	689,82	0	242,75	2693,99
6	0	0	0	0	1132,96	0	698,85	2861
7	0	0	0	0	636,25	0	921,78	5989,96
8	0	0	0	0	465,34	338,81	703,66	3244,07
9	0	0	0	0	546,86	0	601,04	8285,1
10	0	0	0	0	198,77	0	259,37	4705,26
11	0	0	0	0	1018,23	0	1635,16	8533,84
12	0	0	0	0	441,6	0	1118,87	3831,82
13	0	0	0	0	500,67	0	1138,2	9964,32
14	0	0	0	0	587,47	0	1283,78	6654,92
15	0	0	0	0	3018,85	0	1258,89	8678,83

Fig.- 49 Ejemplo de Tabla Costes en función de tiempos de llegada / tipología de siniestros.

9. Tablas Resumen

Finalmente se ha realizado también una síntesis los datos asociados a cada cuadrícula, por año y tipología de siniestro el número total de servicios, total de intervenciones, costes totales, valor total del índice de colapso (IRO), duración total de los servicios y total de los tiempos de llegadas.

Varios ejemplos de dichos datos se reflejan gráficamente en el anexo de mapas (A.2.2) para cinco tipologías (accidente de tráfico con atrapados, incendio en naves industrias, incendio forestal, incendio de vegetación agrícola, incendio en vivienda) mostrados con carácter anual, acumulado y en costes unitarios por servicios.

NOMBRE	SUM Nº SERVICIOS	SUM Nº INTERVENCIONES	SUM COSTES	SUM INDICE DE COLAPSOS	SUM DURACION SERVICIOS	SUM TIEMPOS DE LLEGADA
35-3	0	0	0	0	0	0
36-3	0	0	0	0	0	0
33-4	2	6	1904,54	588	408	180
34-4	0	0	0	0	0	0
35-4	0	0	0	0	0	0
36-4	0	0	0	0	0	0
37-4	0	0	0	0	0	0
33-5	0	0	0	0	0	0
34-5	4	8	2612,78	1113	866	247
35-5	0	0	0	0	0	0
36-5	0	0	0	0	0	0

Fig.- 50 Ejemplo de tabla de acumulados de número de servicios, intervenciones, costes, tiempos de llegada, etc. por cuadrícula

10.- Cálculo del Índice de Respuesta Operativa (I.R.O.)

Se define como **Colapso** aquella situación temporal en la que se activan, dentro del Catálogo de Recursos Movilizables disponible, un alto número de efectivos y además estos están actuando durante un periodo de tiempo significativo, que genera una alta probabilidad de tener que dejar siniestros a la espera de poder ser atendidos con los efectivos adecuados, y, por ello una mayor probabilidad de bloqueo de la organización. Para reflejar esta situación se ha tenido en cuenta cualquier situación en la que un recurso está siempre ocupado en una intervención concreta pero no sólo mientras atiende el siniestro (Duración del Servicio, DS) sino también en el tiempo que transcurre desde que recibe el aviso hasta que llega a la intervención (Tiempo de Llegada, t_{ij}). Unos tiempos de llegada excesivos penalizan su grado de no disponibilidad para otros siniestros a veces en mayor medida, tal como se demuestra en esta tesis, que el tiempo dedicado a la propia resolución del siniestro.

Con el objeto de analizar esta posible situación de colapso en una organización responsable de la gestión de medios ante una emergencia, se fórmula la siguiente expresión numérica del **Índice de Colapso**:

$$IC = IC_{DS} + IC_t$$

siendo:

$$IC_{DS} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n DS_{ji}$$

$$IC_t = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n t_{ij}$$

t_{ij} es el tiempo dedicado al siniestro por cada interviniente

DS_{ij} es la duración del servicio de cada interviniente.

Como valor equivalente, pero en significado positivo en lo que se refiere a la capacidad de dar respuesta a cualquier siniestro o conjunto de siniestros, se ha utilizado el anteriormente mencionado **Índice de Respuesta Operativo (%)** como 100- IC (%), que tal como su expresión indica refleja a mayores valores mejor capacidad de respuesta de una organización.

Para poder calcular estos valores se deben ajustar los datos de partida a través de operaciones lógicas de consulta que permitieran en función de sus claves de estado (instante de activación, llegada, regreso, etc.) conocer cuál ha sido el máximo número de vehículos que han intervenido simultáneamente en estos años, en qué instante se ha producido y cuál ha sido su duración

Para poderlo integrar en la programación de análisis y optimización de los resultados se han calculado los valores del IC anterior para cada una de las 36 combinaciones de Estaciones (primavera, verano, otoño e invierno), Horario (mañana, tarde y noche) y Festividad (laborable, festivo, víspera de festivo).

Partiendo de un índice de colapso máximo se han realizado 10 intervalos y se ha asociado a cada cuadrícula los valores en los que se había tenido un índice de colapso superior a 5 especificando cuántos días se había dado cada valor.

Todos estos datos en cada una de las 2083 cuadrículas, generando por tanto 2083 x 36 combinaciones de las variables estudio.

Ej.: una cuadrícula cualquiera podría reflejar por ejemplo 54 días con un Índice de colapso del 5, 13 días con IC 8 para la combinación de primavera, mañana, festivo: (P,M,F.) : “54 IC 5, 13 IC 8”

11.- Mapa de siniestros de los siniestros de mayor duración para cada punto del territorio

Partiendo de la Duración máxima de Siniestro se determinan los valores de Duración de Siniestro que generen 100 intervalos. Ej.: si la duración máxima ha sido de 120 minutos habría 100 intervalos donde cada uno sería de 80 segundos, asignando 1 al de 0 a 80 s, 2 al de 81 a 160 s y así sucesivamente. Posteriormente se calcula un mapa donde cada cuadrícula tiene asociados dos valores: uno que es la **tipología que ha registrado una mayor duración**, y otro que sea el **valor de 0 a 100 en función de su duración de siniestro**. Ej.: cuadrícula 1, EDF, 40; ...

Finalmente se ha calculado un indicador del tiempo que dura un determinado siniestro para poder valorar la importancia o no de mandar más o menos vehículos en un instante determinado. Se pretende conocer cómo un siniestro puede evolucionar en su duración en función de que los medios lleguen en un instante determinado.

Un siniestro que es “atacado” en sus primeros instantes, tiempos de llegada bajos, tiene siempre una mayor probabilidad de tener una menor duración y por tanto favorecer una menor probabilidad de colapso. Por ello se han agrupado todos los siniestros desde el año 2010 y se les ha asociado esa variable a cada uno de ellos. Es decir, ahora se dispone de

todos los siniestros georreferenciados y con un nuevo dato más que es este tiempo total de dedicación de todos y cada uno de los vehículos que han intervenido en ese siniestro.

12. Análisis de los costes en formación y su relación con los costes de cada servicio.

Otros cálculos necesarios han sido los propios del análisis económico de los presupuestos aproximados invertidos por la organización del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid en los últimos años y su posible incidencia en las tipologías de siniestros en las que influye y su posible relación final con la duración de los servicios.

Para realizar estos cálculos se ha partido de los datos de inversiones realizadas en formación en la plantilla del Cuerpo de Bomberos desde el año 2010.

2010		
CURSO	Nº HORAS	PRESUPUESTO
Técnicas de intervención en edificios colapsados	156	31.443,78 €
Técnicas básicas de intervención con mercancías peligrosas	54	6.698,55 €
Maniobra de intervención con mercancías peligrosas	240	46.520,00 €
Maniobra de intervención en incendios de interiores	240	38.344,00 €
Maniobra de intervención en accidentes de tráfico.	240	86.528,43 €
Técnicas de intervención en túneles	48	4.436,00 €
Técnicas de intervención con riesgo eléctrico	28	1.380,00 €
Prácticas de conducción con vehículos pesados en circuito urbano	500	17.857,50 €
Rescate acuático en superficie	35	19.780,00 €
Dirección y Control en edificios colapsados.	20	1.800,00 €
Dirección y Control en búsquedas y rescates.	48	5.760,00 €
Especialización en apertura de puertas para rescates.	21	8.000,00 €
Tácticas y técnicas de rescate en estructuras colapsadas.	192	46.668,76 €
Normativa de seguridad en caso de incendio.	5	865,20 €
Técnicas de intervención en rescate acuático con embarcaciones.	88	30.332,00 €
Extinción de incendios forestales PIF (Oficial de conservación).	28	2.241,00 €
Extinción de incendios forestales PIF (Conductor)	33	21.474,23 €
Vigilancia y extinción de incendios forestales en el Centro de Coordinación operativa (Técnico especialista II).	44	4.608,00 €
Vigilancia de incendios forestales (Encargado II)	12	4.718,40 €
Vigilancia de incendios forestales (Auxiliar de control)	48	3.371,00 €
Curso de Ascenso por Promoción Interna al Cuerpo de bomberos-Jefe de Dotación	458	3.820,00 €
2011		
EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES. CATEGORÍA "OFICIAL DE CONSERVACIÓN"	28 h	8.134,58 €
EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES (PIF) (CATEGORÍA CONDUCTOR)	33 h	12.317,23 €
VIGILANCIA DE INCENDIOS FORESTALES. CATEGORÍA: AUXILIAR DE CONTROL	12 h	4.584,91 €
VIGILANCIA DE INCENDIOS FORESTALES. CATEGORÍA: ENCARGADO II	18 h	3.388,93 €
OPERADOR DE COMUNICACIONES EN LA VIGILANCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN LA CATEGORÍA TÉCNICO ESPECIALISTA II (NUEVO INGRESO)	56 h	1.296 €
OPERADOR DE COMUNICACIONES EN LA VIGILANCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN LA CATEGORÍA TÉCNICO ESPECIALISTA II	40 h	3.744 €
DIRECCIÓN Y CONTROL DE INTERVENCIONES (RECICLAJE)	10 h	2.160 €
CONDUCCIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS EN EMERGENCIA (RECICLAJE)	800 h	44.544,80 €
USO DE VEHÍCULOS TIPO AEA (RECICLAJE)	215 h	25.270,19 €
USO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE CORTE	40 h	30.252,73 €
USO DE EQUIPOS Y SISTEMAS INFORMÁTICOS (RECICLAJE)	60 h	4.620,00 €
MANIOBRAS CON EMBARCACIONES (RECICLAJE)	96 h	41.058,40 €
MANIOBRA CON VEHÍCULOS NBQ (RECICLAJE)	72 h	12.744,86 €
MANIOBRA DE INTERVENCIÓN ACCIDENTE DE TRÁFICO (RECICLAJE)	200 h	74.134,53 €
MANIOBRA INTERVENCIÓN INCENDIO DE VIVIENDA (RECICLAJE)	280 h	87.738,88 €
MANIOBRA CON EL VEHÍCULO PMA	36 h	2.581,81 €
CONTROL Y MANDO EN INCENDIOS FORESTALES	60 h	6.818,49 €
TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN CON RIESGO ELÉCTRICO	28 h	1.228,00 €
ESPECIALIZACIÓN EN APERTURA DE PUERTAS PARA RESCATES	42 h	16.000,00 €
TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN EN TÚNELES (RECICLAJE)	150 h	10.748,70 €
TÉCNICAS DE RESCATE EN RÍOS, RIADAS E INUNDACIONES	35 h	18.980,12 €
MANEJO Y USO DE CUÑA QUITANIEVE (RECICLAJE)	25 h	2.064,00 €
ADAPTACIÓN AL VEHÍCULO USAR	120 h	21.427,24 €
GPS Y CARTOGRAFÍA PARA BÚSQUEDAS EN MONTAÑA (RECICLAJE)	90 h	7.860,00 €
CONTROL Y MANDO EN INTERVENCIONES (RECICLAJE)	60 h	4.320,00 €
2012		
ACCESO AL CUERPO DE BOMBEROS EN LA CATEGORÍA DE BOMBERO ESPECIALISTA (BOMBERO)	582 h	401.204,00 €
ACCESO AL CUERPO DE BOMBEROS EN LA CATEGORÍA DE BOMBERO ESPECIALISTA (BOMBERO-CONDUCTOR)	645 h	11.470,00 €
ASCENSO EN EL CUERPO DE BOMBEROS EN LA CATEGORÍA DE JEFE SUPERVISOR	357 h	10.383,84 €
EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES - OFICIAL DE CONSERVACIÓN	56 h	9.870,06 €
EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES - CONDUCTOR	66 h	9.777,80 €
VIGILANCIA DE INCENDIOS FORESTALES - AUXILIAR DE CONTROL	24 h	5.005,42 €
VIGILANCIA DE INCENDIOS FORESTALES - ENCARGADO	26 h	5.710,72 €
OPERADOR DE COMUNICACIONES EN LA VIGILANCIA DE INCENDIOS FORESTALES DE NUEVO INGRESO	68 h	3.936,00 €
OPERADOR DE COMUNICACIONES EN LA VIGILANCIA DE INCENDIOS FORESTALES EN LA CATEGORÍA TÉCNICO ESPECIALISTA	40 h	3.864,00 €
USO DEL VEHÍCULO TIPO AEA (RECICLAJE)	220 h	24.250,50 €
PRÁCTICAS DE CONDUCCIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS DE EMERGENCIA (RECICLAJE)	145 h	40.766,40 €
MANIOBRAS CON EMBARCACIONES DE RESCATE (RECICLAJE)	84 h	41.931,14 €
SISTEMAS DE COORDENADAS Y GIS DE SITREM (RECICLAJE)	60 h	4.620,00 €
FORMACIÓN DE VEHÍCULOS TIPO VIA (RECICLAJE)	90 h	15.040,00 €
MANIOBRA CON VEHÍCULOS NBQ (RECICLAJE)	36 h	6.228,00 €
RESCATE EN RÍOS, RIADAS E INUNDACIONES	40 h	17.900,00 €
CONDUCCIÓN VEHÍCULOS BRP (RECICLAJE)	360 h	2.042,00 €
FORMACIÓN VEHÍCULOS BRP (RECICLAJE)	208 h	634,00 €
2014		
PRÁCTICAS DE INTERVENCIÓN EN POLIGONO DE FUEGO (RECICLAJE)	360 h	211.908,92 €
ALTURA	540 h	62.090,23 €
PRÁCTICAS DE ESTABILIZACIÓN E INMOVILIZACIÓN DE PERSONAS AFECTADAS EN INTERVENCIONES (RECICLAJE)	324 h	32.546,00 €
PRÁCTICAS CON VEHÍCULOS DE JEFAURA (RECICLAJE)	68 h	12.435,95 €
SITREM(R)	50 h	2.822,00 €
PUESTOS DE VIGILANCIA Y CUENCAS VISUALES (RECICLAJE)	30h	1.758,00 €
INFOMA -2014(RECICLAJE)	18 h	1.118,00 €

Fig.- 51 Inversiones realizadas en formación en el Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid (2010-14)

Estas cifras indican también la ausencia de formación que hubo durante el año 2013.

A partir de estos datos se ha relacionado cada uno de los cursos con las tipologías de siniestros existente. Posteriormente, tras haber calculado la duración media de los servicios de cada año en función también de la tipología de siniestros, se ha realizado el cálculo de la influencia de cada euro invertido en formación sobre la duración de los siniestros en cada año y en la totalidad del periodo de estudio.

13.- Análisis de los costes en nuevas infraestructuras.

También para realizar el **cálculo económico en nuevas infraestructuras tales como nuevos Parques de Bomberos en la Comunidad de Madrid** se ha partido de dos tipologías de Parques. Para ello se ha utilizado la referencia que se tiene en el Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid de ejecutar ya un modelo predefinido por nuestros propios técnicos y que es utilizado como base cada vez que se ejecuta una nueva construcción. De esta forma se han determinado a partir de los valores de **4,5 millones de euros un parque grande y 2,5 millones un parque mediano** que son aproximadamente los precios de licitación oficiales habidos en los últimos años unos patrones de Parques de Bomberos. Estos precios, hay que hacer la salvedad de que, son siempre con la cesión del suelo por parte de los municipios por lo que en otras administraciones pueden resultar mayores. Del mismo modo comentar que al ser una gran parte del presupuesto, a veces hasta un tercio, dedicado a labores de cimentación, esta cifra puede ser menor si el terreno dispone de buenas condiciones de cara a la edificabilidad. De esta forma se establecen para la siguiente tesis dos nuevos modelos posibles de Parques de Bomberos cuyo valor asignado es:

- Parques tipo A: 6.000.000 €
- Parques tipo B: 4.500.000 €
- Parques tipo C: 2.500.000 €
- Parques tipo D. 1.000.000 €

4.3 Descripción general de la aplicación para determinar la dotación óptima de medios en los parques

La aplicación informática está compuesta de varios módulos que permiten a partir de un Índice de Colapso definido anteriormente y en cuyo valor influyen tanto los tiempos de llegada desde cualquier Parque de Bomberos/ término municipal para las 2.083 cuadrículas de la malla de estudio, como la duración de los servicios de todos y cada uno de los vehículos intervinientes, estimar la influencia de tres factores: la dotación de vehículos en los Parques, el número/tipología/ubicación de nuevos Parques y la inversión en formación.

De esta forma se logra alcanzar los siguientes objetivos:

- A partir de un IC actual (26,41) cuyo equivalente en IRO sería de 73,59 (100-26,41) estimar cual es la mejor solución posible que permite ir incrementando el número de Parques a su vez que rebajando el IC, definiendo la tipología de esos **nuevos Parques** dentro de los cuatro modelos definidos, determinando su mejor ubicación y reflejando su coste económico.
- A partir fundamentalmente de las relaciones calculadas entre unidades de tiempo de colapso en función de tipologías de siniestros y unidades económicas se logra estimar la repercusión de **inversiones económicas en vehículos** en la flota del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid en mejorar el valor del IC y su relación con los umbrales de trabajo/IC definidos como aceptables.
- A partir de distintas **asignaciones económicas en formación** se logra determinar como en función de la tipología de siniestro en el que se incide anualmente se mejora el IC.

Finalmente las aplicaciones informáticas desarrolladas permiten determinar conjuntamente, gracias a la optimización implementada, de entre todas las posibles distribuciones de un determinado presupuesto anual a los conceptos de vehículos, Parques de Bomberos y formación en qué porcentaje se debe incidir en cada uno de ellos. Además una vez determinado se logra conocer, a través de las aplicaciones iniciales, las ubicaciones y tipologías de dichos parques, las características de la formación, etc.

Para finalizar comentar que también, gracias al muestreo realizado tras la optimización, es posible resolver el problema inverso y que a partir de marcar un determinado objetivo de IC (IRO) para un plazo de tiempo determinado como pudiera ser uno o varios ejercicios presupuestarios o legislaturas, estimar el coste económico necesario y las medidas correctas para su distribución.

4.4 Programas, pantallas, etc.

4.4.1 Primer módulo: Determinación de la mejor ubicación posible de nuevos Parques

La aplicación permite ir añadiendo nuevas ubicaciones de Parques y a su vez ir disminuyendo el valor del IC total. Al mismo tiempo determina que tipología deben tener dentro de los cuatro modelos definidos y por tanto reflejando su coste económico. A continuación se describen los siete resultados obtenidos partiendo de la situación inicial de 19 Parques. La primera columna muestra los códigos de los Parques y la segunda la distribución de “carga de trabajo” referida al colapso por el que es afectado en cada cuadrícula de su zona de actuación. Para poder identificar los resultados se debe consultar la tabla de equivalencias de Códigos – Parque que figura en el Anexo A.1.3 y de la que se muestra un ejemplo de la misma.

ID	ID progr.
11	1
12	2
13	3
21	4
22	5
23	6
26	7
31	8
32	9
33	10
34	11
35	12
36	13
37	14
41	15
42	16
43	17
46	18
47	19
ACEBEDA LA	20
AJALVIR	21
ALAMEDA DEL VALLE	22
ALAMO EL	23
ALGETE	24

Fig.- 52 Relación Códigos programación / términos municipales

Mejora-con-0-parques.txt: Bloc de notas		
Archivo	Edición	Formato Ver Ayuda
solución con 0 parques nuevos		
1		64
2		64
3		104
4		24
5		64
6		24
7		24
8		24
9		24
10		24
11		24
12		24
13		36
14		24
15		64
16		64
17		64
18		64
19		24
Desviación total:		653,92

Fig.- 53 Tabla Resultado Situación inicial de Parques.

En ella empieza a aparecer el Parque 13, Lozoyuela con mayor valor que el resto y siete Parques con una carga muy similar. La representación gráfica de estos resultados es la siguiente.

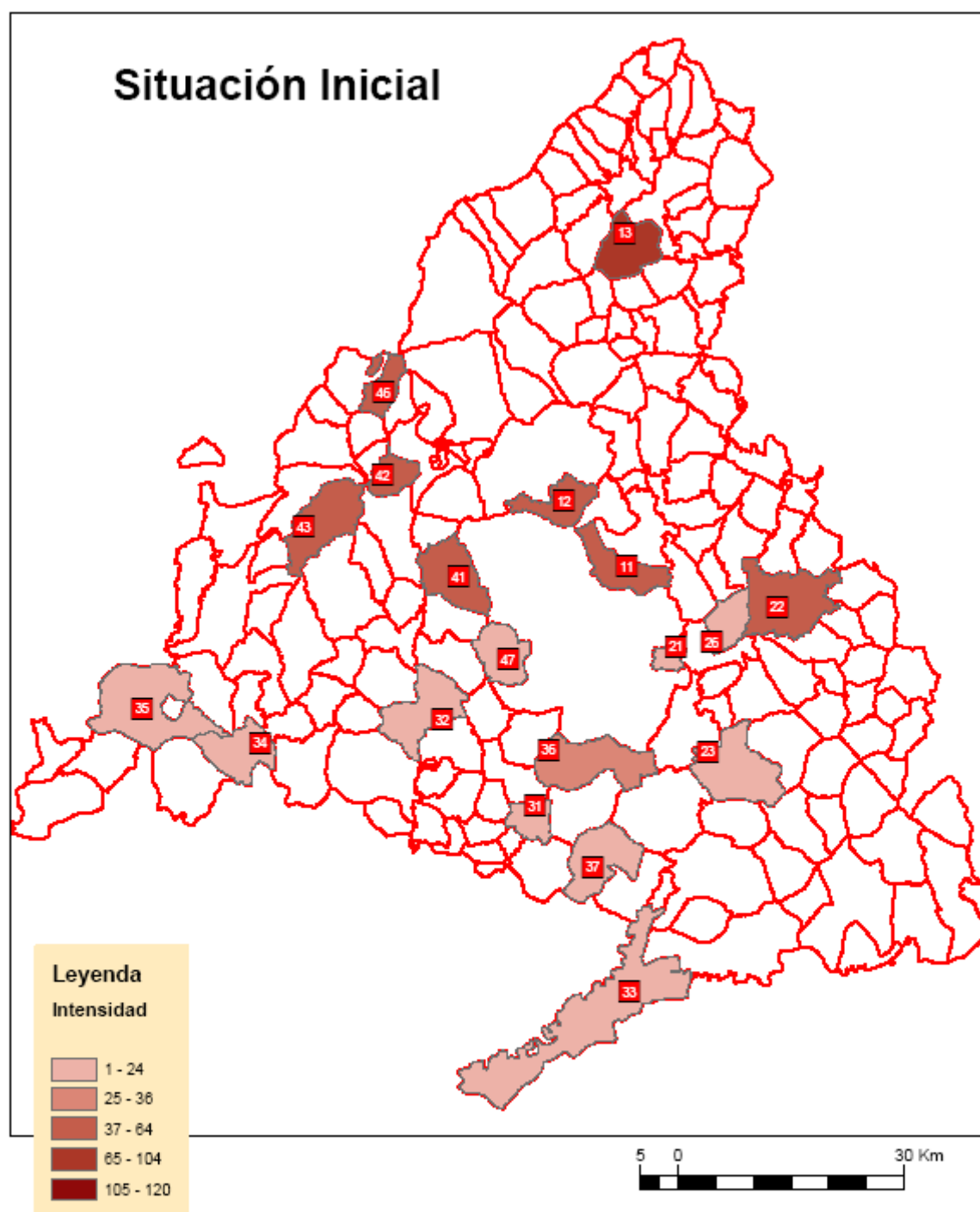
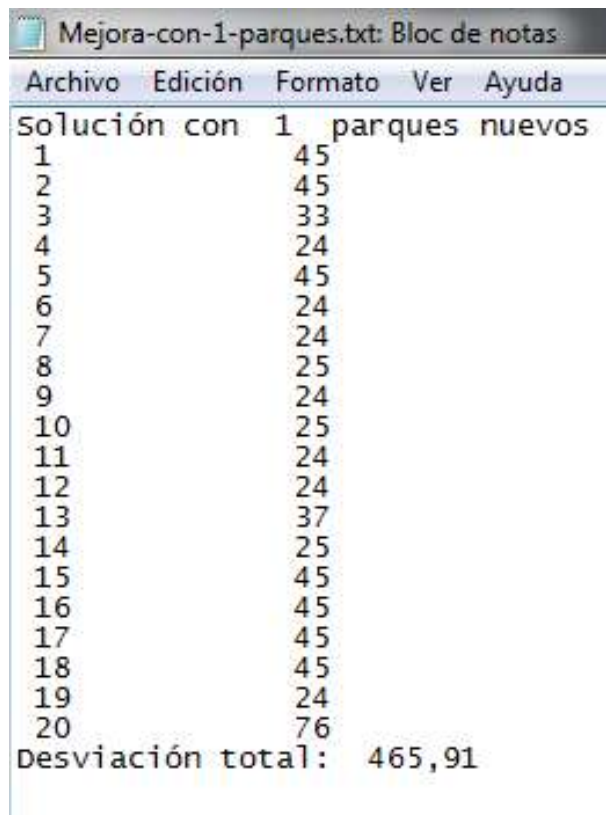


Fig.- 54 Mapa Resultado Situación inicial de Parques

Con un Parque nuevo

Con las condiciones iniciales el programa muestra los siguientes resultados:



solución con 1 parques nuevos	
1	45
2	45
3	33
4	24
5	45
6	24
7	24
8	25
9	24
10	25
11	24
12	24
13	37
14	25
15	45
16	45
17	45
18	45
19	24
20	76
Desviación total: 465,91	

Fig.55 Tabla Resultado un Parque añadido

Aquí se aprecia la propuesta del programa de un nuevo Parque en el término municipal de código 76 (Guadarrama) rebajando considerablemente la “carga de trabajo de municipios como Lozoyuela y equilibrando considerablemente el valor de la desviación de estos valores entre los Parques.

La representación gráfica de estos resultados sobre la cartografía de términos municipales es la siguiente.

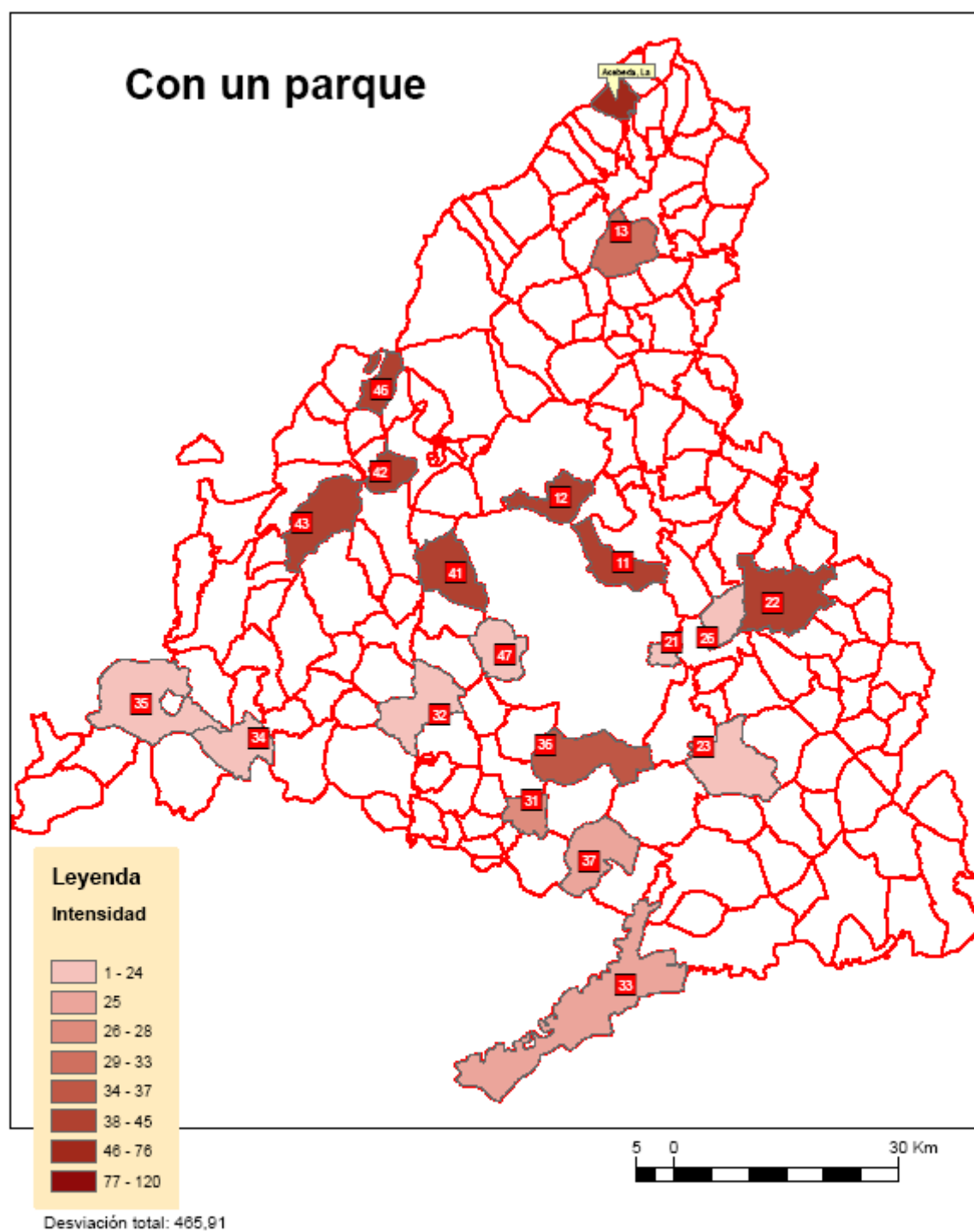
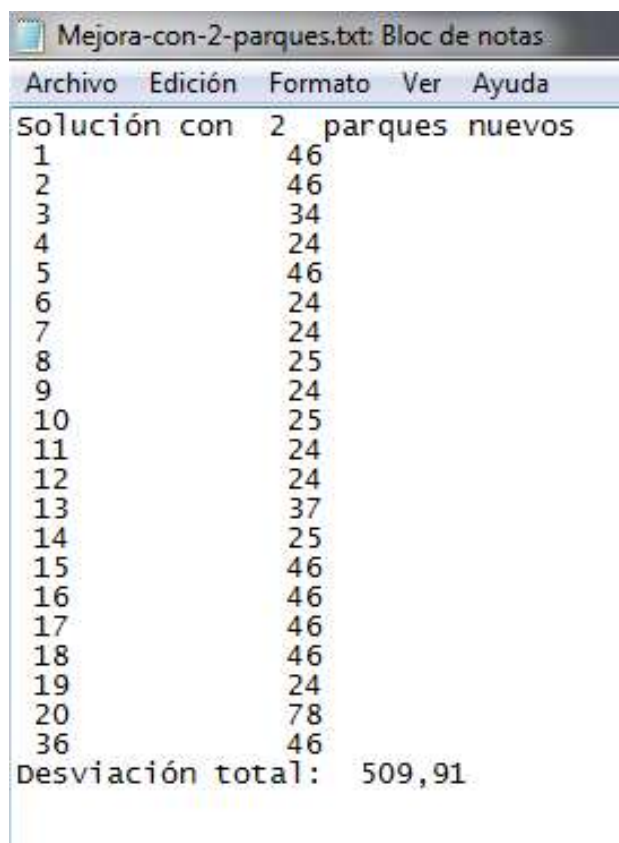


Fig. 56 Mapa Resultado un Parque añadido

Con dos nuevos Parques

Con dos nuevos Parques se observa que son los asignados con los código 78 (Horcajo de La Sierra) y 46 (Campo Real)



solución con 2 parques nuevos	
1	46
2	46
3	34
4	24
5	46
6	24
7	24
8	25
9	24
10	25
11	24
12	24
13	37
14	25
15	46
16	46
17	46
18	46
19	24
20	78
36	46
Desviación total: 509,91	

Fig. 57 Tabla Resultado dos Parques añadidos

La representación gráfica de estos resultados sobre la cartografía de términos municipales es la siguiente

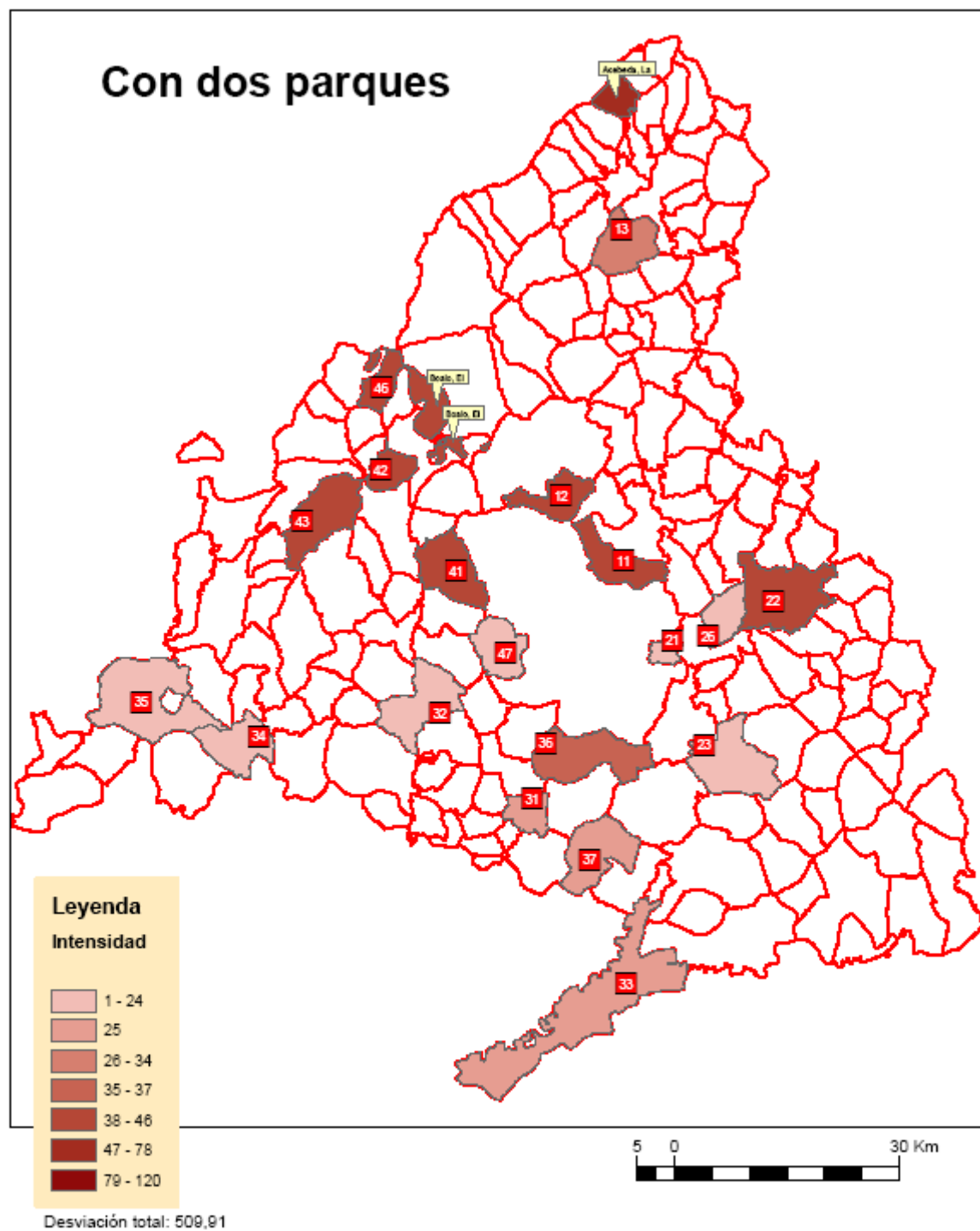
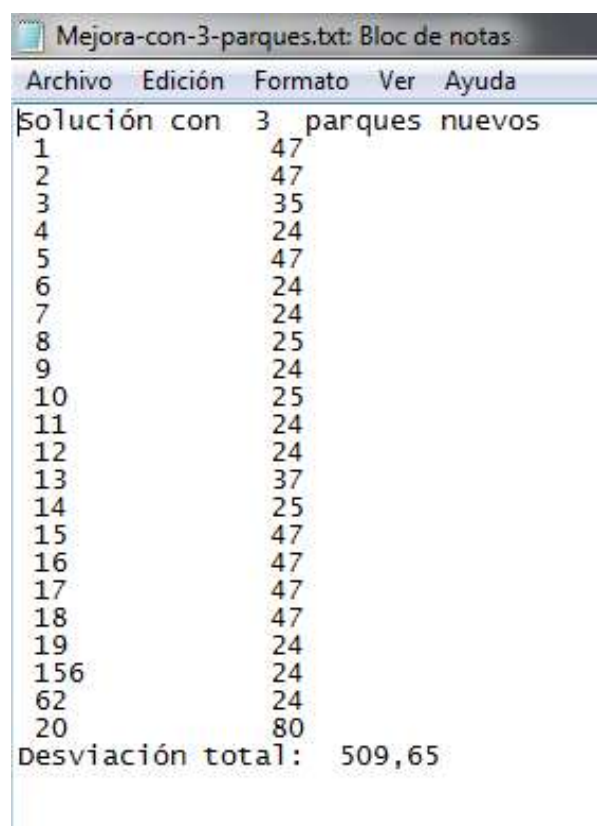


Fig. 58 Mapa Resultado dos Parques añadidos

Con tres nuevos Parques

El sistema propone los términos municipales 156 (Valverde de Alcalá), 62 (Corpa) y 20 (La Acebeda), asumiendo este un protagonismo inesperado por su carga de trabajo



The screenshot shows a Notepad window with the title 'Mejora-con-3-parques.txt: Bloc de notas'. The window contains a table with two columns. The first column lists 20 numbered items, and the second column lists corresponding numerical values. At the bottom of the table, there is a row labeled 'Desviación total:' followed by the value '509,65'.

Solución con 3 parques nuevos	
1	47
2	47
3	35
4	24
5	47
6	24
7	24
8	25
9	24
10	25
11	24
12	24
13	37
14	25
15	47
16	47
17	47
18	47
19	24
156	24
62	24
20	80
Desviación total:	509,65

Fig. 59 Tabla Resultado tres Parques añadidos

La representación gráfica de estos resultados sobre la cartografía de términos municipales es la siguiente.

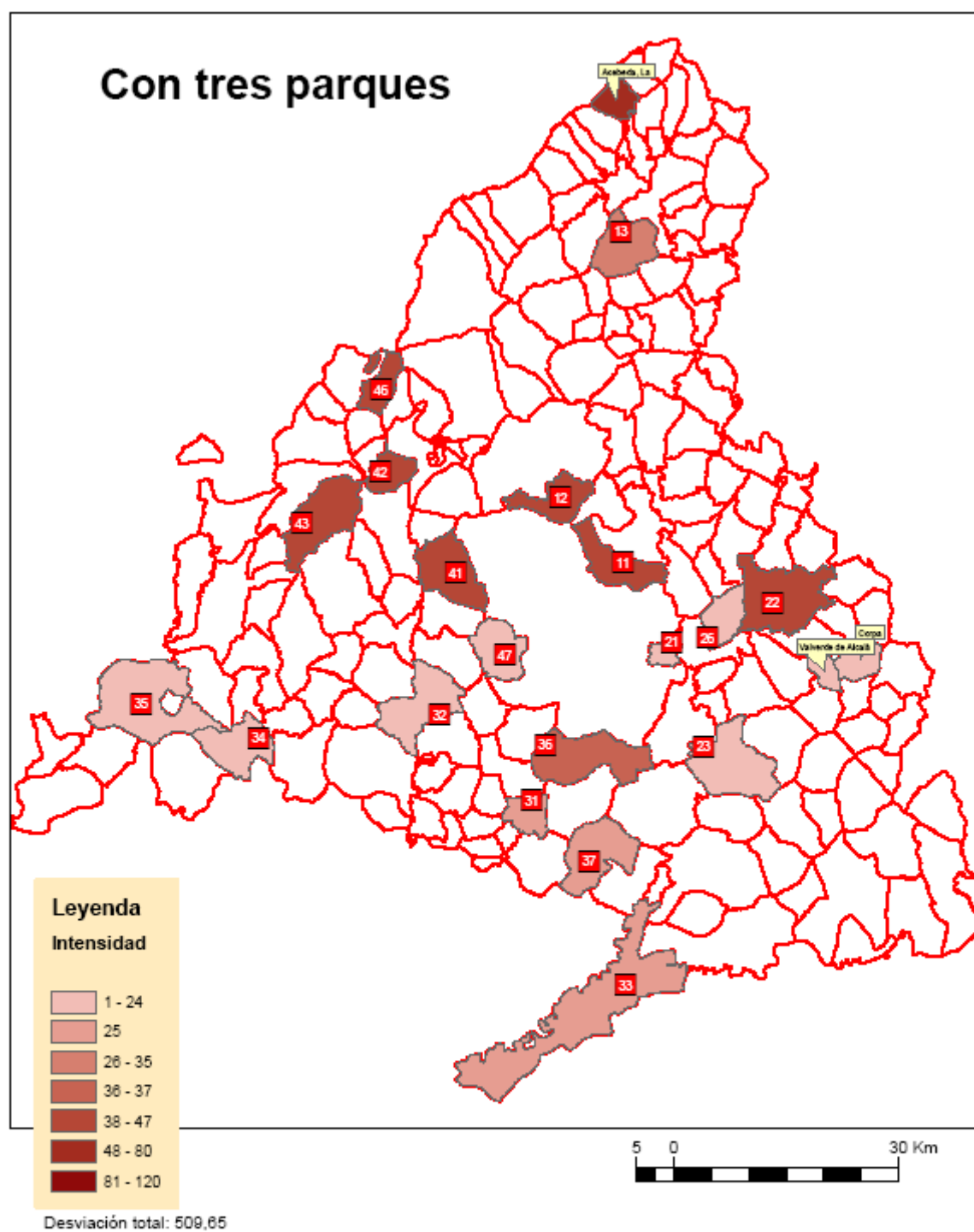
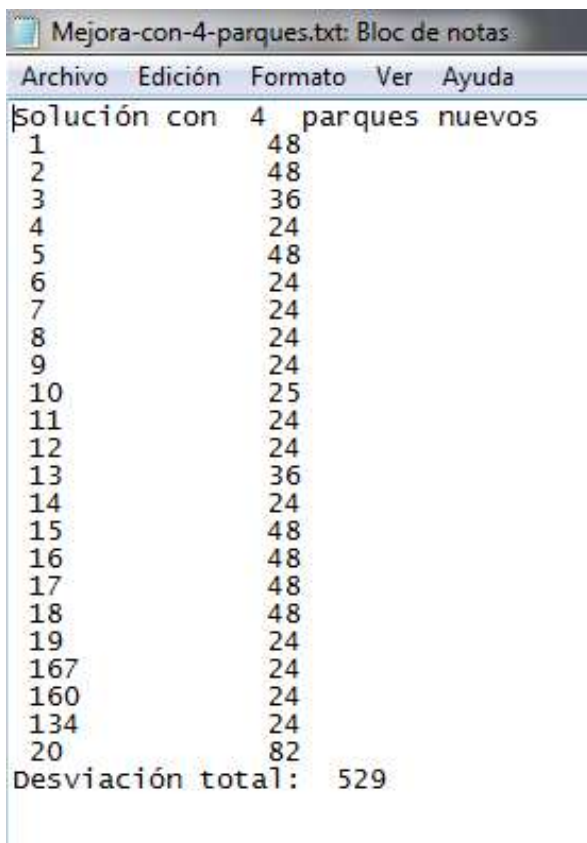


Fig. 60 Mapa Resultado tres Parques añadidos

Con cuatro nuevos Parques

El sistema propone los términos municipales 167 (Villanueva de Perales), 160 (Villa del Prado), 134 (Sevilla La Nueva) y de nuevo 20 (La Acebeda).



The image shows a screenshot of a Notepad window with the title 'Mejora-con-4-parques.txt: Bloc de notas'. The window contains a table with two columns: a list of terms on the left and their corresponding values on the right. The table is as follows:

Solución con 4 parques nuevos	
1	48
2	48
3	36
4	24
5	48
6	24
7	24
8	24
9	24
10	25
11	24
12	24
13	36
14	24
15	48
16	48
17	48
18	48
19	24
167	24
160	24
134	24
20	82
Desviación total: 529	

Fig. 61 Tabla Resultado cuatro Parques añadidos

La representación gráfica de estos resultados sobre la cartografía de términos municipales es la siguiente.

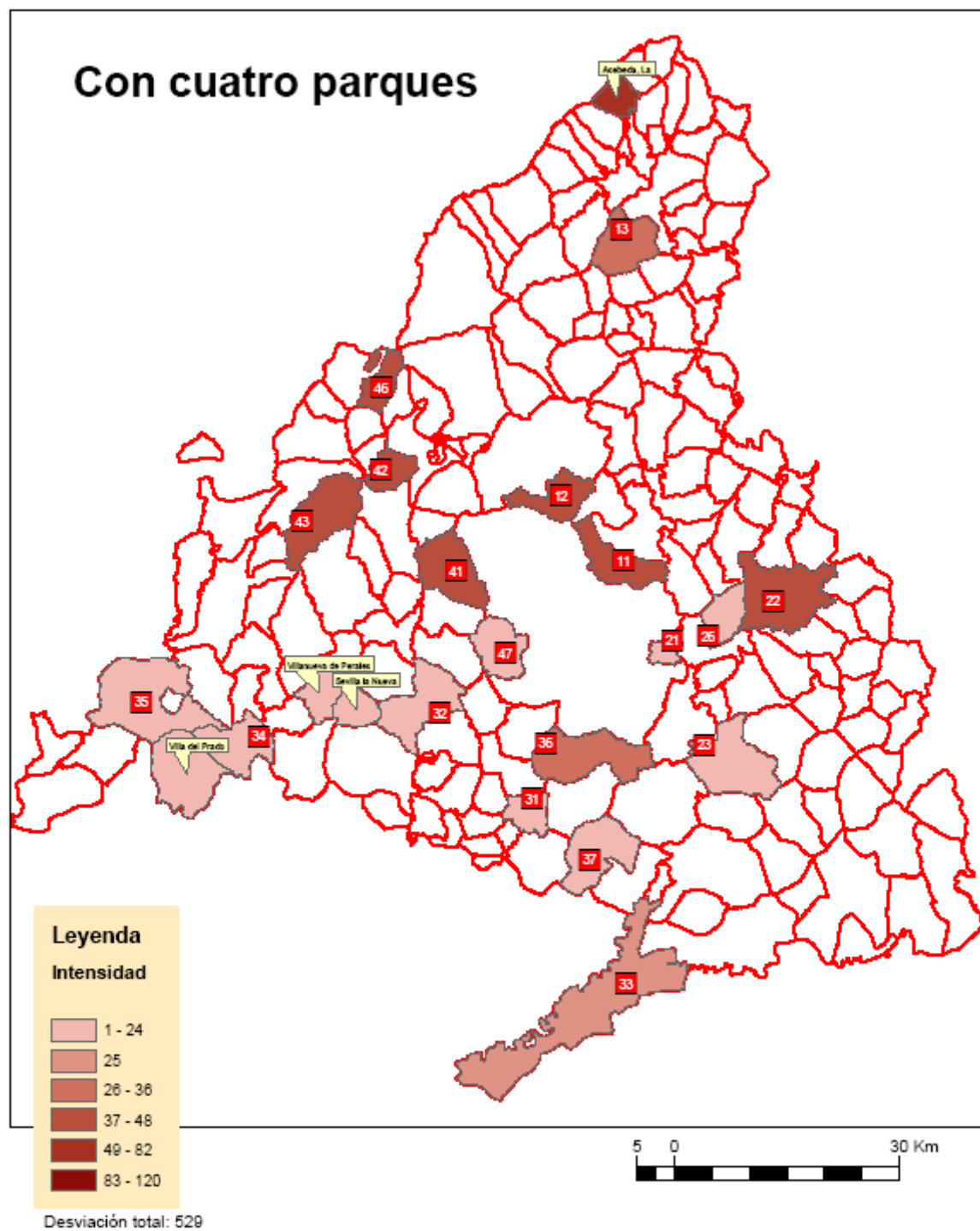
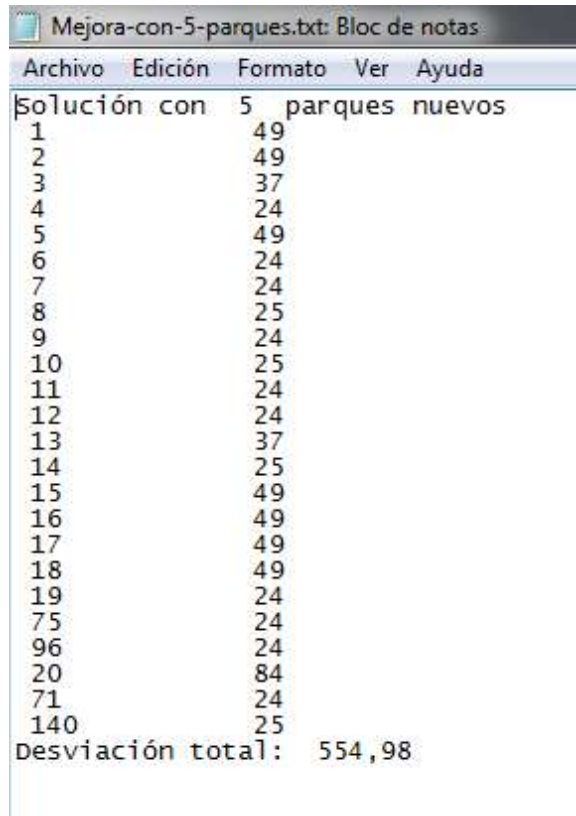


Fig. 62 Mapa Resultado cuatro Parques añadidos

Con cinco nuevos Parques

El sistema propone los términos municipales 75 (Guadalix de la Sierra), 96 (Navalagamella), 20 (La Acebeda), 71 (Garganta de los Montes) y 140 (Torrejón de la Calzada)



Solución con 5 parques nuevos	
1	49
2	49
3	37
4	24
5	49
6	24
7	24
8	25
9	24
10	25
11	24
12	24
13	37
14	25
15	49
16	49
17	49
18	49
19	24
75	24
96	24
20	84
71	24
140	25
Desviación total: 554,98	

Fig. 63 Tabla Resultado Cinco parques añadidos

La representación gráfica de estos resultados sobre la cartografía de términos municipales es la siguiente.

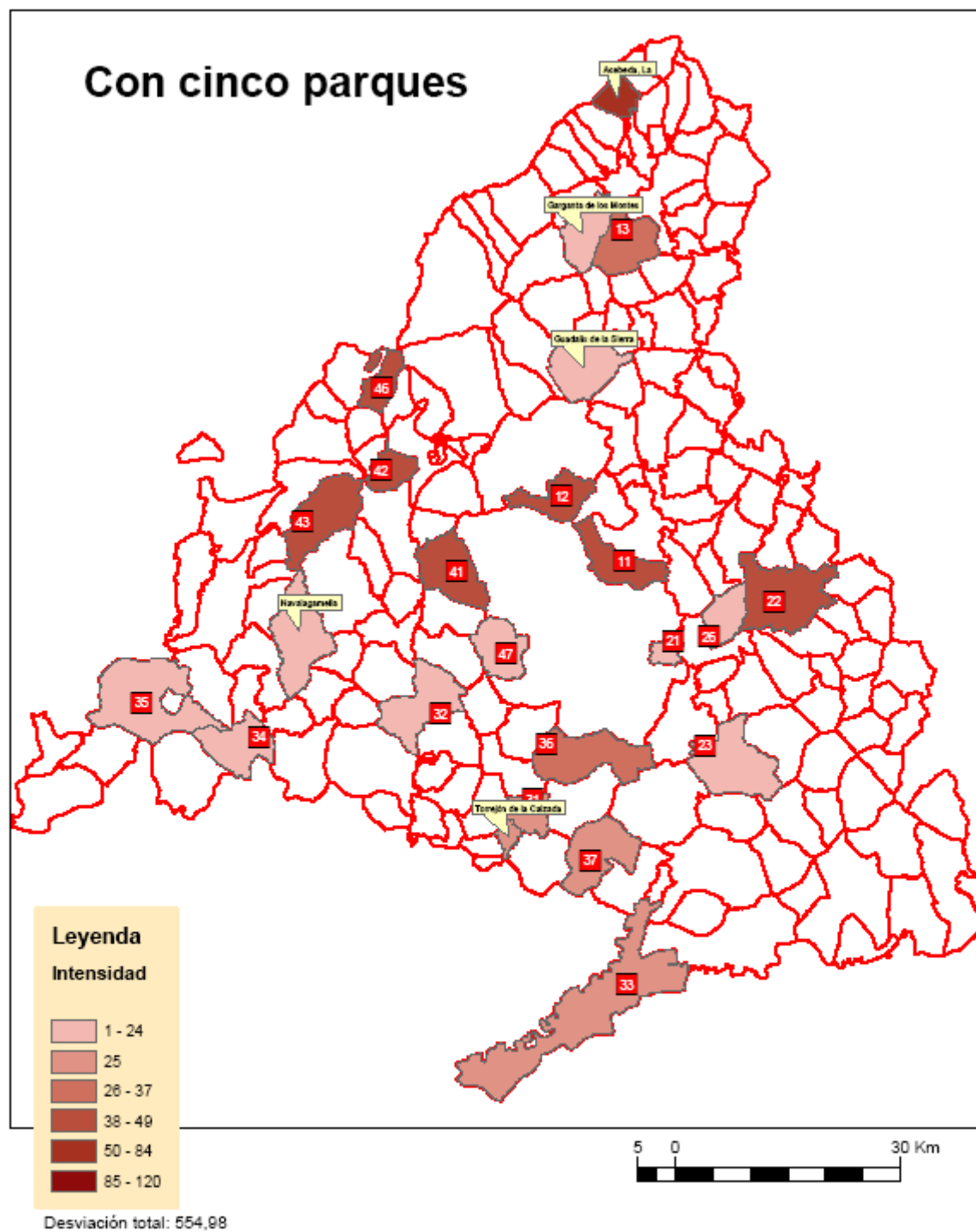
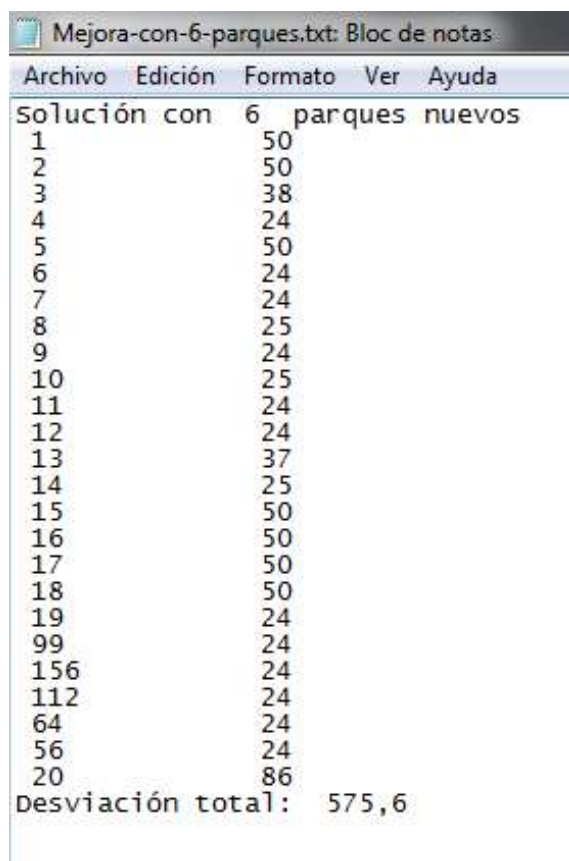


Fig. 64 Mapa Resultado Cinco Parques añadidos

Con seis nuevos Parques

El sistema propone los términos municipales 99 (Navas del Rey), 156 (Valverde de Alcalá), 112 (Pozuelo del Rey), 64 (Daganzo de Arriba), 56 (Cobeña) y 20 (La Acebeda).



Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
solución con 6 parques nuevos				
1		50		
2		50		
3		38		
4		24		
5		50		
6		24		
7		24		
8		25		
9		24		
10		25		
11		24		
12		24		
13		37		
14		25		
15		50		
16		50		
17		50		
18		50		
19		24		
99		24		
156		24		
112		24		
64		24		
56		24		
20		86		
Desviación total:		575,6		

Fig. 65 Tabla Resultado seis Parques añadidos

La representación gráfica de estos resultados sobre la cartografía de términos municipales es la siguiente.

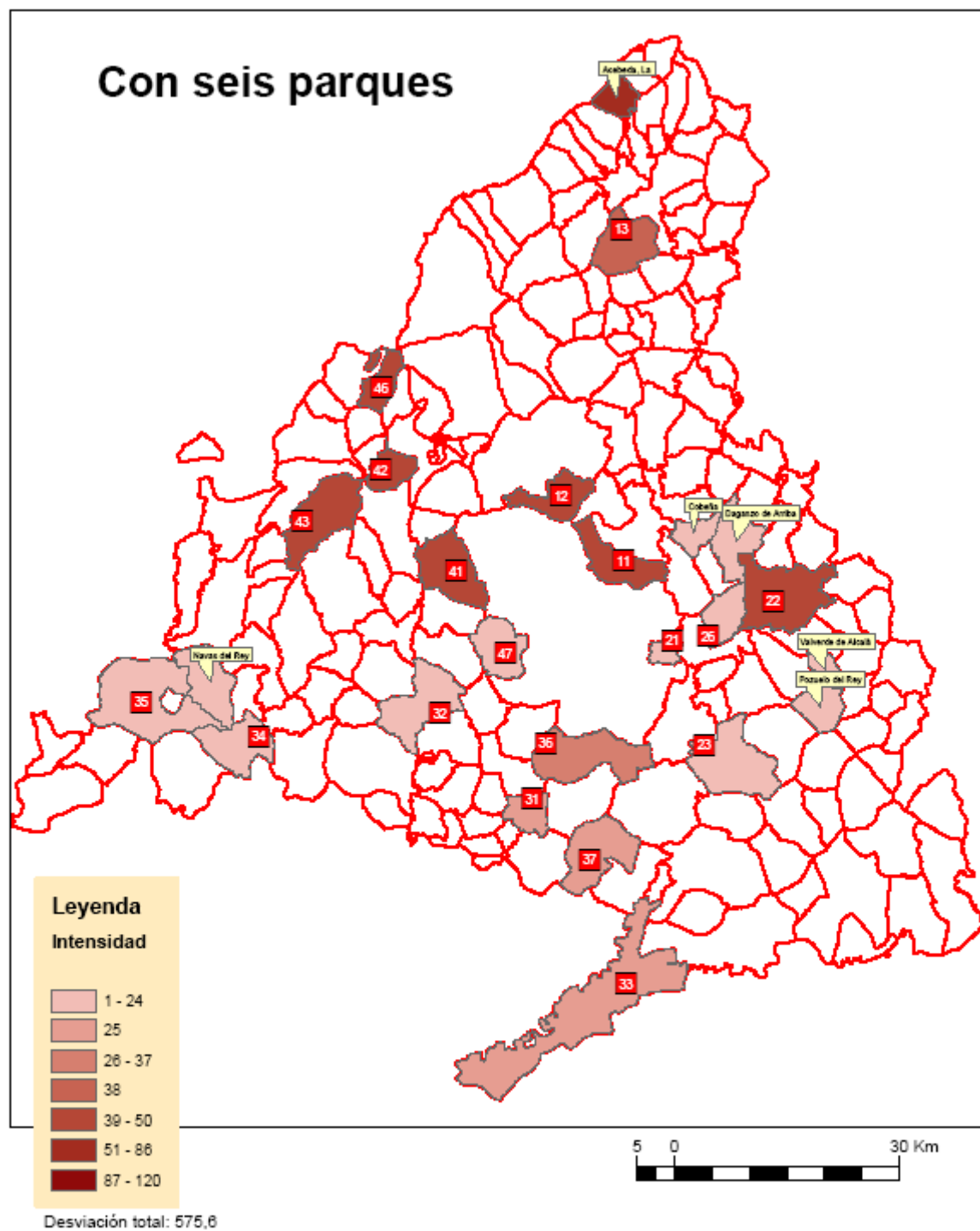
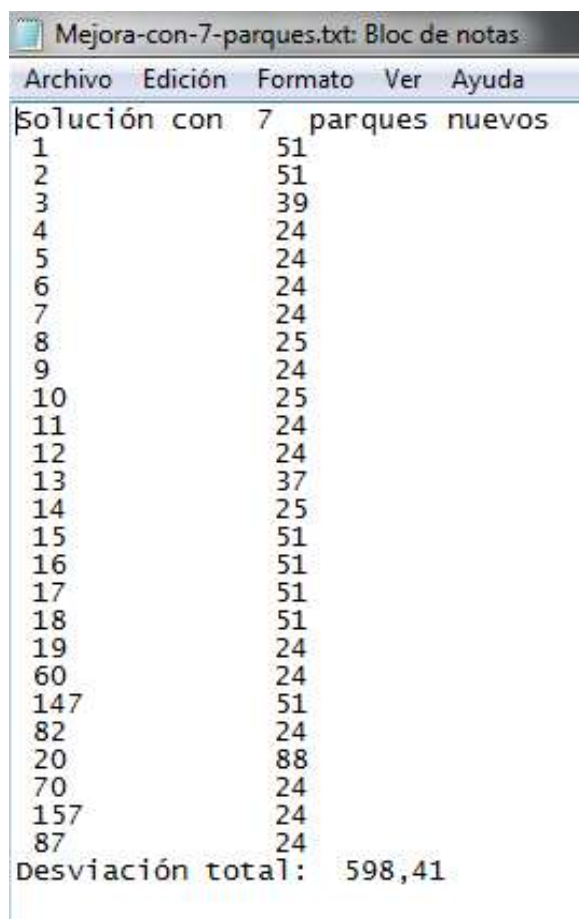


Fig. 65 Tabla Resultado seis Parques añadidos

Con siete nuevos Parques

El sistema propone los términos municipales 60 (Colmenar Viejo), 147 (Valdeavero), 82 (Loeches), 20 (La Acebeda), 70 (Galapagar), 157 (Velilla de San Antonio) y 87 (Mejorada del Campo).



The image shows a screenshot of a Notepad window titled "Mejora-con-7-parques.txt: Bloc de notas". The window contains a table with two columns. The first column lists various terms, and the second column lists corresponding values. At the bottom, there is a summary row labeled "Desviación total:".

Solución con 7 parques nuevos	
1	51
2	51
3	39
4	24
5	24
6	24
7	24
8	25
9	24
10	25
11	24
12	24
13	37
14	25
15	51
16	51
17	51
18	51
19	24
60	24
147	51
82	24
20	88
70	24
157	24
87	24
Desviación total:	598,41

Fig. 67 Tabla Resultado Siete parques añadidos

La representación gráfica de estos resultados sobre la cartografía de términos municipales es la siguiente.

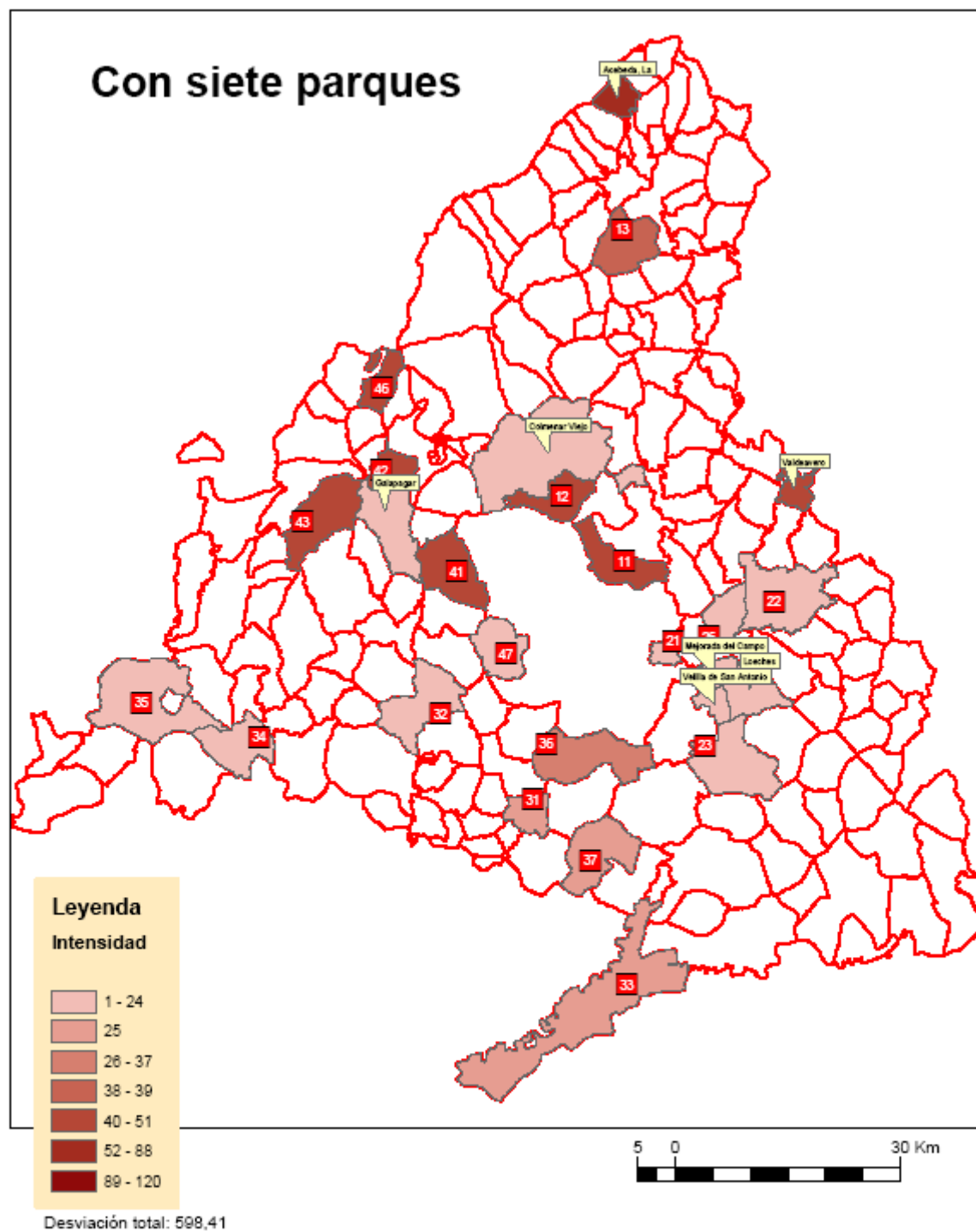


Fig. 68 Mapa Resultado Siete parques añadidos

En cada uno de los siete supuestos elaborados se puede observar también la tipología de parque propuesta según las cuatro categorías descritas y por tanto su equivalencia económica.

Con 7 parques nuevos:		LEYENDA DE LOS PARQUES	
Alta Intensidad:	20	20	ACEBEDA LA
Media/Alta Intensidad:	147 18 17 16 15 2 1	147	VALDEAVERO
Media/Baja Intensidad:	3 13	18	Parque Nº 46
Baja Intensidad:	14 10 8 87 157 70 82 60 19 12 11 9 7 6 5 4	17	Parque Nº 43
		16	Parque Nº 42
		15	Parque Nº 41
		2	Parque Nº 12
		1	Parque Nº 11
		3	Parque Nº 13
		13	Parque Nº 36
		14	Parque Nº 37
		10	Parque Nº 33
		8	Parque Nº 31
		87	MEJORADA DEL CAMPO
		157	VELILLA DE SAN ANTONIO
		70	GALAPAGAR
		82	LOECHES
		60	COLMENAR VIEJO
		19	Parque Nº 47
		12	Parque Nº 35
		11	Parque Nº 34
		9	Parque Nº 32
		7	Parque Nº 26
		6	Parque Nº 23
		5	Parque Nº 22
		4	Parque Nº 21

Fig.- 70 Pantalla Aplicación Módulo Primero

Como ejemplo en el caso de 7 parques nuevos el resultado refleja que sería conveniente un parque de intensidad alta en el municipio 20 (La Acebeda) por un importe de 6 millones de €, un parque en el municipio 147 (Valdeavero) de intensidad media/alta por un importe de 4,5 millones de € y los cinco restantes en los municipios de (Mejorada del Campo, Velilla de San Antonio, Galapagar, Loeches y Colmenar Viejo) por un importe de 1 millón € cada uno. De todo ello se desprende un total de 17,5 millones de €.

Como resumen desde el punto de vista económico se muestran los resultados obtenidos

IC	Variación IC	Repercusión Económica	Número de parques nuevos
2641	0		
2495	146	6.000.000	1
2074	567	10.000.000	2
1784	857	9.000.000	3
1558	1083	10.500.000	4
1327	1314	12.00.0000	5 (4 de 1,5 y 1 de 6)
1163	1478	13.500.000	6
1046	1595	17.500.000	7 (1 de 6, 1 de 4,5 y 5 de 1)

Fig.- 71 Resultados módulo primero

4.4.2 Segundo módulo: Determinación de las consecuencias de invertir en nuevo vehículos y su influencia en el Índice de Colapso Total.

Aquí los resultados obtenidos muestran, como puede verse en la pantalla como la mejor inversión en vehículos quedaría reflejada en un aumento de la capacidad de trabajo en cada cuadrícula. Si una cuadrícula determinada es capaz de soportar un mayor umbral de IC esto implica que es porque existe obligatoriamente un mayor número de vehículos actuando.



Fig. 72 Aplicación segundo módulo

En la imagen se muestran los resultados que arroja la aplicación informática desarrollada. En la primera simulación se observa como un IC total anual umbral de 10.000 unidades de tiempo, marcado como referencia inicial, produce un sumatorio del Índice Total de Colapso de 2.642,5 es decir un IC del 26,42 %. ($IRO = 100 - IC = 73,58$). A partir de aquí procedemos a buscar un aumento del umbral (15000) y ver la repercusión que tiene en el IRO que se reduce a 22,12 % pero con una repercusión económica de 906.206 € que sería la cifra a invertir en vehículos.

A modo de resumen algunos de los datos obtenidos son los siguientes:

IC		Variación IC	Repercusión Económica	Umbral
2641,35	(26,41)	0		10.000
2212,94	(22,12)	429,41	9.062.060	15.000
1919,61	(19,19)	722,74	18.348.360	20.000
1519,49	(15,19)	1122,86	36.920.960	30.000
1368,45	(13,68)	1273,9	46.207.260	35.000
1244,73	(12,44)	1397,62	55.493.560	40.000
1055,08	(10,55)	1587,27	74.066.160	50.000
980,67	(9,80)	1661,68	83.352.460	55.000

Fig.- 73 Resultados módulo segundo

4.4.3 Tercer Módulo: Determinación de la variación del Índice de Colapso Total a partir de asignaciones económicas de formación a distintas tipologías de siniestros

Aquí la tercera variable a considerar es la formación sobre ella actuaremos lógicamente con el segundo sumando del IC, es decir la DS. A partir del conocimiento de las inversiones anuales realizadas por el Cuerpo de Bomberos en formación y de su relación directa sobre determinadas tipologías en las que interviene, se obtiene la influencia de una determinada cantidad de dinero en unidades de tiempo de cada tipología de siniestro. Aquí el objetivo será obtener aquella mejor distribución económica de los recursos de formación que logra que el sumatorio de IC sea menor (IRO mayor) actuando en una menor duración de los servicios.

4.4.4 Cuarto Módulo: Optimización de la mejor asignación de una determinada cantidad presupuestaria en vehículos, formación y nuevas infraestructuras de Parques.

Tal como se mencionó en el capítulo anterior, una vez calculadas las tres rectas de regresión de los valores anteriores se procede a realizar una optimización de la mejor distribución de un determinado presupuesto anual entre formación, construcción de nuevos Parques de Bomberos y aumento de recursos de vehículos.

Del mismo modo, una vez calculados estos valores y observando los valores de cada IC resultantes, se obtienen en sentido inverso valores suficientes para poder proponer al responsable político si desea tener un determinado IRO en la Comunidad de Madrid de qué presupuesto debe disponer y como debe distribuirlo entre formación, nuevos Parques y nuevos vehículos.

Capítulo 5

CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

En este último capítulo se presentan brevemente las principales conclusiones que se derivan del trabajo realizado y posibles líneas de investigación que se podrían desarrollar en el futuro.

5.1 Conclusiones

Las conclusiones más relevantes que se desprenden del trabajo realizado son las siguientes.

Los Sistemas Complejos poseen dos características que los hacen especialmente recomendables para su aplicación en la gestión de las emergencias. Por su propia complejidad el estudio de estos sistemas se basa en la determinación de posibles pautas de comportamiento a partir del conocimiento de las relaciones entre los agentes del sistema y este conocimiento es clave en las gestiones de las emergencias. Por otra parte, la interdependencia entre los sistemas complejos y los usuarios producen mutuas transformaciones en las decisiones de los agentes, en las estructuras sociales y en los propios sistemas. Esto es lo que en la actualidad ocurre con en las decisiones basadas en las estructuras participativas existentes en las organizaciones de protección civil.

Por otra parte los Sistemas Complejos Socialmente Inteligentes, aquí mencionados producen soluciones centradas en las personas que utilizan el comportamiento participativo para proponer decisiones que incorporan las mejores prácticas para resolver retos globales (reducción pérdidas de vidas, daños al medio ambiente, pérdida de bienes, crisis políticas, etc.)

Existen pocas referencias que muestren trabajos sobre toma de decisiones en el campo de las emergencias, si bien, debido al impacto de algunos sucesos relacionados con las catástrofes tiene en la sociedad, esta tendencia se está invirtiendo. Esto no es achacable a la falta de problemas en la vida real, ya que existen muchos, entre ellos los presentados en esta tesis (localización óptima de recursos, estrategias de combate, gestión de colas de llamadas, sistemas de evacuación precisos, etc.) y que sí demandan un profundo análisis. Por ello el “ciclo global de la emergencia” propuesto, prevención, detección, combate, rehabilitación y tratamiento informativo de los siniestros” es el escenario en el que debe analizarse todo el problema de la gestión de las emergencias.

Por otra parte en esta tesis se ha estudiado el carácter estático y dinámico de unos nuevos indicadores en las emergencias como son el Índice de Colapso y el Índice de Respuesta Operativa. Se ha demostrado la mejora que supone para la gestión de la emergencia y para la planificación operativa adecuada previa de recursos. También ha quedado reflejada la idoneidad de cálculo de estos indicadores de cara a mostrar la auténtica realidad del riesgo en función no sólo de los peligros sino también de la capacidad de respuesta ante ellos. Es un indicador que debería y podría ser utilizado por todas las administraciones de cara a facilitar la gestión de siniestros que pudieran llegar a tener un interés nacional (nivel 3 según la normativa de protección civil). Permitiría poder medir y comparar las mismas unidades entre cualquier administración de España o de otras administraciones incluso.

La respuesta operativa, plasmada en el IRO permite optimizar “minimizando los riesgos” y/o “maximizando la capacidad de respuesta”. Este es el enfoque correcto que debe darse a la gestión de riesgos. Como herramienta de gestión se ha logrado su modelización, programación y optimización de sus resultados. Es una herramienta muy potente de gestión de la planificación operativa de cualquier organización responsable de responder a las emergencias a distintas escalas que pueden ser desde municipales, autonómicas, nacionales, etc. Además de una mejora en la seguridad de los ciudadanos y en la gestión de los recursos, permite al mundo de las aseguradoras disponer de un nuevo criterio de racionalización de su gestión económica con todas las consecuencias que de ello se derivan. El desarrollo de nuevas aplicaciones informáticas, nuevas tecnologías de comunicación y la integración de todas ellas, permite que sea ahora el momento en el que esta tesis pueda ver la luz. En concreto, en el ámbito geográfico en el que se aplican los resultados de la Comunidad de Madrid ha existido una cantidad de datos significativa que, si bien es mejorable, es muy superior en calidad y cantidad a la existente hace unos años. El I.R.O. es en definitiva un enfoque novedoso, científicamente robusto, extrapolable, y de aplicación directa en la sociedad.

Actualmente es un momento crítico para poder medir y comparar con coherencia en todo el territorio nacional. Por muy positiva que sea toda la normativa que se está desarrollando en los últimos tiempos a nivel nacional, autonómico y local es necesario dotarlas de herramientas robustas de cálculo para poder evaluar las soluciones más adecuadas o con mayor probabilidad de serlo. Es un momento muy importante en el que, aunque se legisle con coherencia en la Protección de Infraestructuras Críticas, en un nuevo Sistema Nacional de Protección Civil (enero 2016), en un nuevo Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad de Madrid, en una nueva Ley de Seguridad, en un mayor número de Planes de Emergencia Municipales, etc. será necesario una aplicación realista a las posibles emergencias.

En el caso concreto de la Comunidad de Madrid son dignas de consideración las mejoras que en los Índices de Colapso parciales y en consecuencia en el Índice de Respuesta Operativo a nivel autonómico, se obtendrían reforzando la respuesta operativa con la presencia de unas nuevas infraestructuras de Parque de Bomberos en la zona norte y sureste. También es muy significativa la escasa “intensidad de trabajo”, desde el punto de vista del colapso definido, de la zona de actuación de los Parques existentes en San Martín de Valdeiglesias y Aldea del Rey fuera de la campaña estival. Del mismo modo llama la atención como los resultados muestran una estrecha relación entre los Parques de Coslada y Torrejón de Ardoz de cara a su posible unificación o consideración como ente único. También, y tal vez lo más representativo en este aspecto sea la idoneidad de una nueva ubicación de Parque de Bomberos en el término municipal de La Acebeda. Aspecto que una vez analizados los resultados tiene bastante lógica dada la gran cantidad de territorio cubierto y aunque no en población sí en siniestros relacionados con la vegetación en épocas de alto peligro de incendios forestales. Una realidad que de hecho se cubre actualmente con diversos retenes individuales y agrupados en su zona de influencia.

También se ha realizado el estudio global del problema optimizando la solución que permite, a partir de una asignación presupuestaria dada, la mejor distribución de la misma en cada una de las variables de nuevas infraestructuras, vehículos y/o formación. Del mismo modo se posibilita, a través del muestreo realizado con este optimizador, la resolución del problema inverso para que, partiendo de un IRO objetivo determinar la cuantía presupuestaria necesaria para lograr dicho valor y en consecuencia su mejor distribución

En los resultados también es muy destacable, tal como ha quedado demostrado, las ventajas de cambiar la filosofía de construcción de Parques habituales e ir hacia Parques más pequeños pero más numerosos. La influencia de los tiempos de llegada excesivamente elevados provocan un sumatorio en el Índice de Colapso de con gran impacto que podrían ser corregidos con Parques de Bomberos de menor tamaño pero más próximos a los riesgos específicos de cada zona (tipología C y D).

También, comentar que se han realizado cálculos contemplando una posible modificación de los marcos competenciales que figuran en los convenios actuales entre los distintos Cuerpos de Bomberos Municipales de la Comunidad de Madrid tales como Alcorcón, Móstoles, Fuenlabrada y Madrid y también con las Comunidades Autónomas vecinas de Castilla La Mancha y de Castilla y León. Se demuestra que se obtienen unos marcos de actuación mucho más coherentes con la realidad que la franja de zona de despacho automático existente equidistante de 1 ó 2 km alrededor de los límites territoriales geográficos existentes. Sería mucho más lógico conveniar en función de los tiempos de llegada de todas las instituciones y plasmar los límites reales de actuación en una cartografía digital que permitiera, tal como se puede hacer ya hoy en día a través de sistemas de información geográficos en los centros 112, reducir considerablemente los tiempos de respuesta. Por desgracia, a veces, las zonas “fronterizas” entre administraciones pueden resultar más desfavorecidas si no se actúa con diligencia, es decir, con celeridad, oportunidad y proporcionalidad de medios.

5.2. Futuros desarrollos

A partir del trabajo realizado, se sugieren los siguientes aspectos como posibles futuros desarrollos:

Mapas de riesgo precisos a través de sistemas de preferencias determinados por Ley de Emergencias estatal y Homologados por la Comisión Nacional de Protección Civil. Facilitaría un despacho adecuado de medios del Estado ante cualquier solicitud de medios que se le realice. Serían valores comparables de una Comunidad Autónoma a otra. Todos hablarían el mismo lenguaje. Se contemplarían los mapas de riesgo como algo que debe evolucionar periódicamente y cada vez en intervalos de tiempo menores. Las aplicaciones informáticas deben permitir integrar rápidamente nuevos datos y mostrar rápidamente los resultados. No vale el riesgo calculado hace un año con los datos de entonces, se necesita el riesgo de ese día o de ese instante. También estos mapas deberían ser dinámicos.

Un IRO también determinado por Ley y que permitiera conocer cuál es la situación real de respuesta ante las emergencias en un territorio dado. Esto a su vez posibilitaría plantear políticas adecuadas desde el punto de vista de la seguridad ciudadana ya que se podrían plantear como objetivos medible dichos valores del IRO. Aquí estas políticas podrán definirse, tal como se ha visto en la tesis, con sistemas de preferencias que integran valores económicos, ecológicos, sociales, etc. y su resultado en el indicador.

Por otra parte se podrían realizar optimizaciones en la ubicación de los recursos, en forma genérica y función de su tipología, para así hacer menores los IROs específicos de ciertos riesgos y/o el global. La función valor a optimizar IRO ya habría quedado definida y sería medible.

Diseño inteligente de centrales de emergencia 112. Optimizar la gestión de la atención y despacho de llamadas, de la organización de puestos, de la asignación óptima de personal (cuadrantes), etc. Diseñar sistemas inteligentes que se adapten a las necesidades de cada instante. Variables como nº de llamadas, tipología de la llamada, nº de preguntas necesarias, transferencia de la llamada en el momento justo, nº de operadores necesarios en cada instante, integración con otras centrales de emergencia de carácter nacional e internacional, etc. Se podría mejorar la gestión de las colas de llamada en los Centros de Atención y Despacho de llamadas de emergencia 112. Actualmente existe un amplio margen de mejora en la organización del flujo de llamadas entrantes en estos centros. El volumen de llamadas está siendo cada vez mayor al derivarse la atención primaria telefónica de llamadas de antiguos teléfonos de emergencias (085, 080, 092, 062, etc.) directamente a estos centros 112. Esto requiere un nuevo enfoque ya que los tiempos de respuesta deben ser los correctos, el número de operadores es limitado y fundamentalmente la gestión de esa atención y despacho de llamada debe efectuarse correctamente. Estamos ante una segunda generación de estos centros en España. Por otra parte el resto de Europa no es ajeno a esta problemática y también les sería de aplicación estos nuevos desarrollos.

También en las centrales de coordinación de las distintas organizaciones responsables del mando y control se podrán desarrollar sistemas que aporten soluciones ante el tratamiento de siniestros simultáneos. Desde el ámbito sanitario, de seguridad y de bomberos se podrá determinar la asignación “óptima” de recursos a todas y cada una de las intervenciones según la disponibilidad de medios, ubicación, características de los recursos, tipología del siniestro, época del año, horario, probabilidad de aparición de otros siniestros, etc.

Estudios de evacuación. Se pueden optimizar, sin lugar a duda, evacuaciones masivas de ciudades, edificios, recintos de pública concurrencia, etc. Toda evacuación debería tener también su “optimización”. Hay que adecuar las vías de evacuación a las necesidades. Por ejemplo, hay que lograr optimizar la evacuación de las ciudades en el menor tiempo posible y según unas restricciones de medios, capacidades de las vías, recursos de transporte, itinerarios posibles, liberación de accesos para vehículos de emergencia, etc. Diseño de avisos masivos a la población selectivos por teléfono en función de su localización geográfica, riesgos personales, edificaciones, etc.

Toda esta información mejoraría el diseño de:

Modelo de planes de actuación ante siniestros en determinados espacios: aeropuertos, edificios en altura, edificios de pública concurrencia, túneles, etc.

Planificación, normativa, legislación, etc.

Formación. Todas las herramientas informáticas descritas servirían para formar a los profesionales de las emergencias. Igual que existen simuladores de vuelo para los pilotos de aviones, se plantearían distintos escenarios de intervenciones y toma de decisiones. La calidad de la enseñanza mejoraría considerablemente, la evaluación sería más justa. El nivel de los profesionales aumentaría considerablemente. Además podría ser, bien gestionada, una fuente de ingresos en la formación a otras organizaciones.

Mejora en la gestión de la organización. Calidad de la organización, procesos. Indicadores de procesos parciales y globales robustos y fiables. Conocer el funcionamiento de la organización en un momento dado y seguir el grado de avance de los proyectos. Permitiría poder desarrollar, por ejemplo, un Plan Director del Cuerpo de Bomberos de gran nivel y válido para muchos años. Sería además una gran herramienta de negociación colectiva de acuerdos con los representantes de las organizaciones sindicales. Es fundamental.

Optimización de la gestión de emergencias en tiempo real. El Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid atiende intervenciones con una variada tipología: incendios en viviendas, tratamiento de mercancías peligrosas (N.B.Q.: nuclear, bacteriológico, químico), inundaciones, incendios forestales, accidentes de tráfico, rescates en montaña, edificios colapsados, etc. En el escenario del mando y control in situ de la propia intervención la ayuda a la toma de decisiones a través de *simuladores informáticos* que permitan conocer una previsión del comportamiento del siniestro resultan fundamentales. Siniestros como los incendios forestales, comportamiento de nubes tóxicas, zonas afectadas por inundaciones, aludes en la montaña, mercancías peligrosas, riesgo sísmico, edificios colapsados – derrumbes, etc., pueden y deben ser modelizados cada vez con mayor exactitud. Herramientas informáticas que permitan, a partir de datos iniciales, anticiparse a su comportamiento serán cada vez más útiles. Por ejemplo en incendios forestales a partir de: datos meteorológicos, datos de topografía, de vegetación, etc. En mercancías peligrosas a partir del producto, de las condiciones meteorológicas, etc. En inundaciones con los datos meteorológicos, topografía, etc. En derrumbes de edificios cálculos de estabilidad estructural rápidos, localización inmediata de posibles víctimas, etc. Tecnologías de gran desarrollo como imágenes de infrarrojo de última generación, cámaras lidar, teledetección, transmisión de imágenes y video en tiempo real, nuevos diseños de robótica aplicada a las emergencias, etc. deben integrarse en la gestión de la emergencia. Aquí también son importantes herramientas informáticas que aporten posibles soluciones de cara a establecer una estrategia adecuada para la resolución de la intervención. La decisión siempre será del responsable que asuma el mando, pero disponer de información de calidad es necesario. Poder disponer de herramientas que analicen múltiples posibles soluciones y que determinen a partir de prioridades y restricciones determinadas la solución que tenga la mayor probabilidad de ser la óptima es fundamental.

Mejoras:

En primer lugar, se podrían introducir mejoras respecto al trabajo ya realizado en esta tesis. Así sería interesante:

- Mejorar el código desarrollado para programar la herramienta, pues cualquier aplicación informática siempre puede ser mejorada.
- Profundizar en el estudio de combinaciones de parámetros para las técnicas utilizadas en función del tamaño del problema.

Respecto a la herramienta desarrollada, se podría:

- Agregar nuevas capas de estudio
- Desarrollar de nuevo la herramienta a base de software libre e independiente

Capítulo 6

BIBLIOGRAFÍA

1. Afshar, A., Rasekh, A., Afshar, M.H., 2009. Risk-based optimization of large flooddiversion systems using genetic algorithms. *Engineering Optimization* 41 (3), 259–273.
2. Altay, N., Green, W.G., 2006. OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research* 175 (1), 475–493.
3. BBC News, n.d. Retrieved from <<http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-15592761>>.
4. Binmore, K. (2005). *Natural Justice*. Oxford University Press, New York.
5. Chang, M.-S., Tseng, Y.-L., Chen, J.-W., 2007. A scenario planning approach for the flood emergency logistics preparation problem under uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 43 (6), 737–754.
6. Ayuga E., Carlos García, Concepción González, Susana Martín y Eugenio Martínez, 2015. *Gestión de Conocimiento y Toma de Decisiones*. FUCOVASA.
7. Federal Emergency Management Agency, n.d. Retrieved from <<http://www.fema.gov/plan/prevent/hazus/>>.
8. Fiorucci, P., Gaetani, F., Minciardi, R., Trasforini, E., 2005. Natural risk assessment and decision planning for disaster mitigation. *Advances in Geosciences* 2, 161–165.
9. Görmez, N., Köksalan, M., Salman, F.S., 2011. Locating disaster response facilities in Istanbul. *Journal of the Operational Research Society* 62, 1–14. <http://dx.doi.org/10.1057/jors.2010.67> (Published online in 2010).
10. IFRC, 2010. *World Disasters Reports 2010: Focus on Urban risk*. Retrieved from <<http://www.ifrc.org/en/publications-and-reports/general-publications/#>>.
11. Jotshi, A., Batta, R., 2009. Investigating the benefits of re-optimisation while searching for two immobile entities on a network. *International Journal of Mathematics in Operational Research* 1 (1/2), 37–75.
12. Jotshi, A., Gong, Q., Batta, R., 2009. Dispatching and routing of emergency vehicles in disaster mitigation using data fusion. *Socio-Economic Planning Sciences* 43 (1), 1–24.
13. Kovács, G., Spens, K., 2007. Humanitarian logistics in disaster relief operations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 37 (2), 99–114.

14. G. Galindo, R. Batta / *European Journal of Operational Research* 230 (2013) 201–211
15. Lodree Jr., E.J., Taskin, S., 2009. Supply chain planning for hurricane response with wind speed information updates. *Computers & Operations Research* 36 (1), 2–15.
16. Madrid 112 < <http://www.madrid112.es/#>>.
17. McLoughlin, D., 1985. A framework for integrated emergency management. *Public Administration Review* 45, 165–172.
18. Natarajarathinam, M., Capar, I., Narayanan, A., 2009. Managing supply chains in times of crisis: a review of literature and insights. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 39 (7), 535–573.
19. Peacock, W.G., Morrow, B.H., Gladwin, H., 1997. *Hurricane Andrew: Ethnicity, Gender and the Sociology of Disasters*. Routledge, New York, 278pp.
20. Rawls, C.G., Turnquist, M.A., 2010. Pre-positioning of emergency supplies for disaster response. *Transportation Research Part B: Methodological* 44 (4), 521–534.
21. Robert Tomastik, Yiqing Lin, and Andrzej Banaszuk 2008. Video-Based Estimation of Building Occupancy During Emergency Egress. American Control Conference Westin Seattle Hotel, Seattle, Washington, USA June 11-13, 2008.
22. Saadatseresht, M., Mansourian, A., Taleai, M., 2009. Evacuation planning using multiobjective evolutionary optimization approach. *European Journal of Operational Research* 198 (1), 305–314.
23. Sbayti, H., Mahmassani, H.S., 2006. Optimal scheduling of evacuation operations. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1964, 238–246.
24. Serrano. L, 11 M y otras catástrofes, La gestión de la comunicación en emergencias. Í Rescate 2014.
25. Simpson, N.C., Hancock, P.G., 2009. Fifty years of operational research and emergency response. *Journal of the Operational Research Society* 60 (1), S126–S139.
26. Stepanov, A., Smith, J.M., 2009. Multi-objective evacuation routing in transportation networks. *European Journal of Operational Research* 198 (2), 435–446.
27. Yi, W., Özdamar, L., 2007. A dynamic logistics coordination model for evacuation and support in disaster response activities. *European Journal of Operational Research* 179 (3), 1177–1193.

28. Zaric, G.S., Bravata, D.M., Holty, J.-E.C., McDonald, K.M., Owens, D.K., Brandeau, M.L., 2008. Modeling the logistics of response to anthrax bioterrorism. *Medical Decision Making* 28 (3), 332–350.
-

Anexo A

Valores numéricos de los problemas basados en la provincia de Madrid

A1.-Tablas:

A.1.1 Tipologías de siniestros:

4.3.3	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES LIGERAS
4.3.4	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-AERONAVES PESADAS
4.3.2	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-ALARMA GENERAL (RIESGO DE ACCIDENTE)
4.3.1	ACCIDENTE TRÁFICO-AÉREO-GENERAL AÉREO
4.1.2	ACCIDENTE TRÁFICO-CARRETERA-CON ATRAPADOS
4.1.4	ACCIDENTE TRÁFICO-CARRETERA-CON MMPP
4.1.1	ACCIDENTE TRÁFICO-CARRETERA-GENERAL CARRETERA
4.1.3	ACCIDENTE TRÁFICO-CARRETERA-SIN ATRAPADOS
4.2.2	ACCIDENTE TRÁFICO-FERROVIARIO-CON ATRAPADOS
4.2.4	ACCIDENTE TRÁFICO-FERROVIARIO-CON MMPP
4.2.1	ACCIDENTE TRÁFICO-FERROVIARIO-GENERAL FERROVIARIO
4.2.3	ACCIDENTE TRÁFICO-FERROVIARIO-SIN ATRAPADOS
5.1.6	ASISTENCIA TÉCNICA-EN EXTERIOR, VÍA PÚBLICA-ABEJAS (POABEJAS)
5.1.5	ASISTENCIA TÉCNICA-EN EXTERIOR, VÍA PÚBLICA-DERRUMBAMIENTO/HUNDIMIENTO/GRIETAS
5.1.1	ASISTENCIA TÉCNICA-EN EXTERIOR, VÍA PÚBLICA-GENERAL EXTERIOR, VÍA PÚBLICA
5.1.8	ASISTENCIA TÉCNICA-EN EXTERIOR, VÍA PÚBLICA-INCIDENTES CON MMPP
5.1.3	ASISTENCIA TÉCNICA-EN EXTERIOR, VÍA PÚBLICA-LIMPIEZA DE CALZADA
5.1.9	ASISTENCIA TÉCNICA-EN EXTERIOR, VÍA PÚBLICA-OTROS
5.1.7	ASISTENCIA TÉCNICA-EN EXTERIOR, VÍA PÚBLICA-REVISIÓN INSTALACIÓN/ ELEMENTO CONSTRUCTIVO
5.1.4	ASISTENCIA TÉCNICA-EN EXTERIOR, VÍA PÚBLICA-SANEAMIENTO/ ASEGURAMIENTO ELEMENTOS EN EXTERIOR/VÍA PÚBLICA RIESGO CAÍDA
5.1.2	ASISTENCIA TÉCNICA-EN EXTERIOR, VÍA PÚBLICA-SANEAMIENTO/ CAÍDA ÁRBOLES
5.2.6	ASISTENCIA TÉCNICA-EN INTERIOR, EDIFICACIONES-ABEJAS (POABEJAS)
5.2.2	ASISTENCIA TÉCNICA-EN INTERIOR, EDIFICACIONES-APERTURA DE PUERTA

5.2.3	ASISTENCIA TÉCNICA-EN INTERIOR, EDIFICACIONES-DERRUMBAMIENTO/HUNDIMIENTO/GRIETAS
5.2.1	ASISTENCIA TÉCNICA-EN INTERIOR, EDIFICACIONES-GENERAL INTERIOR, EDIFICACIONES
5.2.8	ASISTENCIA TÉCNICA-EN INTERIOR, EDIFICACIONES-INCIDENTES CON MMPP
5.2.9	ASISTENCIA TÉCNICA-EN INTERIOR, EDIFICACIONES-OTROS
5.2.7	ASISTENCIA TÉCNICA-EN INTERIOR, EDIFICACIONES-REVISIÓN/DESCONEXIÓN ALARMA INCENDIOS
5.2.5	ASISTENCIA TÉCNICA-EN INTERIOR, EDIFICACIONES-REVISIÓN INSTALACIÓN/ELEMENTO CONSTRUCTIVO
5.2.4	ASISTENCIA TÉCNICA-EN INTERIOR, EDIFICACIONES-SANEAMIENTO/ASEGURAMIENTO ELEMENTOS EN INTERIOR/EDIFICACIONES RIESGO CAÍDA
2.3	EXPLOSIÓN-AMENAZA BOMBA
2.1	EXPLOSIÓN-EXTERIOR, VÍA PÚBLICA
2.2	EXPLOSIÓN-INTERIOR, EDIFICACIONES
2.4	EXPLOSIÓN-OTROS
1	GENERAL INCENDIO
1.3.7	INCENDIO-COLUMNA DE HUMO
1.1.6	INCENDIO-EXTERIOR-ACTIVIDADES CONTROLADAS CON FUEGO
1.1.2	INCENDIO-EXTERIOR-ELEMENTOS VÍA PÚBLICA.
1.1.1	INCENDIO-EXTERIOR-GENERAL INCENDIO EXTERIOR, VÍA PÚBLICA
1.1.5	INCENDIO-EXTERIOR-NAVES, ALMACENES E INDUSTRIAS
1.1.7	INCENDIO-EXTERIOR-OTROS
1.1.4.1	INCENDIO-EXTERIOR-VEGETACIÓN.-AGRÍCOLA
1.1.4.6	INCENDIO-EXTERIOR-VEGETACION-EN VIAL
1.1.4.2	INCENDIO-EXTERIOR-VEGETACIÓN.-FORESTAL
1.1.4.5	INCENDIO-EXTERIOR-VEGETACIÓN.-OTROS
1.1.4.4	INCENDIO-EXTERIOR-VEGETACIÓN.-QUEMA CONTROLADA
1.1.4.3	INCENDIO-EXTERIOR-VEGETACIÓN.-URBANA
1.1.3	INCENDIO-EXTERIOR-VEHÍCULOS, TRANSPORTE.
1.2.3.1	INCENDIO-INTERIOR-EDIFICIO EN CONSTRUCCIÓN, ABANDONADO

1.2.6	INCENDIO-INTERIOR-NAVES, ALMACENES E INDUSTRIAS
1.2.7.1	INCENDIO-INTERIOR-OTROS
1.2.5.1	INCENDIO-INTERIOR-SÓTANOS, GARAJE, APARCAMIENTO.
1.2.4.2	INCENDIO-INTERIOR-TÚNEL-TÚNEL DE CARRETERA
1.2.4.1	INCENDIO-INTERIOR-TÚNEL-TÚNEL DE FERROCARRIL
1.2.2.1 1	INCENDIO-INTERIOR-USO PÚBLICO-CENTRO OFICIAL (OTROS)
1.2.2.3	INCENDIO-INTERIOR-USO PÚBLICO-CENTRO PENITENCIARIO
1.2.2.1 0	INCENDIO-INTERIOR-USO PÚBLICO-CENTRO SOCIAL
1.2.2.8	INCENDIO-INTERIOR-USO PÚBLICO-COMERCIAL
1.2.2.7	INCENDIO-INTERIOR-USO PÚBLICO-CULTURAL Y DOCENTE (COLEGIOS, BIBLIOTECAS)
1.2.2.9	INCENDIO-INTERIOR-USO PÚBLICO-DEPORTIVO
1.2.2.6	INCENDIO-INTERIOR-USO PÚBLICO-ESPECTÁCULOS Y REUNIÓN, HOSTELERÍA (BAR, RESTAURANTE, ETC.)
1.2.2.1	INCENDIO-INTERIOR-USO PÚBLICO-GENERAL USO PÚBLICO
1.2.2.5	INCENDIO-INTERIOR-USO PÚBLICO-OFICINAS
1.2.2.2	INCENDIO-INTERIOR-USO PÚBLICO-RESIDENCIAL (HOTEL, HOSTAL, ETC.)
1.2.2.4	INCENDIO-INTERIOR-USO PÚBLICO-SANITARIO.
1.2.1	INCENDIO-INTERIOR-VIVIENDA
6.1.1	INUNDACIÓN-EN EXTERIOR, VÍA PÚBLICA-BALSA O ENCHARCAMIENTO
6.1.3	INUNDACIÓN-EN EXTERIOR, VÍA PÚBLICA-OTROS
6.1.2	INUNDACIÓN-EN EXTERIOR, VÍA PÚBLICA-ROTURA CANALIZACIÓN
6.2.3	INUNDACIÓN-EN INTERIOR, EDIFICACIÓN-FILTRACIÓN
6.2.1	INUNDACIÓN-EN INTERIOR, EDIFICACIÓN-INUNDACIÓN
6.2.4	INUNDACIÓN-EN INTERIOR, EDIFICACIÓN-OTROS
6.2.2	INUNDACIÓN-EN INTERIOR, EDIFICACIÓN-ROTURA CANALIZACIÓN
7.7	OTROS-COLABORACIÓN CON OTROS SERVICIOS
7.4	OTROS-RETENES
3.2.1	RESCATE,BÚSQUEDA-BÚSQUEDA-EN MEDIO ACUÁTICO

3.2.2	RESCATE,BÚSQUEDA-BÚSQUEDA-EN MEDIO RURAL
3.2.3	RESCATE,BÚSQUEDA-BÚSQUEDA-EN MONTAÑA
3.2.4	RESCATE,BÚSQUEDA-BÚSQUEDA-OTROS
3.1.6	RESCATE,BÚSQUEDA-RESCATE-ACUÁTICO
3.1.7	RESCATE,BÚSQUEDA-RESCATE-ANIMALES
3.1.2.4	RESCATE,BÚSQUEDA-RESCATE-EN EDIFICACIONES, ESTRUCTURAS.-ASCENSOR
3.1.2.1	RESCATE,BÚSQUEDA-RESCATE-EN EDIFICACIONES, ESTRUCTURAS.- ATRAPADOS POR HUNDIMIENTOS
3.1.2.3	RESCATE,BÚSQUEDA-RESCATE-EN EDIFICACIONES, ESTRUCTURAS.-CAÍDOS A DISTINTO NIVEL.
3.1.2.2	RESCATE, BÚSQUEDA-RESCATE-EN EDIFICACIONES, ESTRUCTURAS.- ENFERMOS, HERIDOS, VÍCTIMAS, ELECTROCUTADOS.
3.1.2.6	RESCATE,BÚSQUEDA-RESCATE-EN EDIFICACIONES, ESTRUCTURAS.-OTROS
3.1.2.5	RESCATE,BÚSQUEDA-RESCATE-EN EDIFICACIONES, ESTRUCTURAS.-RESCATE EN ALTURA
3.1.5	RESCATE,BÚSQUEDA-RESCATE-EN MONTAÑA
3.1.3	RESCATE,BÚSQUEDA-RESCATE-EN OBRAS, INDUSTRIAS
3.1.4	RESCATE,BÚSQUEDA-RESCATE-GALERÍA/ TÚNELES/ CAVIDADES/ POZOS.
3.1.1	RESCATE,BÚSQUEDA-RESCATE-GENERAL RESCATE
3.1.8	RESCATE,BÚSQUEDA-RESCATE-INTENTO DE SUICIDIO
3.1.9	RESCATE,BÚSQUEDA-RESCATE-OTROS

A.1.2 Usos del suelo:

EDF	Edificación
ZAU	Zona Verde Artificial y Arbolado Urbano
LAA	Lámina de Agua Artificial
VAP	Vial, Aparcamiento o Zona Peatonal sin Vegetación
OCT	Otras Construcciones
SNE	Suelo No Edificado
ZEV	Zonas de Extracción o Vertido
CHA	Arroz
CHL	Cultivos Herbáceos distintos de Arroz
LFC	Frutales Cítricos
LFN	Frutales No Cítricos
LVI	Viñedo
LOL	Olivar
LOC	Otros Leñosos
PRD	Prados
PST	Pastizal
FDC	Frondosas Caducifolias
FDP	Frondosas Perennifolias
CNF	Coníferas
MTR	Matorral
PDA	Playas, dunas y arenales
SDN	Suelo Desnudo
ZQM	Zonas Quemadas

GNP	Glaciares y Nieves permanentes
RMB	Ramblas
ACM	Acantilados Marinos
ARR	Afloramientos Rocosos y Roquedos
CCH	Canchales
CLC	Coladas Lávicas
HPA	Zonas Pantanosas
HTU	Turberas
HSA	Salinas Continentales
HMA	Marismas
HSM	Salinas Marinas
ACU	Cursos de Agua
ALG	Lagos y Lagunas
AEM	Embalses
ALC	Lagunas Costeras
AES	Estuarios
AMO	Mares y Océanos
DHS	Dehesa
OVD	Olivar-Viñedo
AAR	Asentamiento Agrícola Residencial
UER	Huerta Familiar
UCS	Casco
UEN	Ensanche
UDS	Discontinuo
IPO	Polígono Industrial Ordenado
IPS	Polígono Industrial sin Ordenar

IAS	Industrial Aislada
PAG	Agrícola, Ganadero
PFT	Forestal Primario
PMX	Minero Extractivo
PPS	Piscifactoría
TCO	Comercial y Oficinas
TCH	Complejo Hotelero
TPR	Parque Recreativo
TCG	Camping
EAI	Administrativo Institucional
ESN	Sanitario
ECM	Cementerio
EDU	Educación
EPN	Penitenciario
ERG	Religioso
ECL	Cultural
EDP	Deportivo
ECG	Campo de Golf
EPU	Parque Urbano
NRV	Red Viaria
NRF	Red Ferroviaria
NPO	Portuario
NAP	Aeroportuario
NEO	Eólica
NSL	Solar
NCL	Nuclear

NEL	Eléctrica
NTM	Térmica
NHD	Hidroeléctrica
NGO	Gaseoducto Oleoducto
NTC	Telecomunicaciones
NDP	Depuradoras y Potabilizadoras
NCC	Conducciones y Canales
NDS	Desalinizadora
NVE	Vertederos y Escombreras
NPT	Plantas de Tratamiento

A.1.3 Equivalencia Parques/municipios código programación:

ID	ID progr.
11	1
12	2
13	3
21	4
22	5
23	6
26	7
31	8
32	9
33	10
34	11
35	12
36	13
37	14
41	15
42	16
43	17
46	18
47	19
ACEBEDA LA	20
AJALVIR	21
ALAMEDA DEL VALLE	22
ALAMO EL	23
ALGETE	24
ALPEDRETE	25
AMBITE	26
ANCHUELO	27
ARROYOMOLINOS	28
ATAZAR EL	29
BATRES	30
BECERRIL DE LA SIERRA	31
BELMONTE DE TAJO	32
BERRUECO EL	33
BERZOSA DEL LOZOYA	34
BOADILLA DEL MONTE	35
BOALO EL	36
BRAOJOS	37
BREA DE TAJO	38
BRUNETE	39
BITRAGO DEL LOZOYA	40

BUSTARVIEJO	41
CABANILLAS DE LA SIERRA	42
CABRERA LA	43
CADALSO DE LOS VIDRIOS	44
CAMARMA DE ESTERUELAS	45
CAMPO REAL	46
CANENCIA	47
CARABAÑA	48
CASARRUBUELOS	49
CENICIENTOS	50
CERCEDILLA	51
CERVERA DE BUITRAGO	52
CHAPINERÍA	53
CHINCHÓN	54
CIEMPOZUELOS	55
COBEÑA	56
COLLADO MEDIANO	57
COLMENAR DE OREJA	58
COLMENAR DEL ARROYO	59
COLMENAR VIEJO	60
COLMENAREJO	61
CORPA	62
CUBAS DE LA SAGRA	63
DAGANZO DE ARRIBA	64
ESTREMERÁ	65
FRESNEDILLAS DE LA OLIVA	66
FRESNO DE TOROTE	67
FUENTE EL SAZ DE JARAMA	68
FUENTIDUEÑA DE TAJO	69
GALAPAGAR	70
GARGANTA DE LOS MONTES	71
GARGANTILLA DEL LOZOYA Y PINILLA DE BUITRAGO	72
GASCONES	73
GRIÑÓN	74
GUADALIX DE LA SIERRA	75
GUADARRAMA	76
HIRUELA LA	77
HORCAJO DE LA SIERRA	78
HORCAJUELO DE LA SIERRA	79
HOYO DE MANZANARES	80
HUMANES DE MADRID	81
LOECHES	82
MADARCOS	83
MAJADAHONDA	84
MANZANARES EL REAL	85

MECO	86
MEJORADA DEL CAMPO	87
MIRAFLORES DE LA SIERRA	88
MOLAR EL	89
MOLINOS LOS	90
MONTEJO DE LA SIERRA	91
MORALEJA DE ENMEDIO	92
MORALZARZAL	93
MORATA DE TAJUÑA	94
NAVALAFUENTE	95
NAVALAGAMELLA	96
NAVALCARNERO	97
NAVARREDONDA Y SAN MAMÉS	98
NAVAS DEL REY	99
NUEVO BAZTÁN	100
OLMEDA DE LAS FUENTES	101
ORUSCO DE TAJUÑA	102
PARACUELLOS DE JARAMA	103
PATONES	104
PEDREZUELA	105
PELAYOS DE LA PRESA	106
PERALES DE TAJUÑA	107
PEZUELA DE LAS TORRES	108
PINILLA DEL VALLE	109
PINTO	110
PIÑUÉCAR-GANDULLAS	111
POZUELO DEL REY	112
PRÁDENA DEL RINCÓN	113
PUEBLA DE LA SIERRA	114
PUENTES VIEJAS	115
QUIJORNA	116
RASCAFRÍA	117
REDUEÑA	118
RIBATEJADA	119
RIVAS-VACIAMADRID	120
ROBEDILLO DE LA JARA	121
ROBLEDO DE CHAVELA	122
ROBREGORDO	123
ROZAS DE PUERTO REAL	124
SAN AGUSTÍN DEL GUADALIX	125
SAN FERNANDO DE HENARES	126
SAN LORENZO DE EL ESCORIAL	127
SAN MARTÍN DE LA VEGA	128
SANTA MARÍA DE LA ALAMEDA	129
SANTORCAZ	130

SANTOS DE LA HUMOSA LOS	131
SERNA DEL MONTE LA	132
SERRANILLOS DEL VALLE	133
SEVILLA LA NUEVA	134
SOMOSIERRA	135
SOTO DEL REAL	136
TALAMANCA DE JARAMA	137
TIELMES	138
TITULCIA	139
TORREJÓN DE LA CALZADA	140
TORREJÓN DE VELASCO	141
TORRELAGUNA	142
TORRELODONES	143
TORREMOCHA DE JARAMA	144
TORRES DE LA ALAMEDA	145
VALDARACETE	146
VALDEAVERO	147
VALDELAGUNA	148
VALDEMANCO	149
VALDEMAQUEDA	150
VALDEMORILLO	151
VALDEOLMOS-ALALPARDO	152
VALDEPIÉLAGOS	153
VALDETORRES DE JARAMA	154
VALDILECHA	155
VALVERDE DE ALCALÁ	156
VELILLA DE SAN ANTONIO	157
VELLÓN EL	158
VENTURADA	159
VILLA DEL PRADO	160
VILLACONEJOS	161
VILLALBILLA	162
VILLAMANRIQUE DE TAJO	163
VILLAMANTA	164
VILLAMANTILLA	165
VILLANUEVA DE LA CAÑADA	166
VILLANUEVA DE PERALES	167
VILLANUEVA DEL PARDILLO	168
VILLAR DEL OLMO	169
VILLAREJO DE SALVANÉS	170
VILLAVIEJA DEL LOZOYA	171
ZARZALEJO	172

A.1.4 Datos del índice natural de saturación de cuadrícula antes y después del recrecimiento.

- antes del recrecimiento:

429	4415	0
431	4415	0
425	4417	602
427	4417	0
429	4417	0
431	4417	0
433	4417	0
425	4419	0
427	4419	1140
429	4419	0
431	4419	0
433	4419	0
435	4419	0
425	4421	0
427	4421	0
429	4421	161
431	4421	0
433	4421	1930
435	4421	0
437	4421	289
429	4423	0
431	4423	0
433	4423	0
435	4423	0
437	4423	1415
439	4423	338
441	4423	47
443	4423	0

435	4425	0
437	4425	0
439	4425	0
441	4425	139
443	4425	1286
445	4425	1144
447	4425	0
437	4427	0
439	4427	0
441	4427	165
443	4427	0
445	4427	0
447	4427	0
449	4427	0
439	4429	0
441	4429	0
443	4429	116
445	4429	0
447	4429	2768
449	4429	103
451	4429	0
453	4429	0
455	4429	0
441	4431	0
443	4431	753
445	4431	4489
447	4431	10250
449	4431	10250
451	4431	6351
453	4431	0

455	4431	0
461	4431	0
463	4431	0
465	4431	0
467	4431	0
443	4433	0
445	4433	0
447	4433	1683
449	4433	4186
451	4433	4564
453	4433	763
455	4433	478
457	4433	0
459	4433	600
461	4433	369
463	4433	2271
465	4433	6486
467	4433	742
469	4433	0
475	4433	0
477	4433	0
479	4433	0
481	4433	0
447	4435	1421
449	4435	9714
451	4435	704
453	4435	459
455	4435	5266
457	4435	5678
459	4435	6995

461	4435	723
463	4435	0
465	4435	2027
467	4435	0
469	4435	0
473	4435	0
475	4435	0
477	4435	7062
479	4435	10250
481	4435	709
483	4435	0
487	4435	0
489	4435	0
491	4435	0
493	4435	967
447	4437	0
449	4437	3782
451	4437	0
453	4437	0
455	4437	73
457	4437	3567
459	4437	7199
461	4437	2935
463	4437	10250
465	4437	0
467	4437	1160
469	4437	189
471	4437	0
473	4437	0
475	4437	0

477	4437	1375
479	4437	902
481	4437	0
483	4437	166
485	4437	0
487	4437	0
489	4437	6449
491	4437	861
493	4437	0
495	4437	0
447	4439	0
449	4439	0
451	4439	0
453	4439	2371
455	4439	343
457	4439	1096
459	4439	10250
461	4439	920
463	4439	418
465	4439	1713
467	4439	10250
469	4439	55
471	4439	0
473	4439	0
475	4439	0
477	4439	139
479	4439	0
481	4439	0
483	4439	0
485	4439	0

487	4439	0
489	4439	0
491	4439	129
493	4439	0
495	4439	0
445	4441	0
447	4441	453
449	4441	0
451	4441	0
453	4441	3880
455	4441	0
457	4441	0
459	4441	0
461	4441	0
463	4441	0
465	4441	2275
467	4441	7887
469	4441	287
471	4441	127
473	4441	0
475	4441	0
477	4441	384
479	4441	0
481	4441	0
483	4441	87
485	4441	1483
487	4441	10250
489	4441	0
491	4441	0
493	4441	0

495	4441	0
433	4443	0
435	4443	0
437	4443	0
439	4443	0
441	4443	0
443	4443	2899
445	4443	1791
447	4443	1858
449	4443	1235
451	4443	10250
453	4443	10250
455	4443	0
457	4443	0
459	4443	141
461	4443	2725
463	4443	10250
465	4443	10250
467	4443	2986
469	4443	467
471	4443	10250
473	4443	0
475	4443	0
477	4443	0
479	4443	0
481	4443	1713
483	4443	1041
485	4443	7049
487	4443	0
489	4443	4811

491	4443	1042
493	4443	0
429	4445	0
433	4445	0
435	4445	147
437	4445	0
439	4445	211
441	4445	196
443	4445	9977
445	4445	2120
447	4445	10250
449	4445	10250
451	4445	0
453	4445	7423
455	4445	2110
457	4445	2645
459	4445	229
461	4445	0
463	4445	1824
465	4445	0
467	4445	152
469	4445	10250
471	4445	0
473	4445	0
475	4445	0
477	4445	3490
479	4445	1515
481	4445	3064
483	4445	0
485	4445	0

487	4445	0
489	4445	0
491	4445	1211
493	4445	1395
495	4445	0
427	4447	0
429	4447	10250
431	4447	3288
433	4447	0
435	4447	0
437	4447	0
439	4447	157
441	4447	10250
443	4447	10250
445	4447	1911
447	4447	10250
449	4447	9766
451	4447	1274
453	4447	0
455	4447	0
457	4447	743
459	4447	2602
461	4447	713
463	4447	591
465	4447	0
467	4447	116
469	4447	3587
471	4447	0
473	4447	0
475	4447	10071

477	4447	10250
479	4447	421
481	4447	0
483	4447	2800
485	4447	0
487	4447	0
489	4447	1290
491	4447	5366
493	4447	0
419	4449	0
421	4449	2246
423	4449	0
425	4449	10250
427	4449	8497
429	4449	10250
431	4449	4022
433	4449	10250
435	4449	2944
437	4449	1329
439	4449	4621
441	4449	10250
443	4449	10250
445	4449	92
447	4449	0
449	4449	268
451	4449	4670
453	4449	1054
455	4449	0
457	4449	0
459	4449	2314

461	4449	3445
463	4449	0
465	4449	0
467	4449	1194
469	4449	0
471	4449	700
473	4449	2755
475	4449	2429
477	4449	430
479	4449	0
481	4449	105
483	4449	400
485	4449	0
487	4449	0
489	4449	0
491	4449	10250
493	4449	0
365	4451	0
367	4451	0
369	4451	0
371	4451	0
415	4451	0
417	4451	0
419	4451	401
421	4451	10250
423	4451	5139
425	4451	10250
427	4451	10250
429	4451	10250
431	4451	10250

433	4451	7145
435	4451	1252
437	4451	481
439	4451	0
441	4451	10250
443	4451	8374
445	4451	0
447	4451	794
449	4451	2890
451	4451	10250
453	4451	3177
455	4451	0
457	4451	0
459	4451	2450
461	4451	4920
463	4451	104
465	4451	0
467	4451	0
469	4451	0
471	4451	3506
473	4451	5564
475	4451	2487
477	4451	151
479	4451	0
481	4451	821
483	4451	4963
485	4451	0
487	4451	0
489	4451	0
491	4451	0

493	4451	0
365	4453	0
367	4453	0
369	4453	0
371	4453	0
373	4453	0
387	4453	91
389	4453	0
391	4453	0
413	4453	0
415	4453	10250
417	4453	10250
419	4453	10250
421	4453	1527
423	4453	0
425	4453	295
427	4453	10250
429	4453	3416
431	4453	557
433	4453	10250
435	4453	10250
437	4453	9709
439	4453	832
441	4453	3404
443	4453	703
445	4453	5143
447	4453	8747
449	4453	1787
451	4453	5632
453	4453	10250

455	4453	2501
457	4453	54
459	4453	1095
461	4453	2085
463	4453	10250
465	4453	2767
467	4453	560
469	4453	9325
471	4453	10250
473	4453	2441
475	4453	0
477	4453	0
479	4453	0
481	4453	0
483	4453	455
485	4453	0
487	4453	1541
489	4453	0
491	4453	8500
493	4453	618
367	4455	0
369	4455	0
371	4455	329
373	4455	0
375	4455	0
377	4455	0
385	4455	0
387	4455	0
389	4455	257
391	4455	517

393	4455	412
403	4455	0
405	4455	0
407	4455	0
411	4455	0
413	4455	0
415	4455	7052
417	4455	2615
419	4455	2447
421	4455	164
423	4455	0
425	4455	0
427	4455	7432
429	4455	10250
431	4455	3977
433	4455	10250
435	4455	10250
437	4455	9562
439	4455	10250
441	4455	10250
443	4455	1491
445	4455	1678
447	4455	10250
449	4455	0
451	4455	433
453	4455	0
455	4455	924
457	4455	0
459	4455	3675
461	4455	0

463	4455	1573
465	4455	0
467	4455	0
469	4455	6420
471	4455	699
473	4455	10250
475	4455	3302
477	4455	8354
479	4455	335
481	4455	1174
483	4455	0
485	4455	0
487	4455	0
489	4455	0
491	4455	0
493	4455	0
367	4457	332
369	4457	898
371	4457	9735
373	4457	835
375	4457	10250
377	4457	0
379	4457	0
385	4457	3449
387	4457	0
389	4457	137
391	4457	0
393	4457	0
403	4457	0
405	4457	0

407	4457	2164
409	4457	0
411	4457	3085
413	4457	3465
415	4457	1909
417	4457	0
419	4457	627
421	4457	10250
423	4457	10250
425	4457	2517
427	4457	10250
429	4457	10250
431	4457	10250
435	4457	10250
437	4457	10250
439	4457	4285
441	4457	10250
443	4457	0
445	4457	0
447	4457	1371
449	4457	2386
451	4457	103
453	4457	0
455	4457	1531
457	4457	0
459	4457	815
461	4457	953
463	4457	852
465	4457	483
467	4457	1838

469	4457	2457
471	4457	0
473	4457	1549
475	4457	346
477	4457	0
479	4457	10250
481	4457	6173
483	4457	1050
485	4457	0
487	4457	0
489	4457	5532
491	4457	0
367	4459	0
369	4459	1094
371	4459	112
373	4459	0
375	4459	10250
377	4459	2300
379	4459	0
381	4459	0
385	4459	10250
387	4459	1546
389	4459	10250
391	4459	1551
393	4459	0
395	4459	362
397	4459	0
401	4459	0
403	4459	0
405	4459	365

407	4459	0
409	4459	0
411	4459	5099
413	4459	10250
415	4459	4445
417	4459	0
419	4459	951
421	4459	10250
423	4459	10250
425	4459	246
427	4459	166
429	4459	2161
431	4459	10250
435	4459	2954
437	4459	10250
439	4459	4122
441	4459	10250
443	4459	323
445	4459	0
447	4459	133
449	4459	2967
451	4459	0
453	4459	774
455	4459	0
457	4459	2424
459	4459	343
461	4459	348
463	4459	1777
465	4459	10250
467	4459	0

469	4459	1522
471	4459	62
473	4459	669
475	4459	344
477	4459	0
479	4459	0
481	4459	2359
483	4459	10250
485	4459	0
489	4459	0
491	4459	0
369	4461	0
371	4461	0
373	4461	77
375	4461	0
377	4461	9487
379	4461	3043
381	4461	344
383	4461	0
385	4461	717
387	4461	0
389	4461	0
391	4461	1658
393	4461	661
395	4461	837
397	4461	10250
399	4461	0
401	4461	0
403	4461	2055
405	4461	10250

407	4461	1875
409	4461	9430
411	4461	4781
413	4461	10250
415	4461	10250
417	4461	9833
419	4461	10250
421	4461	7512
423	4461	5769
425	4461	292
427	4461	5797
429	4461	347
435	4461	7353
437	4461	10250
439	4461	8477
441	4461	10250
443	4461	895
445	4461	2457
447	4461	6556
449	4461	0
451	4461	0
453	4461	0
455	4461	0
457	4461	4086
459	4461	10250
461	4461	10250
463	4461	10250
465	4461	768
467	4461	0
469	4461	0

471	4461	0
473	4461	5217
475	4461	10250
477	4461	223
479	4461	132
481	4461	0
483	4461	421
485	4461	0
369	4463	1775
371	4463	1371
373	4463	10250
375	4463	3096
377	4463	10250
379	4463	1953
381	4463	186
383	4463	487
385	4463	0
387	4463	0
389	4463	0
391	4463	0
393	4463	9307
395	4463	6508
397	4463	4152
399	4463	935
401	4463	555
403	4463	44
405	4463	43
407	4463	55
409	4463	1697
411	4463	0

413	4463	4520
415	4463	4373
417	4463	0
419	4463	4743
435	4463	118
437	4463	10250
439	4463	10250
441	4463	10250
443	4463	7654
445	4463	10250
447	4463	476
449	4463	0
451	4463	0
453	4463	0
455	4463	0
457	4463	9974
459	4463	10250
461	4463	10250
463	4463	10250
465	4463	0
467	4463	0
469	4463	706
471	4463	0
473	4463	2636
475	4463	804
477	4463	0
479	4463	0
481	4463	0
483	4463	156
485	4463	3966

487	4463	0
369	4465	0
371	4465	0
373	4465	407
375	4465	3259
377	4465	0
379	4465	482
381	4465	143
383	4465	185
385	4465	0
387	4465	0
389	4465	0
391	4465	0
393	4465	0
395	4465	0
397	4465	10250
399	4465	4124
401	4465	0
403	4465	6576
405	4465	561
407	4465	0
409	4465	0
411	4465	0
413	4465	1984
415	4465	925
417	4465	0
419	4465	0
421	4465	0
423	4465	0
437	4465	7437

439	4465	8009
443	4465	10250
445	4465	3947
451	4465	0
453	4465	0
455	4465	10250
457	4465	10250
459	4465	0
461	4465	1562
463	4465	645
465	4465	10250
467	4465	10250
469	4465	10250
471	4465	137
473	4465	2094
475	4465	406
477	4465	297
479	4465	10250
481	4465	5611
483	4465	121
485	4465	10250
487	4465	2118
369	4467	0
371	4467	0
375	4467	0
377	4467	2707
379	4467	906
381	4467	73
383	4467	0
385	4467	230

387	4467	6674
389	4467	0
391	4467	2736
393	4467	389
395	4467	0
397	4467	138
399	4467	0
401	4467	0
403	4467	888
405	4467	8046
407	4467	10250
409	4467	958
411	4467	3930
413	4467	10250
415	4467	5744
417	4467	0
419	4467	138
421	4467	0
423	4467	10250
425	4467	10250
427	4467	2189
451	4467	261
453	4467	10250
455	4467	10250
457	4467	3385
459	4467	1975
461	4467	873
463	4467	246
465	4467	0
467	4467	0

469	4467	1454
471	4467	0
473	4467	4712
475	4467	0
477	4467	10250
479	4467	10250
481	4467	0
483	4467	2660
485	4467	0
487	4467	0
489	4467	0
377	4469	0
379	4469	1633
381	4469	10250
383	4469	874
385	4469	10250
387	4469	10250
389	4469	6760
391	4469	1512
393	4469	374
395	4469	0
397	4469	10250
399	4469	0
401	4469	0
403	4469	525
405	4469	0
407	4469	156
409	4469	0
411	4469	0
413	4469	416

415	4469	945
417	4469	0
419	4469	651
421	4469	5388
423	4469	10250
425	4469	10250
427	4469	1931
453	4469	10250
455	4469	10250
457	4469	5627
459	4469	10250
461	4469	104
463	4469	0
465	4469	928
467	4469	59
469	4469	549
471	4469	2929
473	4469	5659
475	4469	690
477	4469	10250
479	4469	10250
481	4469	5208
483	4469	0
485	4469	0
487	4469	0
489	4469	0
377	4471	0
379	4471	0
381	4471	3370
383	4471	133

385	4471	3101
387	4471	0
389	4471	2105
391	4471	9431
393	4471	10250
395	4471	10073
397	4471	10250
399	4471	4163
401	4471	306
403	4471	73
405	4471	0
407	4471	1878
409	4471	50
411	4471	2028
413	4471	0
415	4471	383
417	4471	776
419	4471	3780
421	4471	10250
423	4471	4584
425	4471	5719
427	4471	0
429	4471	762
431	4471	0
433	4471	1125
453	4471	6044
455	4471	5189
457	4471	10250
459	4471	10250
461	4471	1021

463	4471	297
465	4471	10250
467	4471	0
469	4471	2598
471	4471	57
473	4471	0
475	4471	0
477	4471	1176
479	4471	0
481	4471	0
483	4471	0
485	4471	0
487	4471	0
489	4471	0
377	4473	0
379	4473	0
381	4473	0
383	4473	4907
385	4473	4469
387	4473	0
389	4473	0
391	4473	1262
393	4473	10250
395	4473	0
397	4473	406
399	4473	845
401	4473	0
403	4473	0
405	4473	0
407	4473	0

409	4473	709
411	4473	2137
413	4473	1360
415	4473	10250
417	4473	311
419	4473	1467
421	4473	10250
423	4473	10250
425	4473	10250
427	4473	4104
429	4473	10250
431	4473	3474
433	4473	10250
435	4473	10250
451	4473	0
453	4473	8280
455	4473	7014
457	4473	2553
459	4473	10250
461	4473	404
463	4473	1299
465	4473	3988
467	4473	2556
469	4473	10250
471	4473	113
473	4473	661
475	4473	3126
477	4473	320
479	4473	0
481	4473	2081

483	4473	3259
485	4473	796
487	4473	157
489	4473	0
379	4475	0
381	4475	0
383	4475	0
385	4475	0
387	4475	0
389	4475	0
391	4475	0
393	4475	0
395	4475	0
397	4475	0
399	4475	10250
401	4475	0
403	4475	0
405	4475	0
407	4475	449
409	4475	0
411	4475	10250
413	4475	0
415	4475	6023
417	4475	7492
419	4475	10250
421	4475	494
423	4475	10250
425	4475	10250
427	4475	3353
429	4475	10250

431	4475	10250
433	4475	10250
435	4475	338
451	4475	10250
453	4475	10250
455	4475	10250
457	4475	2555
459	4475	350
461	4475	10250
463	4475	10250
465	4475	0
467	4475	844
469	4475	466
471	4475	1297
473	4475	216
475	4475	10250
477	4475	5005
479	4475	206
481	4475	0
483	4475	0
485	4475	10250
487	4475	0
387	4477	0
389	4477	0
391	4477	0
393	4477	3917
395	4477	0
397	4477	1412
399	4477	271
401	4477	1201

403	4477	0
405	4477	888
407	4477	0
409	4477	1019
411	4477	1334
413	4477	1347
415	4477	10250
417	4477	4710
419	4477	0
421	4477	2788
423	4477	10250
425	4477	10250
427	4477	10250
429	4477	10250
431	4477	10250
433	4477	10250
435	4477	421
451	4477	1851
453	4477	5750
455	4477	10250
457	4477	6086
459	4477	10250
461	4477	10250
463	4477	2159
465	4477	567
467	4477	379
469	4477	10250
471	4477	6554
473	4477	656
475	4477	10250

477	4477	2495
479	4477	0
481	4477	0
483	4477	0
485	4477	0
487	4477	0
387	4479	0
389	4479	930
391	4479	1251
393	4479	2076
395	4479	0
397	4479	0
399	4479	0
401	4479	59
403	4479	10250
405	4479	1869
407	4479	1306
409	4479	4889
411	4479	0
413	4479	2603
415	4479	10250
417	4479	1238
419	4479	8010
421	4479	1590
423	4479	1373
425	4479	10250
427	4479	10250
429	4479	317
431	4479	10250
433	4479	10250

455	4479	483
457	4479	10250
459	4479	10250
461	4479	10250
463	4479	10250
465	4479	3681
467	4479	834
469	4479	8260
471	4479	2081
473	4479	1575
475	4479	1481
477	4479	10250
479	4479	0
481	4479	0
483	4479	0
387	4481	0
389	4481	0
391	4481	305
393	4481	637
395	4481	0
397	4481	0
399	4481	0
401	4481	4662
403	4481	319
405	4481	10250
407	4481	676
409	4481	9212
411	4481	1279
413	4481	10250
415	4481	1150

417	4481	1456
419	4481	9838
421	4481	10250
423	4481	2277
425	4481	10250
427	4481	10250
429	4481	10250
455	4481	0
457	4481	3599
459	4481	1693
461	4481	0
463	4481	0
465	4481	10250
467	4481	10250
469	4481	10250
471	4481	10250
473	4481	0
475	4481	0
477	4481	0
479	4481	1705
481	4481	10250
483	4481	700
387	4483	0
389	4483	0
391	4483	0
393	4483	268
395	4483	4801
397	4483	1107
399	4483	458
401	4483	10250

403	4483	0
405	4483	0
407	4483	10250
409	4483	10250
411	4483	9195
413	4483	2829
415	4483	335
417	4483	10250
419	4483	10250
421	4483	2056
423	4483	4096
425	4483	10250
427	4483	10250
429	4483	0
449	4483	516
451	4483	274
453	4483	8968
455	4483	10250
457	4483	10250
459	4483	2854
461	4483	0
463	4483	0
465	4483	10250
467	4483	10250
469	4483	10250
471	4483	10250
473	4483	0
475	4483	0
477	4483	862
479	4483	10250

481	4483	1123
483	4483	0
387	4485	0
389	4485	10250
391	4485	10250
393	4485	2713
395	4485	10250
397	4485	5118
399	4485	0
401	4485	4294
403	4485	0
405	4485	1008
407	4485	0
409	4485	5921
411	4485	9244
413	4485	0
415	4485	0
417	4485	1788
419	4485	0
421	4485	10250
423	4485	10250
425	4485	10250
427	4485	1580
429	4485	0
443	4485	0
445	4485	10250
447	4485	10250
449	4485	10250
451	4485	0
453	4485	9795

455	4485	7935
457	4485	7829
459	4485	1736
461	4485	108
463	4485	0
465	4485	3605
467	4485	10250
469	4485	10250
471	4485	6584
473	4485	2691
475	4485	3392
477	4485	10250
479	4485	0
481	4485	0
483	4485	0
387	4487	0
389	4487	1654
391	4487	0
393	4487	4490
395	4487	10250
397	4487	4542
399	4487	0
401	4487	0
403	4487	1711
405	4487	0
407	4487	2302
409	4487	579
411	4487	706
413	4487	0
415	4487	0

417	4487	2531
419	4487	4915
421	4487	10250
423	4487	10250
425	4487	10250
427	4487	0
443	4487	147
445	4487	10250
447	4487	10250
449	4487	6483
451	4487	1633
453	4487	5550
455	4487	4573
457	4487	208
459	4487	10250
461	4487	3545
463	4487	1032
465	4487	969
467	4487	8830
469	4487	271
471	4487	1450
473	4487	7056
475	4487	3097
477	4487	1390
479	4487	0
481	4487	0
387	4489	0
389	4489	0
391	4489	0
393	4489	0

395	4489	0
397	4489	0
399	4489	10250
401	4489	5908
403	4489	1826
405	4489	3125
407	4489	6634
409	4489	798
411	4489	1599
413	4489	10250
415	4489	10250
417	4489	414
419	4489	7906
421	4489	7790
423	4489	10250
425	4489	10250
427	4489	0
441	4489	0
443	4489	1148
445	4489	10250
447	4489	10250
449	4489	10250
451	4489	1855
453	4489	3024
455	4489	1248
457	4489	1499
459	4489	1649
461	4489	10250
463	4489	4265
465	4489	1845

467	4489	10250
469	4489	10250
471	4489	6779
473	4489	10250
475	4489	2481
477	4489	0
479	4489	0
389	4491	0
391	4491	4279
393	4491	10250
395	4491	1224
397	4491	998
399	4491	713
401	4491	0
403	4491	10250
405	4491	4566
407	4491	0
409	4491	0
411	4491	0
413	4491	10250
415	4491	10250
417	4491	7958
419	4491	10250
421	4491	10250
423	4491	10250
425	4491	10250
427	4491	0
441	4491	1832
443	4491	0
445	4491	0

447	4491	10250
449	4491	8340
451	4491	1346
453	4491	5855
455	4491	1269
457	4491	10250
459	4491	0
461	4491	9354
463	4491	10250
465	4491	408
467	4491	0
469	4491	1808
471	4491	449
473	4491	0
475	4491	1900
477	4491	0
391	4493	0
393	4493	2324
395	4493	544
397	4493	3990
399	4493	104
401	4493	4860
403	4493	10250
405	4493	10250
407	4493	3992
409	4493	1317
411	4493	2199
413	4493	1441
415	4493	10250
417	4493	10250

419	4493	10250
421	4493	10250
423	4493	9918
425	4493	5091
427	4493	0
429	4493	0
437	4493	0
439	4493	924
441	4493	10250
443	4493	0
445	4493	0
447	4493	0
449	4493	2234
451	4493	5039
453	4493	6229
455	4493	9360
457	4493	10250
459	4493	6889
461	4493	0
463	4493	0
465	4493	275
467	4493	0
469	4493	10250
471	4493	0
473	4493	0
475	4493	0
391	4495	0
393	4495	10250
395	4495	366
397	4495	0

399	4495	783
401	4495	448
403	4495	10250
405	4495	10250
407	4495	0
409	4495	266
411	4495	10250
413	4495	5138
415	4495	4945
417	4495	10250
419	4495	10250
421	4495	6170
423	4495	4051
425	4495	0
427	4495	0
429	4495	0
431	4495	0
433	4495	0
435	4495	0
437	4495	0
439	4495	10250
441	4495	10250
443	4495	10250
447	4495	0
449	4495	0
451	4495	10250
453	4495	4634
455	4495	7663
457	4495	10250
459	4495	6864

461	4495	0
463	4495	10250
465	4495	3905
467	4495	0
469	4495	10250
471	4495	1143
473	4495	0
391	4497	0
393	4497	0
397	4497	0
399	4497	0
401	4497	0
403	4497	0
405	4497	8860
407	4497	0
409	4497	0
411	4497	10250
413	4497	10250
415	4497	10250
417	4497	10250
419	4497	0
421	4497	10250
423	4497	10250
425	4497	648
427	4497	323
429	4497	0
431	4497	0
433	4497	0
435	4497	0
437	4497	0

439	4497	10250
441	4497	10022
443	4497	184
447	4497	1614
449	4497	6263
451	4497	10250
453	4497	932
455	4497	10250
457	4497	2224
459	4497	10250
461	4497	3261
463	4497	0
465	4497	4747
467	4497	10250
469	4497	0
471	4497	10250
473	4497	640
391	4499	0
393	4499	0
401	4499	0
403	4499	0
405	4499	0
407	4499	2675
409	4499	0
411	4499	2699
413	4499	10250
415	4499	10250
417	4499	10250
419	4499	989
421	4499	0

423	4499	0
425	4499	0
427	4499	103
429	4499	206
431	4499	502
433	4499	10250
435	4499	10250
437	4499	3834
439	4499	2583
441	4499	0
443	4499	0
445	4499	0
447	4499	328
449	4499	3435
451	4499	10250
453	4499	523
455	4499	5306
457	4499	10250
459	4499	152
461	4499	2930
463	4499	1414
465	4499	3021
467	4499	1872
469	4499	0
471	4499	10250
473	4499	0
389	4501	0
391	4501	0
393	4501	0
401	4501	0

403	4501	0
405	4501	0
407	4501	8196
409	4501	9459
411	4501	10250
413	4501	10250
415	4501	10250
417	4501	5442
419	4501	10250
421	4501	0
423	4501	0
425	4501	0
427	4501	0
429	4501	0
431	4501	0
433	4501	9267
435	4501	10250
437	4501	10250
439	4501	893
441	4501	0
443	4501	0
445	4501	0
447	4501	0
449	4501	10250
451	4501	0
453	4501	0
455	4501	0
457	4501	4154
459	4501	1846
461	4501	0

463	4501	80
465	4501	0
467	4501	10250
469	4501	0
473	4501	0
389	4503	0
391	4503	0
393	4503	0
401	4503	0
403	4503	0
405	4503	125
407	4503	10250
409	4503	10250
411	4503	1939
413	4503	4704
415	4503	562
417	4503	10250
419	4503	10250
421	4503	0
423	4503	0
425	4503	0
427	4503	0
429	4503	0
431	4503	0
433	4503	4210
435	4503	10250
437	4503	244
439	4503	1105
441	4503	670
443	4503	0

445	4503	6591
447	4503	10250
449	4503	10250
451	4503	0
453	4503	1328
455	4503	937
457	4503	1493
459	4503	10250
461	4503	0
463	4503	0
465	4503	229
467	4503	574
469	4503	0
391	4505	0
401	4505	0
403	4505	0
405	4505	4937
407	4505	1983
409	4505	10250
411	4505	5866
413	4505	10250
415	4505	5006
417	4505	2764
419	4505	4558
421	4505	10250
423	4505	100
425	4505	1244
427	4505	0
429	4505	1447
431	4505	5502

433	4505	75
435	4505	1143
437	4505	0
439	4505	0
441	4505	0
443	4505	650
445	4505	355
447	4505	803
449	4505	7232
451	4505	2386
453	4505	0
455	4505	1035
457	4505	10250
459	4505	0
461	4505	0
465	4505	0
467	4505	0
403	4507	264
405	4507	2058
407	4507	0
409	4507	10250
411	4507	882
413	4507	2142
415	4507	10250
417	4507	10250
419	4507	3862
421	4507	10250
423	4507	10250
425	4507	2834
427	4507	0

429	4507	0
431	4507	0
433	4507	2489
435	4507	1742
437	4507	1344
439	4507	0
441	4507	0
443	4507	0
445	4507	0
447	4507	0
449	4507	10250
451	4507	1002
453	4507	0
455	4507	5510
457	4507	266
459	4507	0
461	4507	402
463	4507	109
405	4509	0
407	4509	9171
409	4509	10250
411	4509	10250
413	4509	3513
415	4509	10250
417	4509	660
419	4509	8605
421	4509	10250
423	4509	4899
425	4509	10250
427	4509	10250

429	4509	3610
431	4509	0
433	4509	551
435	4509	254
437	4509	2602
439	4509	629
441	4509	6000
443	4509	0
445	4509	10233
447	4509	4310
449	4509	198
451	4509	10250
453	4509	943
455	4509	0
457	4509	7792
459	4509	448
461	4509	0
463	4509	0
405	4511	0
407	4511	0
409	4511	4007
411	4511	10250
413	4511	1048
415	4511	572
417	4511	0
419	4511	0
421	4511	881
423	4511	0
425	4511	3077
427	4511	6230

429	4511	1404
431	4511	4168
433	4511	10250
435	4511	10250
437	4511	7629
439	4511	78
441	4511	0
443	4511	0
445	4511	0
447	4511	0
449	4511	10250
451	4511	3790
453	4511	0
455	4511	4715
457	4511	10250
459	4511	3151
461	4511	0
463	4511	0
407	4513	0
409	4513	592
411	4513	1355
413	4513	141
415	4513	646
417	4513	0
419	4513	0
421	4513	0
423	4513	0
425	4513	0
427	4513	261
429	4513	3167

431	4513	212
433	4513	10250
435	4513	10250
437	4513	4294
439	4513	315
441	4513	805
443	4513	0
445	4513	0
447	4513	2638
449	4513	3415
451	4513	10250
453	4513	0
455	4513	3084
457	4513	351
459	4513	1241
461	4513	5997
463	4513	0
409	4515	0
411	4515	194
413	4515	403
415	4515	4506
417	4515	0
419	4515	0
421	4515	0
423	4515	0
425	4515	0
427	4515	0
429	4515	0
431	4515	0
433	4515	0

435	4515	335
437	4515	1848
439	4515	803
441	4515	10250
443	4515	2940
445	4515	0
447	4515	5221
449	4515	1075
451	4515	80
453	4515	302
455	4515	100
457	4515	0
459	4515	0
461	4515	0
409	4517	0
411	4517	0
417	4517	0
419	4517	608
421	4517	162
423	4517	0
425	4517	0
427	4517	0
429	4517	0
431	4517	0
433	4517	0
435	4517	7570
437	4517	10250
439	4517	0
441	4517	423
443	4517	0

445	4517	0
447	4517	10250
449	4517	6864
451	4517	137
453	4517	592
455	4517	10250
457	4517	197
459	4517	0
417	4519	0
419	4519	155
421	4519	0
423	4519	0
425	4519	0
427	4519	0
429	4519	0
431	4519	0
433	4519	625
435	4519	10250
437	4519	7599
439	4519	0
441	4519	0
443	4519	10250
445	4519	2898
447	4519	8640
449	4519	2784
451	4519	690
453	4519	951
455	4519	10250
457	4519	0
459	4519	0

419	4521	0
421	4521	41
423	4521	322
425	4521	469
427	4521	0
429	4521	3960
431	4521	130
433	4521	0
435	4521	120
437	4521	390
439	4521	0
441	4521	0
443	4521	2928
445	4521	0
447	4521	9335
449	4521	584
451	4521	53
453	4521	0
455	4521	2294
457	4521	580
459	4521	10250
461	4521	0
419	4523	0
421	4523	190
423	4523	0
425	4523	0
427	4523	310
429	4523	259
431	4523	0
433	4523	0

435	4523	0
437	4523	3164
439	4523	2643
441	4523	10250
443	4523	10250
445	4523	10250
447	4523	786
449	4523	10250
451	4523	0
453	4523	0
455	4523	278
457	4523	0
459	4523	10250
461	4523	156
421	4525	0
423	4525	0
425	4525	250
427	4525	0
429	4525	415
431	4525	0
433	4525	0
435	4525	370
437	4525	0
439	4525	0
441	4525	558
443	4525	4693
445	4525	10250
447	4525	905
449	4525	10250
451	4525	2855

453	4525	369
455	4525	87
457	4525	0
459	4525	1085
461	4525	3193
463	4525	0
419	4527	0
421	4527	0
423	4527	0
425	4527	1408
427	4527	808
429	4527	10250
431	4527	0
433	4527	0
435	4527	141
437	4527	129
439	4527	3212
441	4527	0
443	4527	0
445	4527	0
447	4527	0
449	4527	4194
451	4527	227
453	4527	8221
455	4527	1367
457	4527	113
459	4527	0
461	4527	0
463	4527	0
421	4529	0

423	4529	0
425	4529	10250
427	4529	4804
429	4529	4784
431	4529	0
433	4529	0
435	4529	0
437	4529	9480
439	4529	342
441	4529	0
443	4529	0
445	4529	190
447	4529	0
449	4529	4645
451	4529	2575
453	4529	0
455	4529	0
457	4529	0
459	4529	358
461	4529	2123
463	4529	0
421	4531	0
423	4531	0
425	4531	0
427	4531	458
429	4531	10250
431	4531	10250
433	4531	0
435	4531	0
437	4531	0

439	4531	365
441	4531	677
443	4531	7388
445	4531	0
447	4531	8241
449	4531	3170
451	4531	127
453	4531	0
455	4531	3529
457	4531	0
459	4531	1191
461	4531	10250
463	4531	0
423	4533	0
425	4533	0
427	4533	94
429	4533	0
431	4533	140
433	4533	10250
435	4533	557
437	4533	113
439	4533	527
441	4533	3031
443	4533	104
445	4533	895
447	4533	489
449	4533	0
451	4533	310
453	4533	54
455	4533	10250

457	4533	2916
459	4533	0
461	4533	0
463	4533	0
423	4535	0
425	4535	0
427	4535	0
429	4535	0
431	4535	0
433	4535	346
435	4535	0
437	4535	4184
439	4535	7180
441	4535	353
443	4535	0
445	4535	0
447	4535	3056
449	4535	607
451	4535	8054
453	4535	1209
455	4535	0
457	4535	0
459	4535	744
461	4535	0
463	4535	0
465	4535	0
425	4537	0
427	4537	0
429	4537	7929
431	4537	1098

433	4537	340
435	4537	0
437	4537	0
439	4537	10250
441	4537	1782
443	4537	0
445	4537	0
447	4537	3928
449	4537	0
451	4537	0
453	4537	0
455	4537	10250
457	4537	750
459	4537	0
461	4537	4689
463	4537	0
465	4537	0
433	4539	0
435	4539	0
437	4539	0
439	4539	189
441	4539	3668
443	4539	7812
445	4539	0
447	4539	10250
449	4539	60
451	4539	9462
453	4539	0
455	4539	0
457	4539	0

459	4539	0
461	4539	0
463	4539	0
465	4539	0
467	4539	0
435	4541	0
437	4541	0
439	4541	0
441	4541	0
443	4541	537
445	4541	815
447	4541	10250
449	4541	735
451	4541	0
453	4541	0
455	4541	0
457	4541	0
459	4541	0
461	4541	0
463	4541	2979
465	4541	0
467	4541	0
437	4543	0
439	4543	0
441	4543	0
443	4543	0
445	4543	1460
447	4543	5641
449	4543	3273
451	4543	0

453	4543	186
455	4543	2306
457	4543	0
459	4543	0
461	4543	264
463	4543	0
465	4543	0
437	4545	0
439	4545	2806
441	4545	0
443	4545	0
445	4545	1007
447	4545	0
449	4545	2476
451	4545	3718
453	4545	0
455	4545	10250
457	4545	0
459	4545	0
461	4545	0
463	4545	0
465	4545	0
439	4547	0
441	4547	0
443	4547	0
445	4547	10250
447	4547	0
449	4547	9352
451	4547	8583
453	4547	0

455	4547	1302
457	4547	0
459	4547	0
461	4547	2292
463	4547	0
465	4547	0
441	4549	0
443	4549	0
445	4549	159
447	4549	1067
449	4549	1672
451	4549	432
453	4549	206
455	4549	0
457	4549	0
459	4549	247
461	4549	0
463	4549	0
465	4549	0
445	4551	0
447	4551	0
449	4551	0
451	4551	3347
453	4551	0
455	4551	0
457	4551	0
459	4551	0
445	4553	0
447	4553	0
449	4553	0

451	4553	9919
453	4553	4852
455	4553	0
457	4553	0
459	4553	0
447	4555	0
449	4555	0
451	4555	454
453	4555	0
455	4555	0
457	4555	0
449	4557	0
451	4557	73
453	4557	0

- después del recrecimiento:

429	4415	0
431	4415	3
425	4417	600
427	4417	3
429	4417	8
431	4417	5
433	4417	0
425	4419	3
427	4419	1120
429	4419	9
431	4419	3
433	4419	1
435	4419	0
425	4421	0
427	4421	2
429	4421	201
431	4421	7
433	4421	1913
435	4421	5
437	4421	305
429	4423	0
431	4423	0
433	4423	0
435	4423	0
437	4423	1413
439	4423	307
441	4423	4

443	4423	0
435	4425	0
437	4425	0
439	4425	2
441	4425	106
443	4425	1304
445	4425	1103
447	4425	0
437	4427	0
439	4427	3
441	4427	213
443	4427	6
445	4427	7
447	4427	3
449	4427	3
439	4429	0
441	4429	9
443	4429	110
445	4429	15
447	4429	2733
449	4429	119
451	4429	0
453	4429	0
455	4429	0
441	4431	0
443	4431	712
445	4431	4468
447	4431	10222
449	4431	10297
451	4431	6249

453	4431	4
455	4431	2
461	4431	0
463	4431	0
465	4431	0
467	4431	0
443	4433	0
445	4433	1
447	4433	1670
449	4433	4267
451	4433	4580
453	4433	717
455	4433	513
457	4433	2
459	4433	603
461	4433	405
463	4433	2211
465	4433	6299
467	4433	708
469	4433	0
475	4433	0
477	4433	4
479	4433	0
481	4433	0
447	4435	1463
449	4435	9683
451	4435	729
453	4435	423
455	4435	5140
457	4435	5598

459	4435	6853
461	4435	725
463	4435	7
465	4435	2010
467	4435	5
469	4435	0
473	4435	0
475	4435	3
477	4435	6898
479	4435	10035
481	4435	713
483	4435	0
487	4435	2
489	4435	12
491	4435	3
493	4435	904
447	4437	2
449	4437	3737
451	4437	11
453	4437	25
455	4437	104
457	4437	3567
459	4437	7054
461	4437	2945
463	4437	10009
465	4437	6
467	4437	1109
469	4437	203
471	4437	3
473	4437	7

475	4437	7
477	4437	1307
479	4437	906
481	4437	3
483	4437	208
485	4437	0
487	4437	7
489	4437	6389
491	4437	822
493	4437	0
495	4437	0
447	4439	0
449	4439	2
451	4439	4
453	4439	2305
455	4439	304
457	4439	1111
459	4439	10092
461	4439	904
463	4439	405
465	4439	1706
467	4439	10075
469	4439	106
471	4439	7
473	4439	6
475	4439	5
477	4439	107
479	4439	6
481	4439	5
483	4439	4

485	4439	8
487	4439	9
489	4439	18
491	4439	104
493	4439	1
495	4439	0
445	4441	3
447	4441	414
449	4441	3
451	4441	15
453	4441	3830
455	4441	3
457	4441	0
459	4441	2
461	4441	8
463	4441	1
465	4441	2202
467	4441	7755
469	4441	304
471	4441	104
473	4441	12
475	4441	2
477	4441	408
479	4441	46
481	4441	4
483	4441	104
485	4441	1418
487	4441	10069
489	4441	11
491	4441	8

493	4441	46
495	4441	0
433	4443	0
435	4443	0
437	4443	0
439	4443	0
441	4443	2
443	4443	2824
445	4443	1794
447	4443	1804
449	4443	1205
451	4443	10044
453	4443	10002
455	4443	6
457	4443	8
459	4443	107
461	4443	2730
463	4443	10060
465	4443	10068
467	4443	2907
469	4443	507
471	4443	10044
473	4443	5
475	4443	0
477	4443	4
479	4443	6
481	4443	1709
483	4443	1015
485	4443	6913
487	4443	11

489	4443	4708
491	4443	1031
493	4443	1
429	4445	0
433	4445	0
435	4445	100
437	4445	2
439	4445	206
441	4445	202
443	4445	9745
445	4445	2122
447	4445	10196
449	4445	10018
451	4445	2
453	4445	7200
455	4445	2118
457	4445	2622
459	4445	204
461	4445	1
463	4445	1806
465	4445	8
467	4445	106
469	4445	10046
471	4445	7
473	4445	5
475	4445	4
477	4445	3427
479	4445	1519
481	4445	3014
483	4445	2

485	4445	7
487	4445	4
489	4445	5
491	4445	1228
493	4445	1405
495	4445	1
427	4447	0
429	4447	10039
431	4447	3238
433	4447	0
435	4447	4
437	4447	0
439	4447	214
441	4447	10115
443	4447	10207
445	4447	1954
447	4447	10144
449	4447	9498
451	4447	1206
453	4447	21
455	4447	5
457	4447	713
459	4447	2505
461	4447	704
463	4447	608
465	4447	2
467	4447	109
469	4447	3507
471	4447	7
473	4447	2

475	4447	9859
477	4447	10105
479	4447	404
481	4447	0
483	4447	2701
485	4447	8
487	4447	5
489	4447	1300
491	4447	5215
493	4447	3
419	4449	0
421	4449	2199
423	4449	3
425	4449	10005
427	4449	8347
429	4449	10096
431	4449	3987
433	4449	10082
435	4449	2951
437	4449	1324
439	4449	4523
441	4449	10208
443	4449	10215
445	4449	113
447	4449	5
449	4449	304
451	4449	4602
453	4449	1006
455	4449	11
457	4449	7

459	4449	2316
461	4449	3405
463	4449	7
465	4449	7
467	4449	1205
469	4449	5
471	4449	708
473	4449	2707
475	4449	2410
477	4449	410
479	4449	2
481	4449	104
483	4449	406
485	4449	2
487	4449	2
489	4449	1
491	4449	10031
493	4449	1
365	4451	0
367	4451	2
369	4451	3
371	4451	1
415	4451	0
417	4451	0
419	4451	402
421	4451	10023
423	4451	5019
425	4451	10110
427	4451	10179
429	4451	10066

431	4451	10254
433	4451	7119
435	4451	1206
437	4451	512
439	4451	2
441	4451	10149
443	4451	8376
445	4451	3
447	4451	822
449	4451	2820
451	4451	10206
453	4451	3124
455	4451	6
457	4451	4
459	4451	2419
461	4451	4809
463	4451	108
465	4451	9
467	4451	8
469	4451	11
471	4451	3432
473	4451	5414
475	4451	2405
477	4451	108
479	4451	3
481	4451	802
483	4451	4836
485	4451	4
487	4451	1
489	4451	2

491	4451	5
493	4451	1
365	4453	0
367	4453	8
369	4453	13
371	4453	7
373	4453	0
387	4453	100
389	4453	1
391	4453	0
413	4453	0
415	4453	10099
417	4453	10046
419	4453	10022
421	4453	1506
423	4453	4
425	4453	320
427	4453	10106
429	4453	3330
431	4453	673
433	4453	10136
435	4453	10265
437	4453	9557
439	4453	801
441	4453	3362
443	4453	762
445	4453	5107
447	4453	8560
449	4453	1798
451	4453	5540

453	4453	10000
455	4453	2411
457	4453	108
459	4453	1110
461	4453	2022
463	4453	10120
465	4453	2706
467	4453	508
469	4453	9111
471	4453	10047
473	4453	2409
475	4453	4
477	4453	3
479	4453	12
481	4453	6
483	4453	412
485	4453	7
487	4453	1508
489	4453	6
491	4453	8345
493	4453	626
367	4455	3
369	4455	6
371	4455	314
373	4455	7
375	4455	7
377	4455	4
385	4455	2
387	4455	10
389	4455	309

391	4455	508
393	4455	400
403	4455	0
405	4455	0
407	4455	0
411	4455	0
413	4455	16
415	4455	6961
417	4455	2626
419	4455	2446
421	4455	295
423	4455	3
425	4455	17
427	4455	7303
429	4455	10074
431	4455	3920
433	4455	10087
435	4455	10321
437	4455	9422
439	4455	10174
441	4455	10282
443	4455	1512
445	4455	1616
447	4455	10017
449	4455	31
451	4455	420
453	4455	7
455	4455	943
457	4455	5
459	4455	3635

461	4455	2
463	4455	1511
465	4455	9
467	4455	3
469	4455	6319
471	4455	719
473	4455	10038
475	4455	3207
477	4455	8203
479	4455	320
481	4455	1109
483	4455	4
485	4455	0
487	4455	2
489	4455	8
491	4455	16
493	4455	11
367	4457	305
369	4457	907
371	4457	9498
373	4457	811
375	4457	10040
377	4457	16
379	4457	1
385	4457	3418
387	4457	10
389	4457	109
391	4457	13
393	4457	4
403	4457	7

405	4457	7
407	4457	2103
409	4457	1
411	4457	3041
413	4457	3411
415	4457	1928
417	4457	27
419	4457	630
421	4457	10072
423	4457	10121
425	4457	2544
427	4457	10122
429	4457	10138
431	4457	10101
435	4457	10194
437	4457	10220
439	4457	4331
441	4457	10268
443	4457	7
445	4457	22
447	4457	1320
449	4457	2307
451	4457	104
453	4457	7
455	4457	1529
457	4457	8
459	4457	846
461	4457	913
463	4457	823
465	4457	555

467	4457	1898
469	4457	2427
471	4457	0
473	4457	1502
475	4457	307
477	4457	3
479	4457	10052
481	4457	6021
483	4457	1004
485	4457	0
487	4457	2
489	4457	5398
491	4457	1
367	4459	0
369	4459	1105
371	4459	111
373	4459	2
375	4459	10036
377	4459	2203
379	4459	12
381	4459	0
385	4459	10145
387	4459	1525
389	4459	10143
391	4459	1506
393	4459	4
395	4459	406
397	4459	6
401	4459	4
403	4459	10

405	4459	405
407	4459	2
409	4459	5
411	4459	5002
413	4459	10081
415	4459	4331
417	4459	1
419	4459	914
421	4459	10138
423	4459	10142
425	4459	226
427	4459	214
429	4459	2180
431	4459	10292
435	4459	3114
437	4459	10195
439	4459	4091
441	4459	10201
443	4459	317
445	4459	11
447	4459	109
449	4459	2909
451	4459	30
453	4459	818
455	4459	70
457	4459	2432
459	4459	303
461	4459	325
463	4459	1712
465	4459	10053

467	4459	29
469	4459	1508
471	4459	104
473	4459	723
475	4459	308
477	4459	8
479	4459	6
481	4459	2321
483	4459	10037
485	4459	0
489	4459	0
491	4459	0
369	4461	1
371	4461	4
373	4461	117
375	4461	4
377	4461	9310
379	4461	3013
381	4461	307
383	4461	2
385	4461	729
387	4461	8
389	4461	13
391	4461	1609
393	4461	609
395	4461	806
397	4461	10003
399	4461	3
401	4461	6
403	4461	2014

405	4461	10068
407	4461	1813
409	4461	9196
411	4461	4716
413	4461	10088
415	4461	10177
417	4461	9679
419	4461	10046
421	4461	7434
423	4461	5718
425	4461	326
427	4461	5760
429	4461	539
435	4461	7342
437	4461	10321
439	4461	8532
441	4461	10273
443	4461	928
445	4461	2411
447	4461	6424
449	4461	18
451	4461	24
453	4461	5
455	4461	63
457	4461	4091
459	4461	10109
461	4461	10203
463	4461	10224
465	4461	821
467	4461	4

469	4461	4
471	4461	0
473	4461	5102
475	4461	10049
477	4461	209
479	4461	168
481	4461	10
483	4461	410
485	4461	1
369	4463	1701
371	4463	1312
373	4463	10020
375	4463	3086
377	4463	10101
379	4463	1954
381	4463	229
383	4463	504
385	4463	5
387	4463	8
389	4463	6
391	4463	8
393	4463	9112
395	4463	6458
397	4463	4140
399	4463	939
401	4463	511
403	4463	11
405	4463	10
407	4463	110
409	4463	1713

411	4463	5
413	4463	4398
415	4463	4335
417	4463	8
419	4463	4658
435	4463	322
437	4463	10281
439	4463	10319
441	4463	10265
443	4463	7659
445	4463	10083
447	4463	527
449	4463	26
451	4463	9
453	4463	5
455	4463	15
457	4463	9777
459	4463	10161
461	4463	10213
463	4463	10062
465	4463	8
467	4463	2
469	4463	703
471	4463	3
473	4463	2608
475	4463	808
477	4463	29
479	4463	144
481	4463	5
483	4463	213

485	4463	3949
487	4463	0
369	4465	1
371	4465	1
373	4465	401
375	4465	3208
377	4465	21
379	4465	506
381	4465	106
383	4465	214
385	4465	4
387	4465	6
389	4465	7
391	4465	8
393	4465	12
395	4465	16
397	4465	10032
399	4465	4033
401	4465	6
403	4465	6406
405	4465	513
407	4465	5
409	4465	1
411	4465	5
413	4465	1914
415	4465	905
417	4465	4
419	4465	13
421	4465	5
423	4465	73

437	4465	7675
439	4465	8094
443	4465	10149
445	4465	3926
451	4465	53
453	4465	12
455	4465	10184
457	4465	10115
459	4465	5
461	4465	1554
463	4465	616
465	4465	10003
467	4465	10086
469	4465	10070
471	4465	103
473	4465	2004
475	4465	407
477	4465	317
479	4465	10026
481	4465	5515
483	4465	104
485	4465	10032
487	4465	2100
369	4467	0
371	4467	0
375	4467	0
377	4467	2611
379	4467	909
381	4467	109
383	4467	9

385	4467	216
387	4467	6511
389	4467	6
391	4467	2704
393	4467	415
395	4467	7
397	4467	111
399	4467	8
401	4467	7
403	4467	922
405	4467	7833
407	4467	10043
409	4467	936
411	4467	3814
413	4467	10113
415	4467	5633
417	4467	7
419	4467	106
421	4467	10
423	4467	10186
425	4467	10206
427	4467	2345
451	4467	443
453	4467	10177
455	4467	10344
457	4467	3374
459	4467	1976
461	4467	939
463	4467	203
465	4467	6

467	4467	3
469	4467	1445
471	4467	4
473	4467	4603
475	4467	2
477	4467	10265
479	4467	10215
481	4467	5
483	4467	2605
485	4467	8
487	4467	11
489	4467	0
377	4469	0
379	4469	1612
381	4469	10177
383	4469	915
385	4469	10038
387	4469	10176
389	4469	6628
391	4469	1561
393	4469	422
395	4469	7
397	4469	10010
399	4469	8
401	4469	6
403	4469	508
405	4469	17
407	4469	216
409	4469	5
411	4469	6

413	4469	415
415	4469	913
417	4469	8
419	4469	622
421	4469	5482
423	4469	10114
425	4469	10107
427	4469	1926
453	4469	10210
455	4469	10243
457	4469	5511
459	4469	10149
461	4469	123
463	4469	2
465	4469	934
467	4469	112
469	4469	510
471	4469	2906
473	4469	5532
475	4469	714
477	4469	10113
479	4469	10042
481	4469	5123
483	4469	3
485	4469	4
487	4469	6
489	4469	0
377	4471	1
379	4471	4
381	4471	3306

383	4471	106
385	4471	3001
387	4471	6
389	4471	2102
391	4471	9205
393	4471	10057
395	4471	9833
397	4471	10100
399	4471	4112
401	4471	316
403	4471	106
405	4471	14
407	4471	1813
409	4471	20
411	4471	2004
413	4471	2
415	4471	418
417	4471	833
419	4471	3771
421	4471	10281
423	4471	4552
425	4471	5691
427	4471	129
429	4471	839
431	4471	135
433	4471	1334
453	4471	6046
455	4471	5180
457	4471	10051
459	4471	10289

461	4471	1054
463	4471	340
465	4471	10163
467	4471	3
469	4471	2516
471	4471	107
473	4471	1
475	4471	0
477	4471	1176
479	4471	12
481	4471	5
483	4471	5
485	4471	2
487	4471	10
489	4471	1
377	4473	0
379	4473	3
381	4473	13
383	4473	4802
385	4473	4398
387	4473	3
389	4473	4
391	4473	1207
393	4473	10006
395	4473	10
397	4473	432
399	4473	835
401	4473	8
403	4473	7
405	4473	5

407	4473	5
409	4473	708
411	4473	2110
413	4473	1316
415	4473	10140
417	4473	325
419	4473	1431
421	4473	10045
423	4473	10126
425	4473	10272
427	4473	4101
429	4473	10264
431	4473	3597
433	4473	10294
435	4473	10366
451	4473	232
453	4473	8275
455	4473	6906
457	4473	2554
459	4473	10084
461	4473	486
463	4473	1344
465	4473	3989
467	4473	2568
469	4473	10154
471	4473	111
473	4473	603
475	4473	3017
477	4473	308
479	4473	1

481	4473	2000
483	4473	3197
485	4473	812
487	4473	211
489	4473	4
379	4475	0
381	4475	2
383	4475	0
385	4475	0
387	4475	1
389	4475	4
391	4475	5
393	4475	15
395	4475	9
397	4475	13
399	4475	10048
401	4475	12
403	4475	8
405	4475	7
407	4475	408
409	4475	12
411	4475	10048
413	4475	12
415	4475	5932
417	4475	7399
419	4475	10063
421	4475	511
423	4475	10234
425	4475	10174
427	4475	3373

429	4475	10294
431	4475	10309
433	4475	10356
435	4475	681
451	4475	10182
453	4475	10383
455	4475	10337
457	4475	2535
459	4475	332
461	4475	10022
463	4475	10076
465	4475	8
467	4475	827
469	4475	538
471	4475	1315
473	4475	218
475	4475	10079
477	4475	4943
479	4475	206
481	4475	4
483	4475	5
485	4475	10047
487	4475	6
387	4477	2
389	4477	5
391	4477	6
393	4477	3814
395	4477	15
397	4477	1412
399	4477	311

401	4477	1247
403	4477	8
405	4477	910
407	4477	10
409	4477	1011
411	4477	1340
413	4477	1316
415	4477	10220
417	4477	4644
419	4477	24
421	4477	2737
423	4477	10244
425	4477	10257
427	4477	10213
429	4477	10284
431	4477	10360
433	4477	10350
435	4477	758
451	4477	2051
453	4477	5932
455	4477	10241
457	4477	6106
459	4477	10205
461	4477	10188
463	4477	2139
465	4477	628
467	4477	423
469	4477	10222
471	4477	6463
473	4477	618

475	4477	10056
477	4477	2487
479	4477	1
481	4477	0
483	4477	0
485	4477	1
487	4477	1
387	4479	0
389	4479	911
391	4479	1210
393	4479	2009
395	4479	8
397	4479	10
399	4479	7
401	4479	124
403	4479	10003
405	4479	1822
407	4479	1397
409	4479	4855
411	4479	7
413	4479	2512
415	4479	10098
417	4479	1298
419	4479	7868
421	4479	1613
423	4479	1355
425	4479	10143
427	4479	10272
429	4479	330
431	4479	10211

433	4479	10362
455	4479	731
457	4479	10238
459	4479	10310
461	4479	10344
463	4479	10175
465	4479	3657
467	4479	817
469	4479	8207
471	4479	2018
473	4479	1503
475	4479	1404
477	4479	10031
479	4479	4
481	4479	6
483	4479	6
387	4481	0
389	4481	3
391	4481	305
393	4481	614
395	4481	6
397	4481	8
399	4481	10
401	4481	4521
403	4481	321
405	4481	10061
407	4481	780
409	4481	9101
411	4481	1211
413	4481	10045

415	4481	1127
417	4481	1427
419	4481	9692
421	4481	10095
423	4481	2217
425	4481	10127
427	4481	10351
429	4481	10116
455	4481	96
457	4481	3613
459	4481	1759
461	4481	101
463	4481	141
465	4481	10272
467	4481	10326
469	4481	10333
471	4481	10084
473	4481	6
475	4481	4
477	4481	5
479	4481	1722
481	4481	10063
483	4481	880
387	4483	0
389	4483	3
391	4483	5
393	4483	310
395	4483	4764
397	4483	1110
399	4483	409

401	4483	10065
403	4483	21
405	4483	10
407	4483	10009
409	4483	10056
411	4483	9099
413	4483	2900
415	4483	315
417	4483	10048
419	4483	10132
421	4483	2051
423	4483	4032
425	4483	10305
427	4483	10167
429	4483	8
449	4483	691
451	4483	714
453	4483	9076
455	4483	10093
457	4483	10119
459	4483	2974
461	4483	158
463	4483	123
465	4483	10172
467	4483	10308
469	4483	10353
471	4483	10304
473	4483	45
475	4483	5
477	4483	810

479	4483	10066
481	4483	1112
483	4483	2
387	4485	0
389	4485	10017
391	4485	10045
393	4485	2699
395	4485	10149
397	4485	5022
399	4485	6
401	4485	4207
403	4485	19
405	4485	1039
407	4485	12
409	4485	5832
411	4485	9076
413	4485	6
415	4485	12
417	4485	1720
419	4485	10
421	4485	10062
423	4485	10205
425	4485	10321
427	4485	1520
429	4485	8
443	4485	271
445	4485	10365
447	4485	10321
449	4485	10196
451	4485	333

453	4485	9808
455	4485	7780
457	4485	7674
459	4485	1763
461	4485	109
463	4485	28
465	4485	3613
467	4485	10072
469	4485	10132
471	4485	6557
473	4485	2658
475	4485	3316
477	4485	9996
479	4485	6
481	4485	5
483	4485	1
387	4487	0
389	4487	1608
391	4487	17
393	4487	4491
395	4487	10033
397	4487	4408
399	4487	5
401	4487	10
403	4487	1717
405	4487	21
407	4487	2296
409	4487	654
411	4487	738
413	4487	14

415	4487	7
417	4487	2528
419	4487	4814
421	4487	10263
423	4487	10163
425	4487	10174
427	4487	9
443	4487	125
445	4487	10216
447	4487	10355
449	4487	6418
451	4487	1813
453	4487	5538
455	4487	4552
457	4487	209
459	4487	10080
461	4487	3588
463	4487	1048
465	4487	913
467	4487	8719
469	4487	315
471	4487	1426
473	4487	7040
475	4487	3120
477	4487	1408
479	4487	2
481	4487	1
387	4489	0
389	4489	12
391	4489	12

393	4489	14
395	4489	12
397	4489	8
399	4489	10011
401	4489	5854
403	4489	1813
405	4489	3084
407	4489	6573
409	4489	837
411	4489	1605
413	4489	10044
415	4489	10099
417	4489	433
419	4489	7723
421	4489	7745
423	4489	10227
425	4489	10126
427	4489	8
441	4489	225
443	4489	1198
445	4489	10358
447	4489	10385
449	4489	10122
451	4489	1847
453	4489	3049
455	4489	1215
457	4489	1524
459	4489	1613
461	4489	10096
463	4489	4199

465	4489	1798
467	4489	10027
469	4489	10077
471	4489	6692
473	4489	10140
475	4489	2419
477	4489	0
479	4489	0
389	4491	2
391	4491	4232
393	4491	10087
395	4491	1216
397	4491	1012
399	4491	719
401	4491	8
403	4491	10005
405	4491	4551
407	4491	8
409	4491	12
411	4491	8
413	4491	10062
415	4491	10201
417	4491	7869
419	4491	10069
421	4491	10087
423	4491	10179
425	4491	10128
427	4491	11
441	4491	1841
443	4491	95

445	4491	82
447	4491	10146
449	4491	8231
451	4491	1339
453	4491	5721
455	4491	1207
457	4491	10148
459	4491	7
461	4491	9103
463	4491	9995
465	4491	401
467	4491	0
469	4491	1814
471	4491	399
473	4491	4
475	4491	1908
477	4491	0
391	4493	4
393	4493	2322
395	4493	503
397	4493	3912
399	4493	108
401	4493	4736
403	4493	10194
405	4493	10127
407	4493	3918
409	4493	1319
411	4493	2123
413	4493	1456
415	4493	10196

417	4493	10086
419	4493	10235
421	4493	10144
423	4493	9803
425	4493	5085
427	4493	7
429	4493	7
437	4493	8
439	4493	941
441	4493	10124
443	4493	7
445	4493	4
447	4493	3
449	4493	2315
451	4493	5073
453	4493	6221
455	4493	9165
457	4493	10033
459	4493	6721
461	4493	0
463	4493	1
465	4493	309
467	4493	1
469	4493	10010
471	4493	0
473	4493	0
475	4493	0
391	4495	4
393	4495	10024
395	4495	410

397	4495	4
399	4495	806
401	4495	403
403	4495	10115
405	4495	10115
407	4495	11
409	4495	323
411	4495	10164
413	4495	5033
415	4495	4845
417	4495	10126
419	4495	10106
421	4495	6096
423	4495	4048
425	4495	13
427	4495	7
429	4495	8
431	4495	8
433	4495	9
435	4495	14
437	4495	10
439	4495	10225
441	4495	10277
443	4495	10015
447	4495	16
449	4495	85
451	4495	10155
453	4495	4557
455	4495	7578
457	4495	10100

459	4495	6721
461	4495	57
463	4495	9992
465	4495	3803
467	4495	5
469	4495	10052
471	4495	1107
473	4495	0
391	4497	14
393	4497	7
397	4497	0
399	4497	1
401	4497	3
403	4497	4
405	4497	8660
407	4497	30
409	4497	10
411	4497	10126
413	4497	10236
415	4497	10250
417	4497	10033
419	4497	7
421	4497	10029
423	4497	10137
425	4497	634
427	4497	305
429	4497	10
431	4497	8
433	4497	18
435	4497	21

437	4497	21
439	4497	10101
441	4497	9876
443	4497	229
447	4497	1687
449	4497	6438
451	4497	10171
453	4497	934
455	4497	10051
457	4497	2236
459	4497	10041
461	4497	3250
463	4497	1
465	4497	4614
467	4497	10052
469	4497	2
471	4497	10035
473	4497	606
391	4499	1
393	4499	0
401	4499	6
403	4499	22
405	4499	5
407	4499	2615
409	4499	9
411	4499	2620
413	4499	10217
415	4499	10259
417	4499	10088
419	4499	1012

421	4499	6
423	4499	10
425	4499	48
427	4499	118
429	4499	215
431	4499	515
433	4499	10049
435	4499	10074
437	4499	3713
439	4499	2569
441	4499	16
443	4499	32
445	4499	9
447	4499	328
449	4499	3457
451	4499	10173
453	4499	536
455	4499	5212
457	4499	10118
459	4499	100
461	4499	2928
463	4499	1408
465	4499	3068
467	4499	1825
469	4499	1
471	4499	10009
473	4499	0
389	4501	5
391	4501	5
393	4501	4

401	4501	1
403	4501	7
405	4501	5
407	4501	8022
409	4501	9259
411	4501	10237
413	4501	10283
415	4501	10070
417	4501	5376
419	4501	10096
421	4501	8
423	4501	8
425	4501	7
427	4501	8
429	4501	7
431	4501	11
433	4501	9067
435	4501	10331
437	4501	10086
439	4501	938
441	4501	10
443	4501	10
445	4501	10
447	4501	26
449	4501	10082
451	4501	3
453	4501	5
455	4501	3
457	4501	4116
459	4501	1828

461	4501	10
463	4501	109
465	4501	7
467	4501	10028
469	4501	0
473	4501	0
389	4503	3
391	4503	8
393	4503	5
401	4503	2
403	4503	2
405	4503	110
407	4503	10161
409	4503	10101
411	4503	1944
413	4503	4627
415	4503	520
417	4503	10091
419	4503	10147
421	4503	7
423	4503	7
425	4503	10
427	4503	14
429	4503	14
431	4503	8
433	4503	4182
435	4503	10174
437	4503	213
439	4503	1114
441	4503	712

443	4503	13
445	4503	6414
447	4503	10061
449	4503	10060
451	4503	5
453	4503	1317
455	4503	1031
457	4503	1544
459	4503	10030
461	4503	7
463	4503	2
465	4503	202
467	4503	628
469	4503	0
391	4505	0
401	4505	0
403	4505	3
405	4505	4851
407	4505	1955
409	4505	10098
411	4505	5745
413	4505	10147
415	4505	4940
417	4505	2747
419	4505	4479
421	4505	10073
423	4505	115
425	4505	1211
427	4505	8
429	4505	1410

431	4505	5414
433	4505	114
435	4505	1153
437	4505	11
439	4505	9
441	4505	10
443	4505	618
445	4505	314
447	4505	819
449	4505	7157
451	4505	2323
453	4505	22
455	4505	1022
457	4505	10097
459	4505	2
461	4505	1
465	4505	0
467	4505	1
403	4507	302
405	4507	2038
407	4507	272
409	4507	10266
411	4507	925
413	4507	2110
415	4507	10164
417	4507	10119
419	4507	3861
421	4507	10106
423	4507	10082
425	4507	2814

427	4507	6
429	4507	4
431	4507	11
433	4507	2431
435	4507	1715
437	4507	1316
439	4507	9
441	4507	9
443	4507	6
445	4507	8
447	4507	6
449	4507	10010
451	4507	1024
453	4507	16
455	4507	5427
457	4507	327
459	4507	4
461	4507	402
463	4507	106
405	4509	2
407	4509	8947
409	4509	10131
411	4509	10055
413	4509	3447
415	4509	10092
417	4509	638
419	4509	8482
421	4509	10067
423	4509	4820
425	4509	10024

427	4509	10211
429	4509	3515
431	4509	2
433	4509	546
435	4509	207
437	4509	2568
439	4509	609
441	4509	5902
443	4509	8
445	4509	9997
447	4509	4300
449	4509	210
451	4509	10121
453	4509	912
455	4509	8
457	4509	7628
459	4509	408
461	4509	4
463	4509	2
405	4511	0
407	4511	4
409	4511	3924
411	4511	10117
413	4511	1008
415	4511	617
417	4511	7
419	4511	9
421	4511	908
423	4511	4
425	4511	3022

427	4511	6112
429	4511	1410
431	4511	4112
433	4511	10077
435	4511	10136
437	4511	7435
439	4511	117
441	4511	8
443	4511	9
445	4511	8
447	4511	19
449	4511	10074
451	4511	3746
453	4511	8
455	4511	4603
457	4511	10090
459	4511	3114
461	4511	1
463	4511	5
407	4513	0
409	4513	613
411	4513	1302
413	4513	103
415	4513	606
417	4513	2
419	4513	3
421	4513	1
423	4513	4
425	4513	2
427	4513	302

429	4513	3099
431	4513	208
433	4513	10074
435	4513	10084
437	4513	4256
439	4513	311
441	4513	812
443	4513	9
445	4513	6
447	4513	2620
449	4513	3340
451	4513	10037
453	4513	14
455	4513	3012
457	4513	326
459	4513	1200
461	4513	5925
463	4513	4
409	4515	2
411	4515	201
413	4515	400
415	4515	4402
417	4515	15
419	4515	8
421	4515	3
423	4515	1
425	4515	0
427	4515	0
429	4515	3
431	4515	6

433	4515	12
435	4515	315
437	4515	1839
439	4515	816
441	4515	10165
443	4515	2912
445	4515	8
447	4515	5119
449	4515	1062
451	4515	118
453	4515	317
455	4515	110
457	4515	10
459	4515	0
461	4515	4
409	4517	0
411	4517	0
417	4517	57
419	4517	689
421	4517	202
423	4517	4
425	4517	4
427	4517	2
429	4517	2
431	4517	0
433	4517	5
435	4517	7486
437	4517	10020
439	4517	10
441	4517	447

443	4517	11
445	4517	7
447	4517	10044
449	4517	6825
451	4517	110
453	4517	605
455	4517	10000
457	4517	200
459	4517	2
417	4519	0
419	4519	209
421	4519	3
423	4519	2
425	4519	5
427	4519	7
429	4519	7
431	4519	3
433	4519	611
435	4519	10113
437	4519	7440
439	4519	5
441	4519	12
443	4519	10061
445	4519	2846
447	4519	8477
449	4519	2731
451	4519	709
453	4519	916
455	4519	10091
457	4519	1

459	4519	1
419	4521	3
421	4521	5
423	4521	306
425	4521	505
427	4521	5
429	4521	3905
431	4521	112
433	4521	9
435	4521	108
437	4521	419
439	4521	5
441	4521	5
443	4521	2916
445	4521	26
447	4521	9138
449	4521	618
451	4521	117
453	4521	20
455	4521	2217
457	4521	614
459	4521	10044
461	4521	3
419	4523	0
421	4523	205
423	4523	1
425	4523	6
427	4523	303
429	4523	307
431	4523	4

433	4523	4
435	4523	9
437	4523	3105
439	4523	2635
441	4523	10087
443	4523	10032
445	4523	10029
447	4523	829
449	4523	10069
451	4523	9
453	4523	10
455	4523	350
457	4523	7
459	4523	10030
461	4523	201
421	4525	6
423	4525	1
425	4525	211
427	4525	7
429	4525	412
431	4525	5
433	4525	4
435	4525	411
437	4525	4
439	4525	6
441	4525	511
443	4525	4629
445	4525	10008
447	4525	918
449	4525	10093

451	4525	2835
453	4525	409
455	4525	119
457	4525	11
459	4525	1109
461	4525	3112
463	4525	5
419	4527	0
421	4527	5
423	4527	2
425	4527	1428
427	4527	810
429	4527	10002
431	4527	5
433	4527	8
435	4527	109
437	4527	107
439	4527	3104
441	4527	5
443	4527	3
445	4527	4
447	4527	3
449	4527	4121
451	4527	209
453	4527	8040
455	4527	1303
457	4527	110
459	4527	11
461	4527	11
463	4527	1

421	4529	6
423	4529	4
425	4529	10033
427	4529	4760
429	4529	4716
431	4529	6
433	4529	6
435	4529	6
437	4529	9227
439	4529	315
441	4529	5
443	4529	9
445	4529	209
447	4529	6
449	4529	4527
451	4529	2533
453	4529	13
455	4529	7
457	4529	4
459	4529	409
461	4529	2115
463	4529	1
421	4531	1
423	4531	3
425	4531	5
427	4531	408
429	4531	10018
431	4531	10018
433	4531	5
435	4531	5

437	4531	8
439	4531	410
441	4531	714
443	4531	7225
445	4531	11
447	4531	8086
449	4531	3142
451	4531	107
453	4531	16
455	4531	3424
457	4531	7
459	4531	1207
461	4531	10003
463	4531	1
423	4533	3
425	4533	7
427	4533	105
429	4533	4
431	4533	107
433	4533	10034
435	4533	519
437	4533	114
439	4533	557
441	4533	3038
443	4533	112
445	4533	920
447	4533	531
449	4533	8
451	4533	309
453	4533	115

455	4533	10009
457	4533	2804
459	4533	5
461	4533	6
463	4533	5
423	4535	0
425	4535	5
427	4535	6
429	4535	3
431	4535	3
433	4535	341
435	4535	8
437	4535	4102
439	4535	7039
441	4535	313
443	4535	8
445	4535	9
447	4535	3017
449	4535	616
451	4535	7940
453	4535	1203
455	4535	10
457	4535	8
459	4535	704
461	4535	4
463	4535	4
465	4535	0
425	4537	0
427	4537	0
429	4537	7694

431	4537	1100
433	4537	302
435	4537	4
437	4537	4
439	4537	10003
441	4537	1724
443	4537	3
445	4537	22
447	4537	3870
449	4537	7
451	4537	11
453	4537	4
455	4537	10014
457	4537	712
459	4537	5
461	4537	4602
463	4537	5
465	4537	1
433	4539	0
435	4539	4
437	4539	5
439	4539	208
441	4539	3624
443	4539	7627
445	4539	32
447	4539	10049
449	4539	143
451	4539	9196
453	4539	21
455	4539	12

457	4539	5
459	4539	4
461	4539	5
463	4539	8
465	4539	3
467	4539	1
435	4541	2
437	4541	4
439	4541	3
441	4541	13
443	4541	541
445	4541	815
447	4541	10021
449	4541	712
451	4541	7
453	4541	11
455	4541	9
457	4541	7
459	4541	3
461	4541	8
463	4541	2910
465	4541	2
467	4541	0
437	4543	2
439	4543	1
441	4543	7
443	4543	7
445	4543	1414
447	4543	5525
449	4543	3226

451	4543	15
453	4543	215
455	4543	2216
457	4543	8
459	4543	9
461	4543	312
463	4543	2
465	4543	0
437	4545	0
439	4545	2699
441	4545	1
443	4545	2
445	4545	1007
447	4545	9
449	4545	2431
451	4545	3614
453	4545	11
455	4545	10024
457	4545	14
459	4545	18
461	4545	9
463	4545	4
465	4545	0
439	4547	0
441	4547	1
443	4547	1
445	4547	9991
447	4547	7
449	4547	9122
451	4547	8413

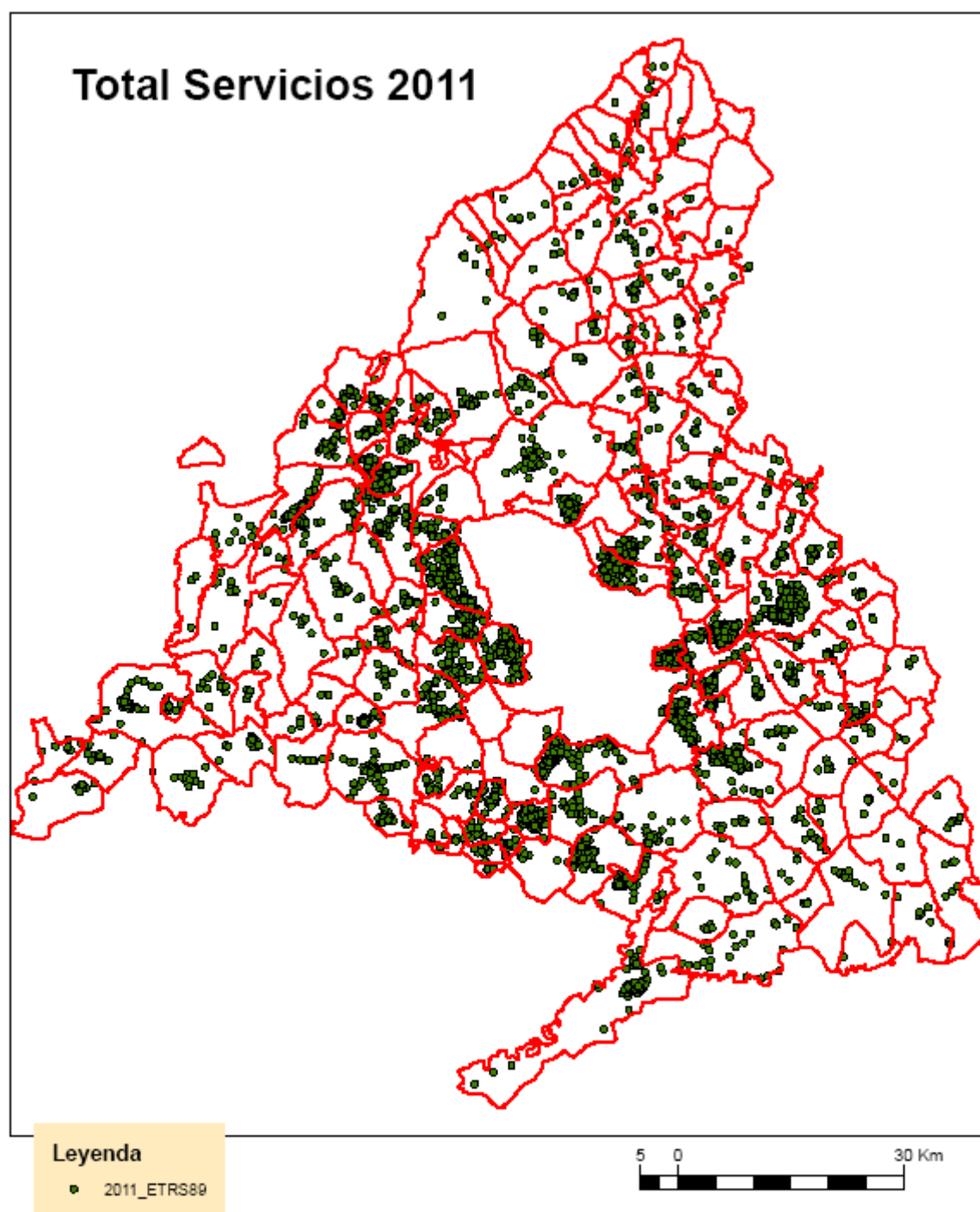
453	4547	9
455	4547	1304
457	4547	14
459	4547	7
461	4547	2217
463	4547	7
465	4547	0
441	4549	0
443	4549	1
445	4549	206
447	4549	1014
449	4549	1619
451	4549	419
453	4549	207
455	4549	8
457	4549	9
459	4549	208
461	4549	2
463	4549	1
465	4549	0
445	4551	1
447	4551	5
449	4551	10
451	4551	3327
453	4551	3
455	4551	5
457	4551	4
459	4551	2
445	4553	0
447	4553	4

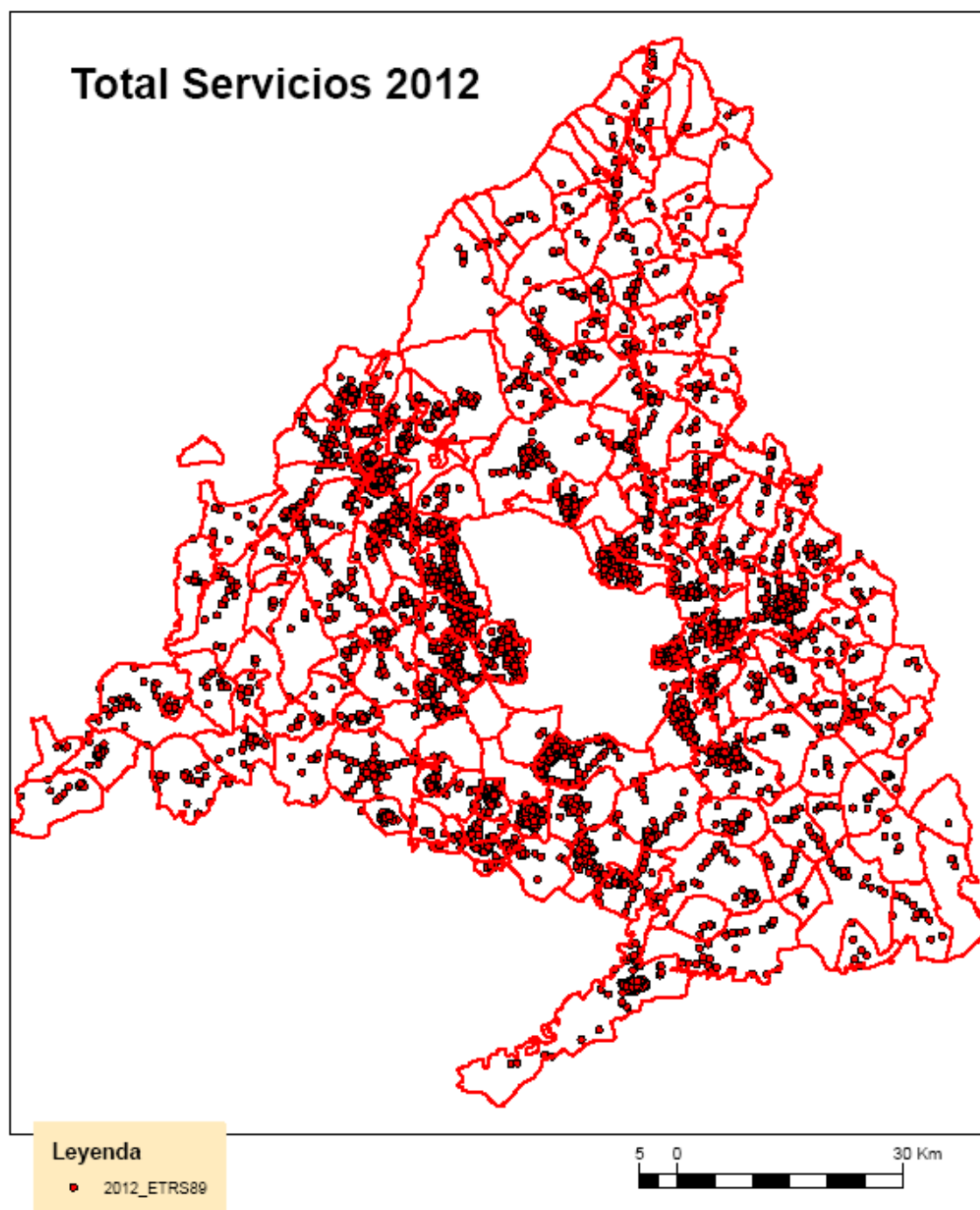
449	4553	5
451	4553	9717
453	4553	4702
455	4553	6
457	4553	3
459	4553	0
447	4555	0
449	4555	5
451	4555	424
453	4555	7
455	4555	5
457	4555	0
449	4557	0
451	4557	109
453	4557	1

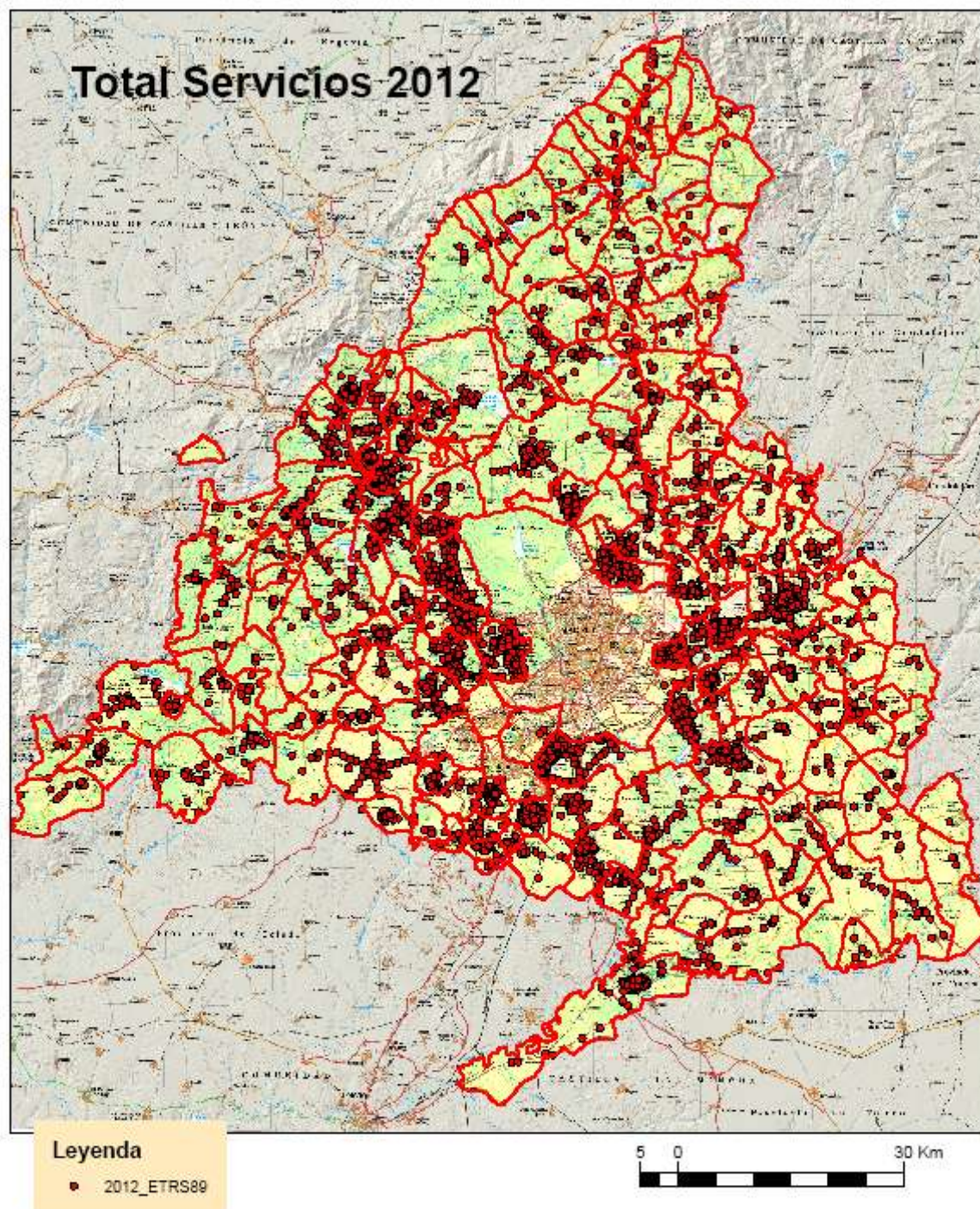
A2 Mapas

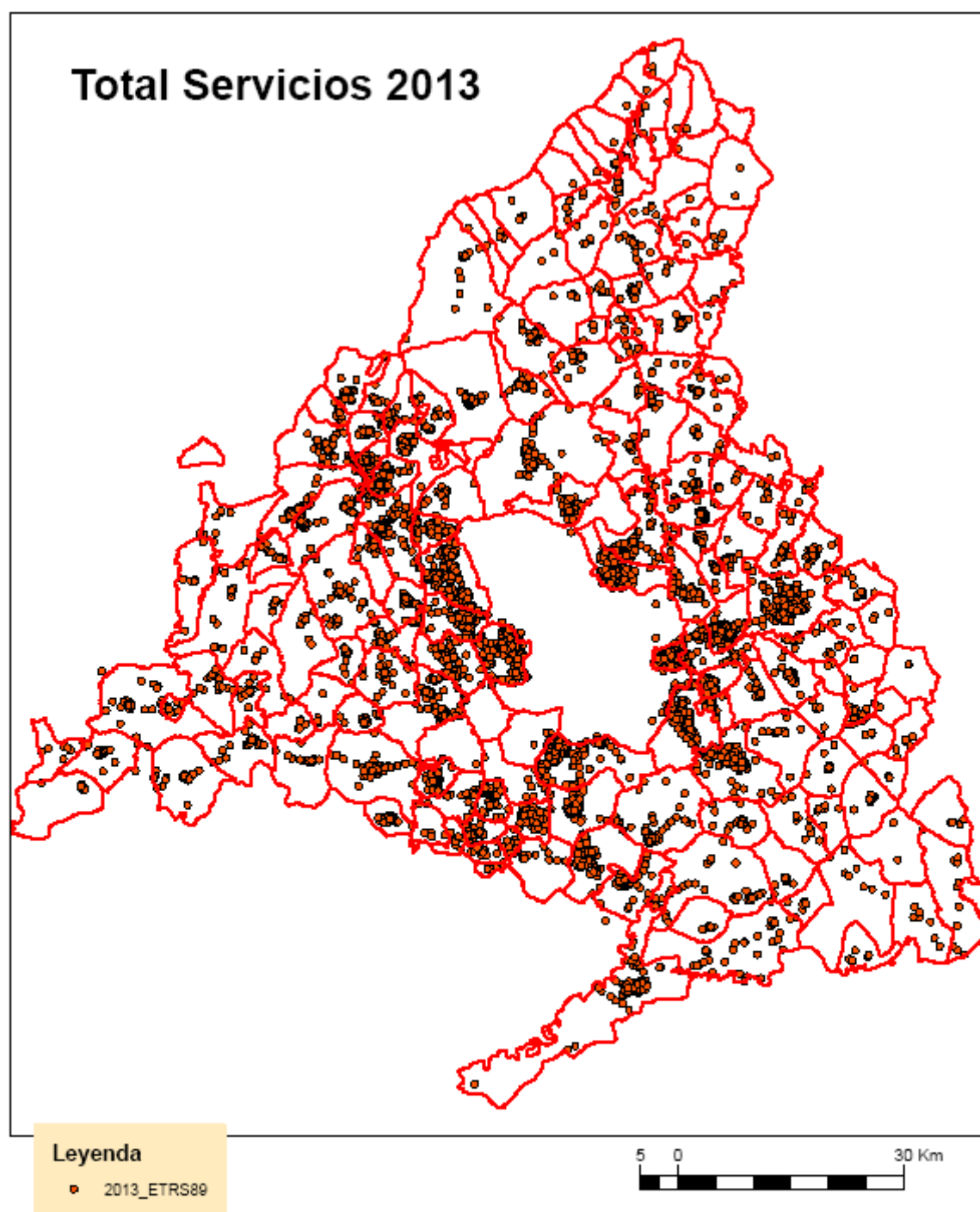
A2.1.-Servicios

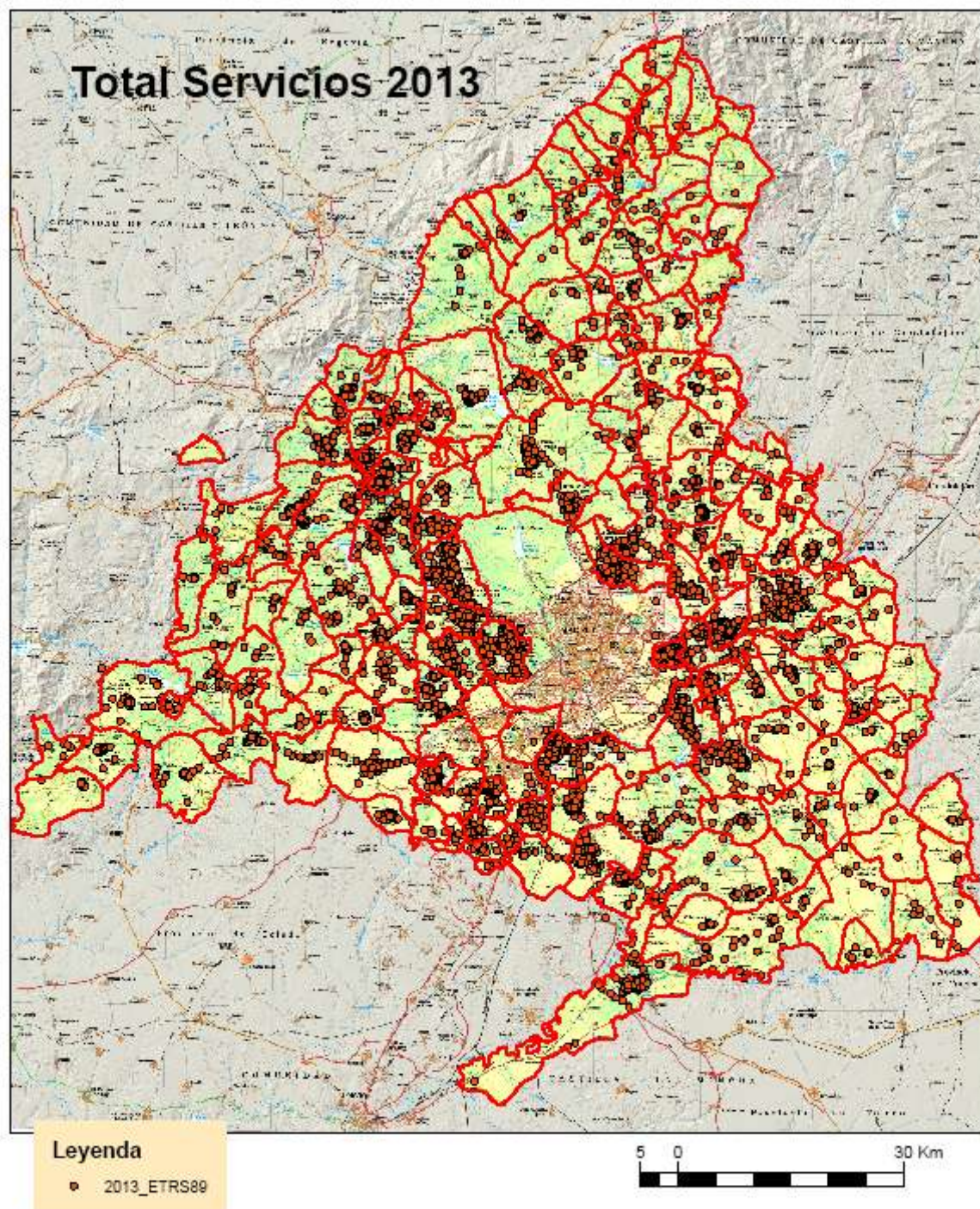
- **Servicios estudiados en 2011 georreferenciados sobre cartografía de términos municipales**
- **Servicios estudiados en 2011 georreferenciados sobre cartografía de planimetría de precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.**
- **Servicios estudiados en 2012 georreferenciados sobre cartografía de términos municipales**
- **Servicios estudiados en 2012 georreferenciados sobre cartografía de planimetría de precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.**
- **Servicios estudiados en 2013 georreferenciados sobre cartografía de términos municipales**
- **Servicios estudiados en 2013 georreferenciados sobre cartografía de planimetría de precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.**
- **Servicios estudiados en 2014 georreferenciados sobre cartografía de términos municipales**
- **Servicios estudiados en 2014 georreferenciados sobre cartografía de planimetría de precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.**
- **Servicios estudiados entre 2011-14 georreferenciados sobre cartografía de términos municipales**
- **Servicios estudiados entre 2011-14 georreferenciados sobre cartografía de planimetría de precisión 1:200.000 de la Comunidad de Madrid.**

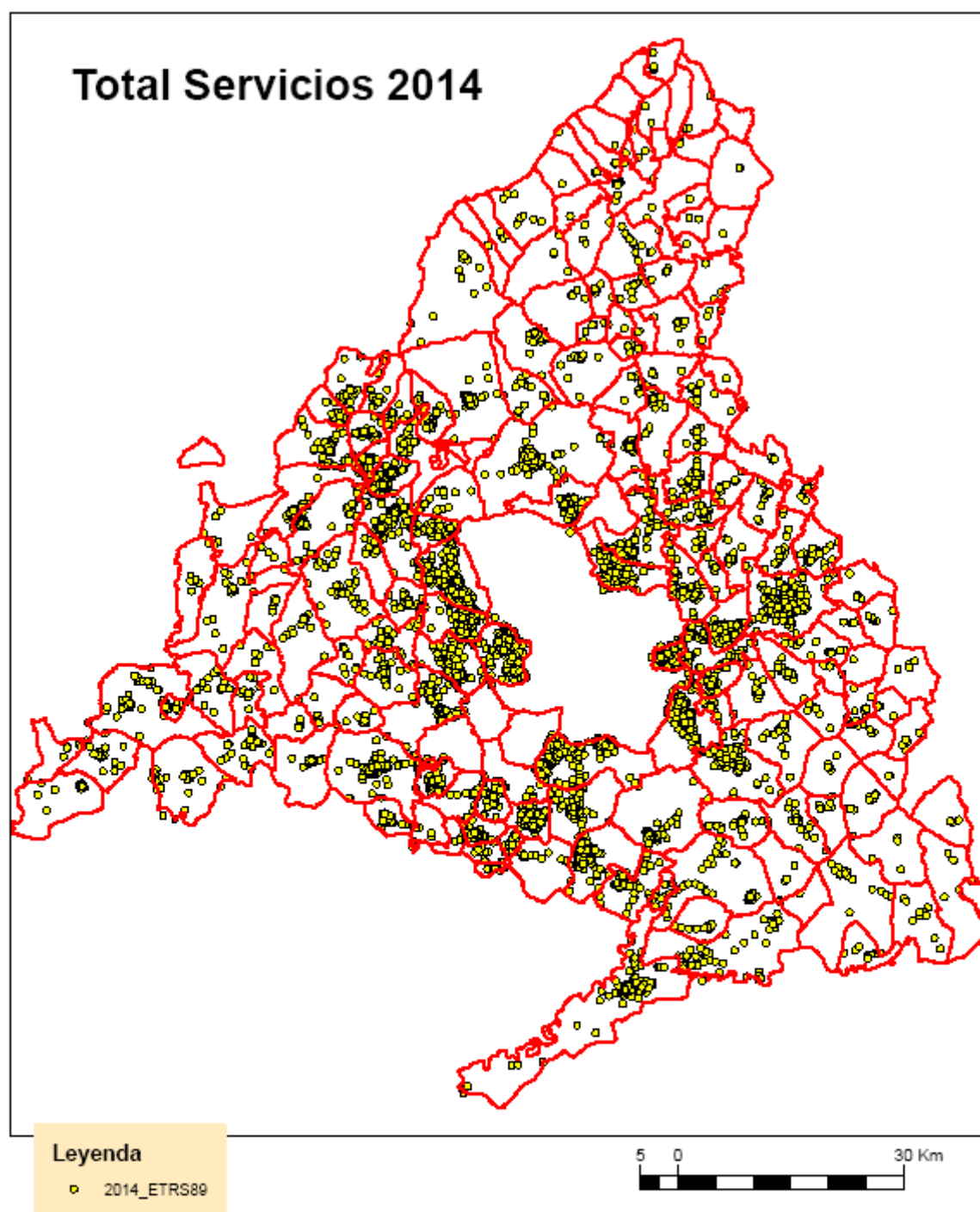


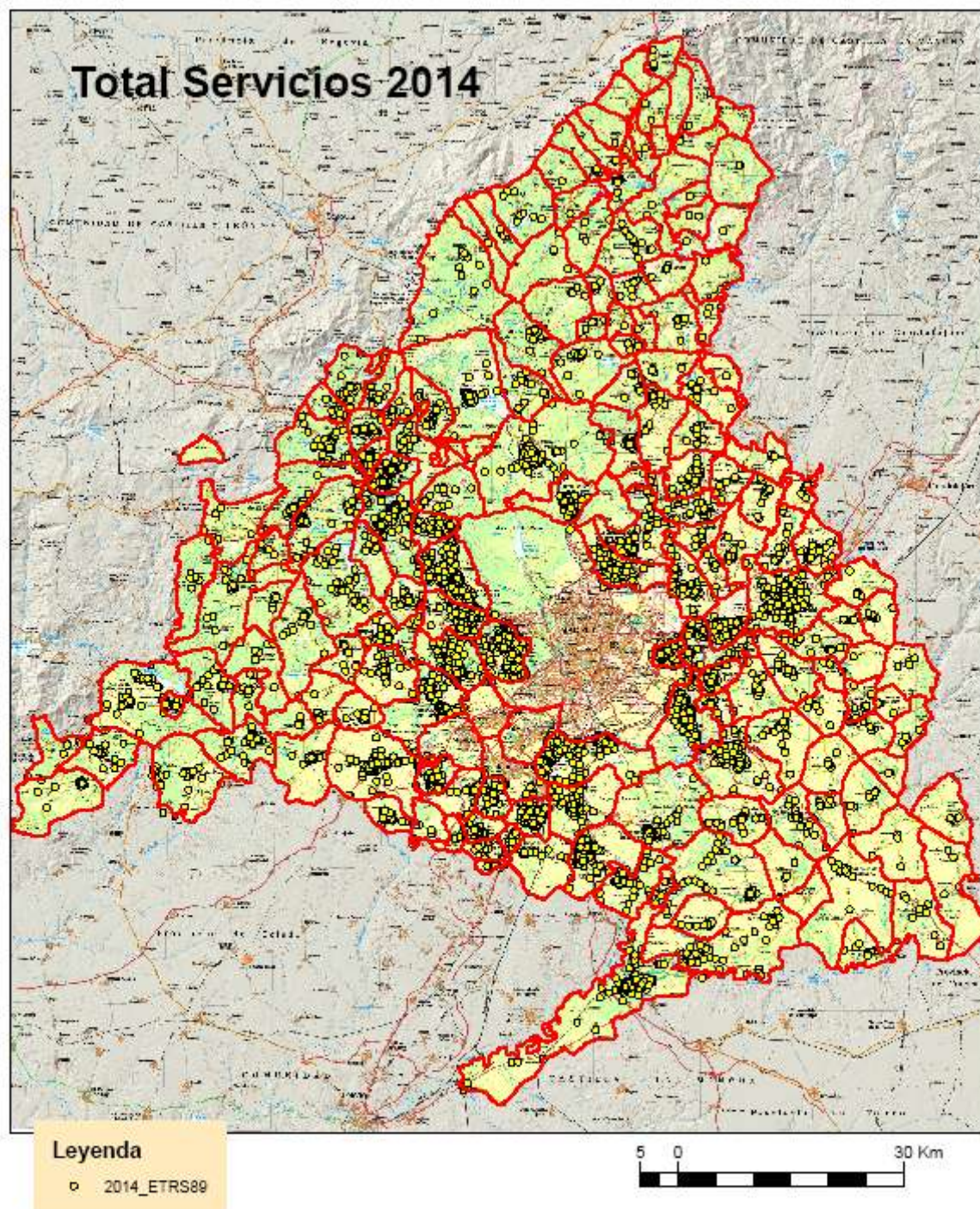


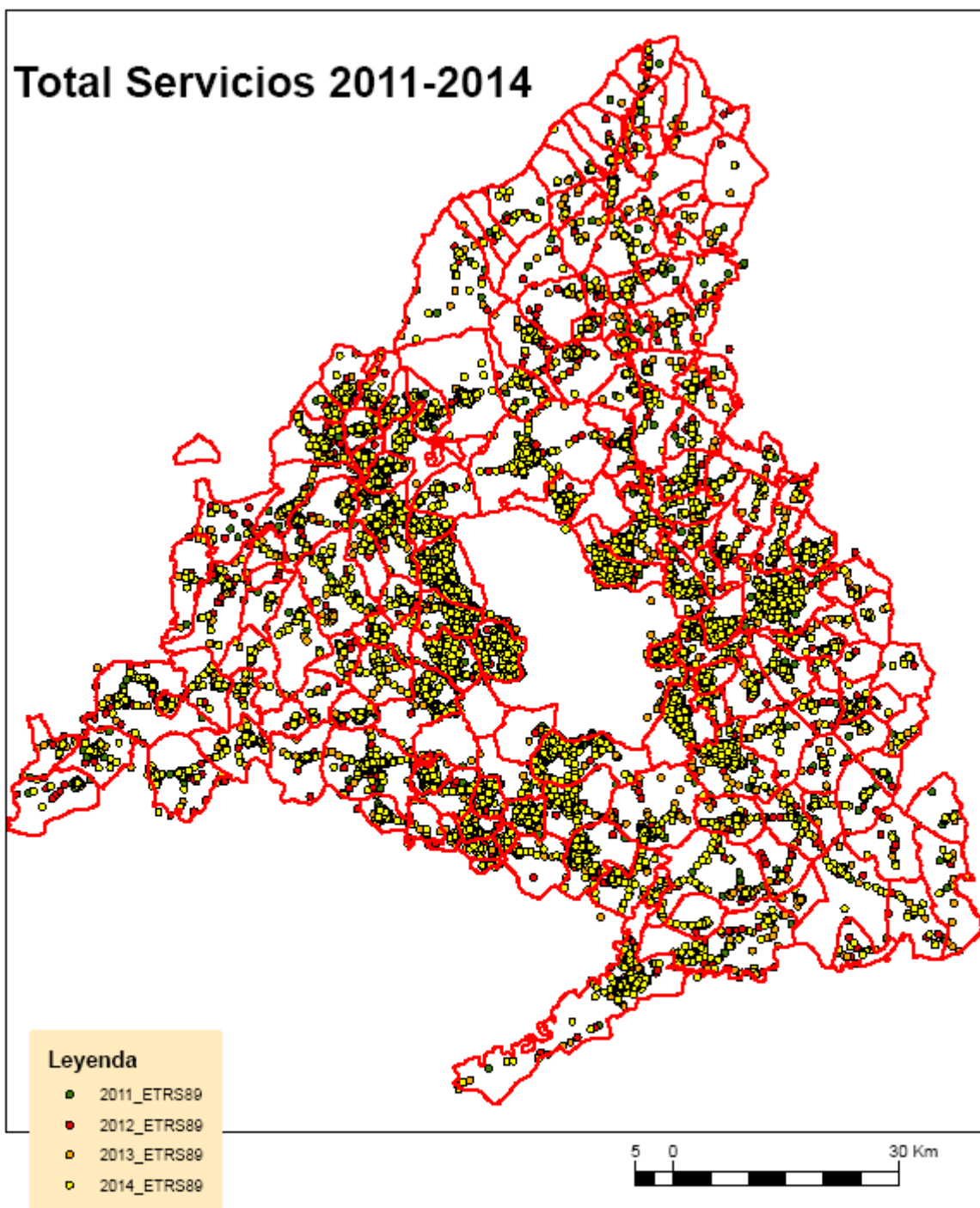


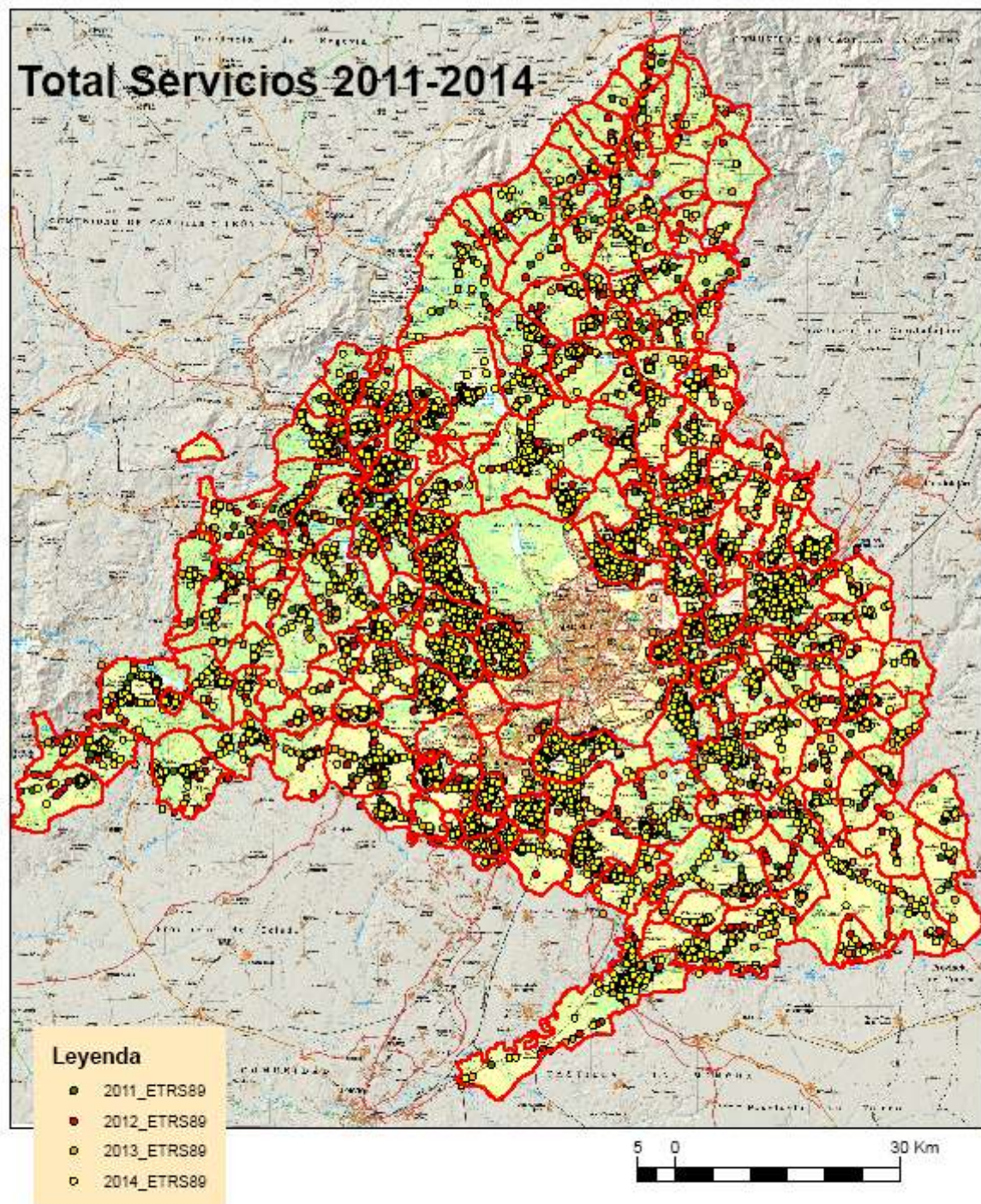












A2.2.- Parámetros de cálculo

A.2.2.1 TIPOLOGÍA 4.1.2, ACCIDENTE DE TRÁFICO EN CARRETERA CON ATRAPADOS:

1.- Valor del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **4-1-2 tLlegada**

-cartografía 1:200.000: **4-1-2 tLlegada - 200mil**

2.- Valor del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:

- límites de términos municipales: **4-1-2 DuracionServicio**

-cartografía 1:200.000: **4-1-2 DuracionServicio - 200mil**

3.- Valor del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **4-1-2 IC**

- cartografía 1:200.000: **4-1-2 IC - 200mil**

4.- Valor del Coste unitario del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **4-1-2 Coste Unitario por tLlegada**

-cartografía 1:200.000: **4-1-2 Coste Unitario por tLlegada - 200mil**

5.- Valor del Coste unitario del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:

- límites de términos municipales: **4-1-2 Coste Unitario por IC**

-cartografía 1:200.000: **4-1-2 Coste Unitario por DS - 200mil**

6.- Valor del Coste unitario del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **4-1-2 Coste Unitario por DS**

- cartografía 1:200.000: **4-1-2 Coste Unitario por IC - 200mil**

7.- Representación total intervenciones: **Intervenciones 2011 - 2014 _ 4-1-2**

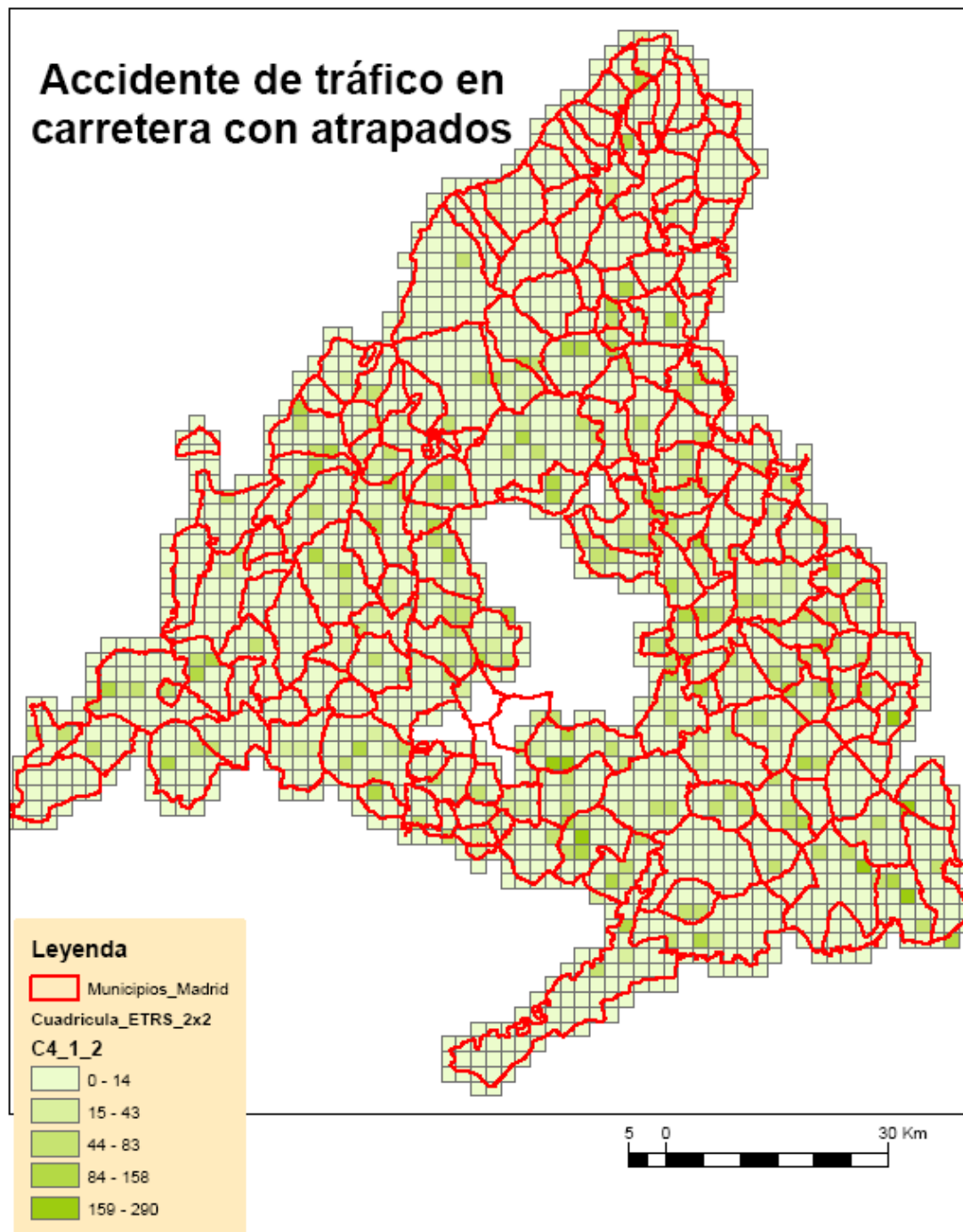
8.- Representación total servicios: **Servicios 2011-2014 _ 4-1-2**

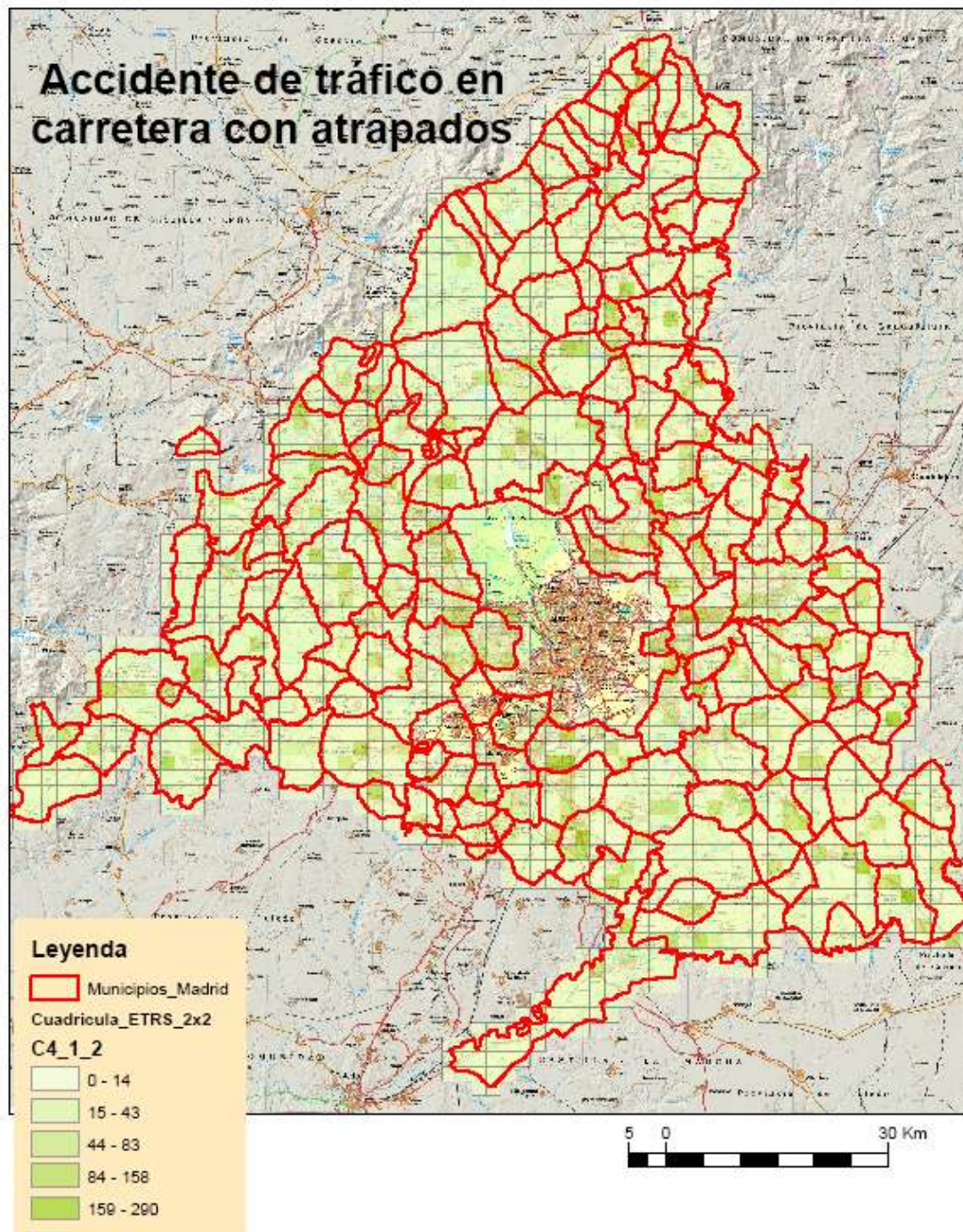
9.- Representación servicios 2011: **Servicios 2011 _ 4-1-2**

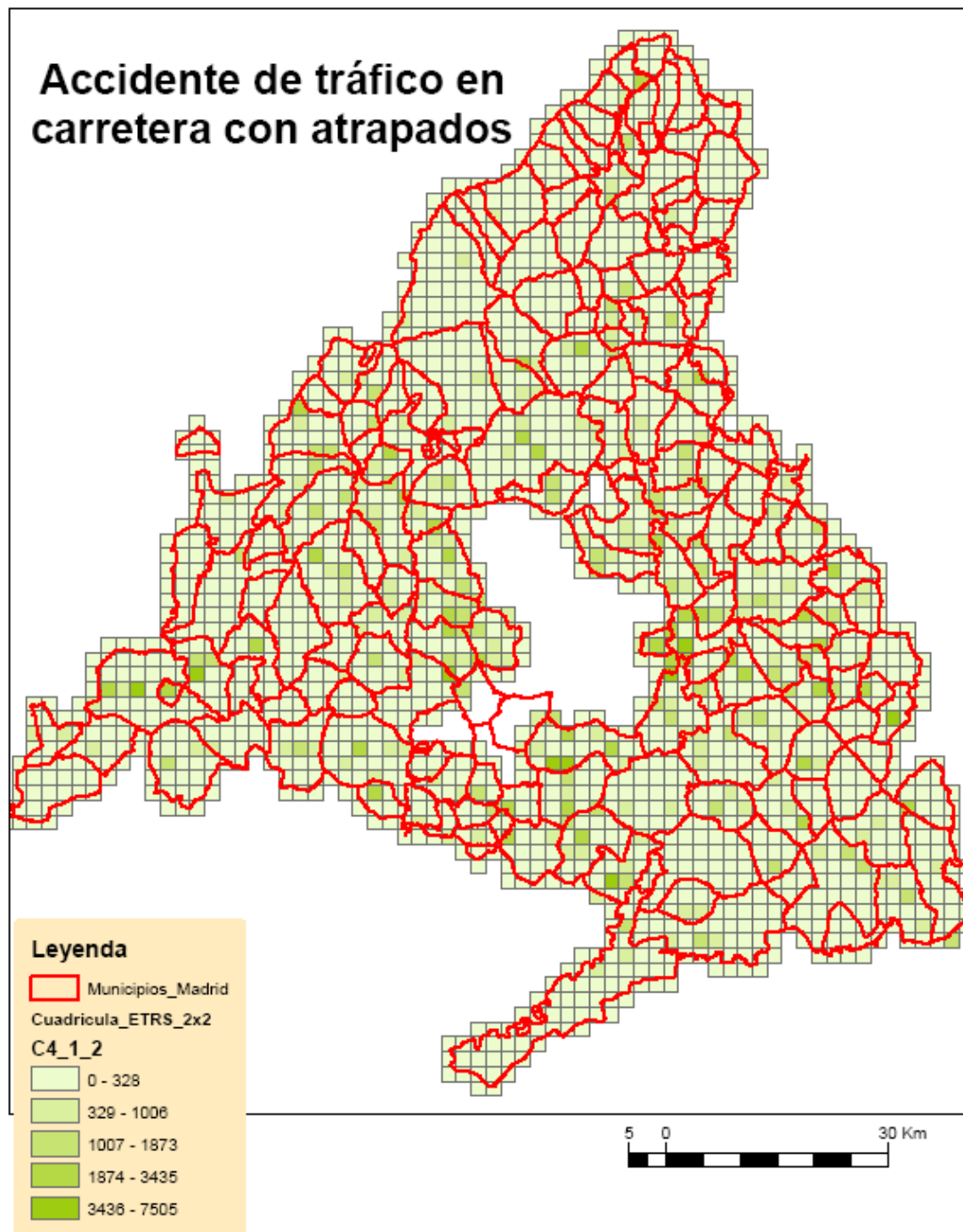
10.- Representación servicios 2012: **Servicios 2012 _ 4-1-2**

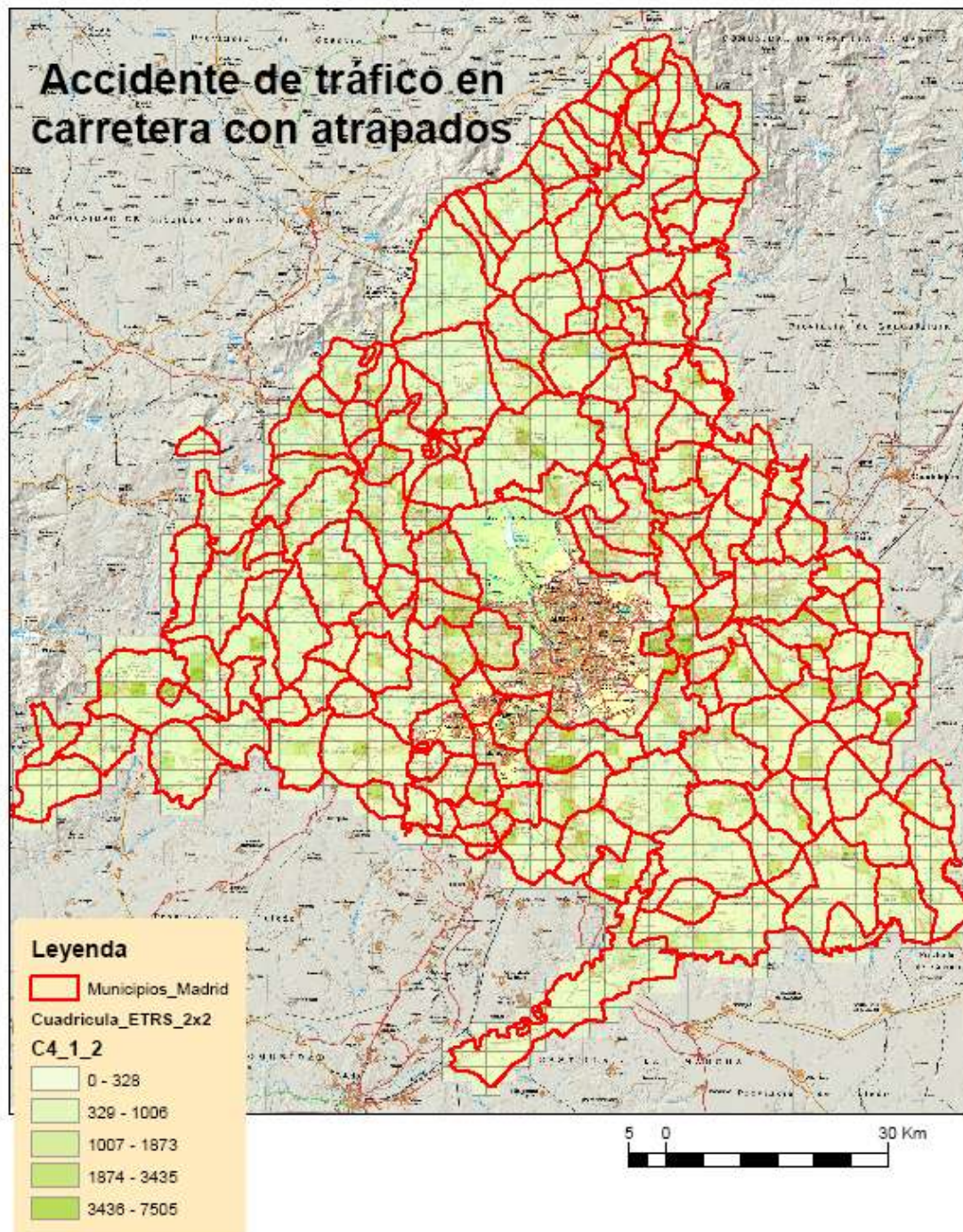
11.- Representación servicios 2013: **Servicios 2013 _ 4-1-2**

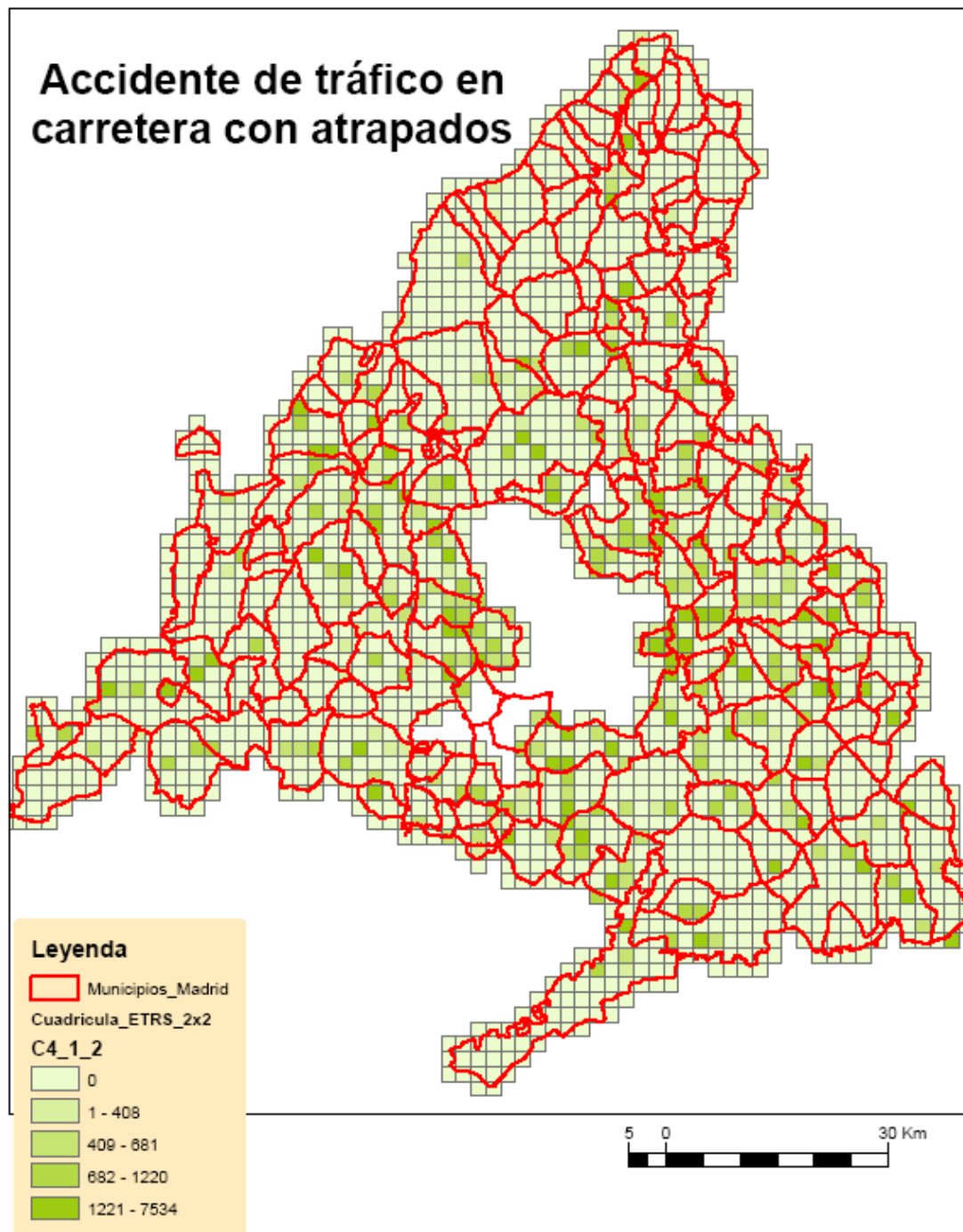
12.- Representación servicios 2014: **Servicios 2014 _ 4-1-2**

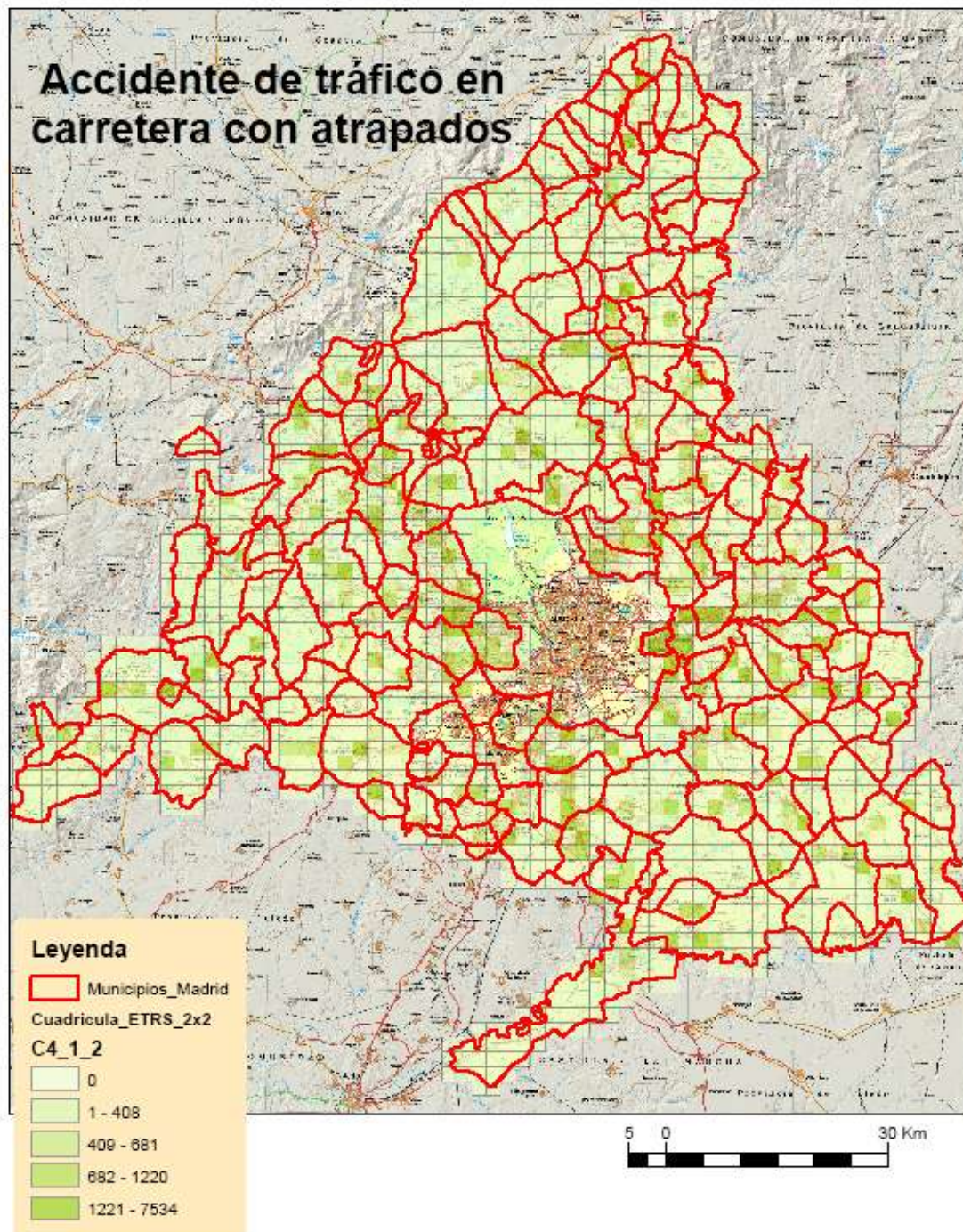


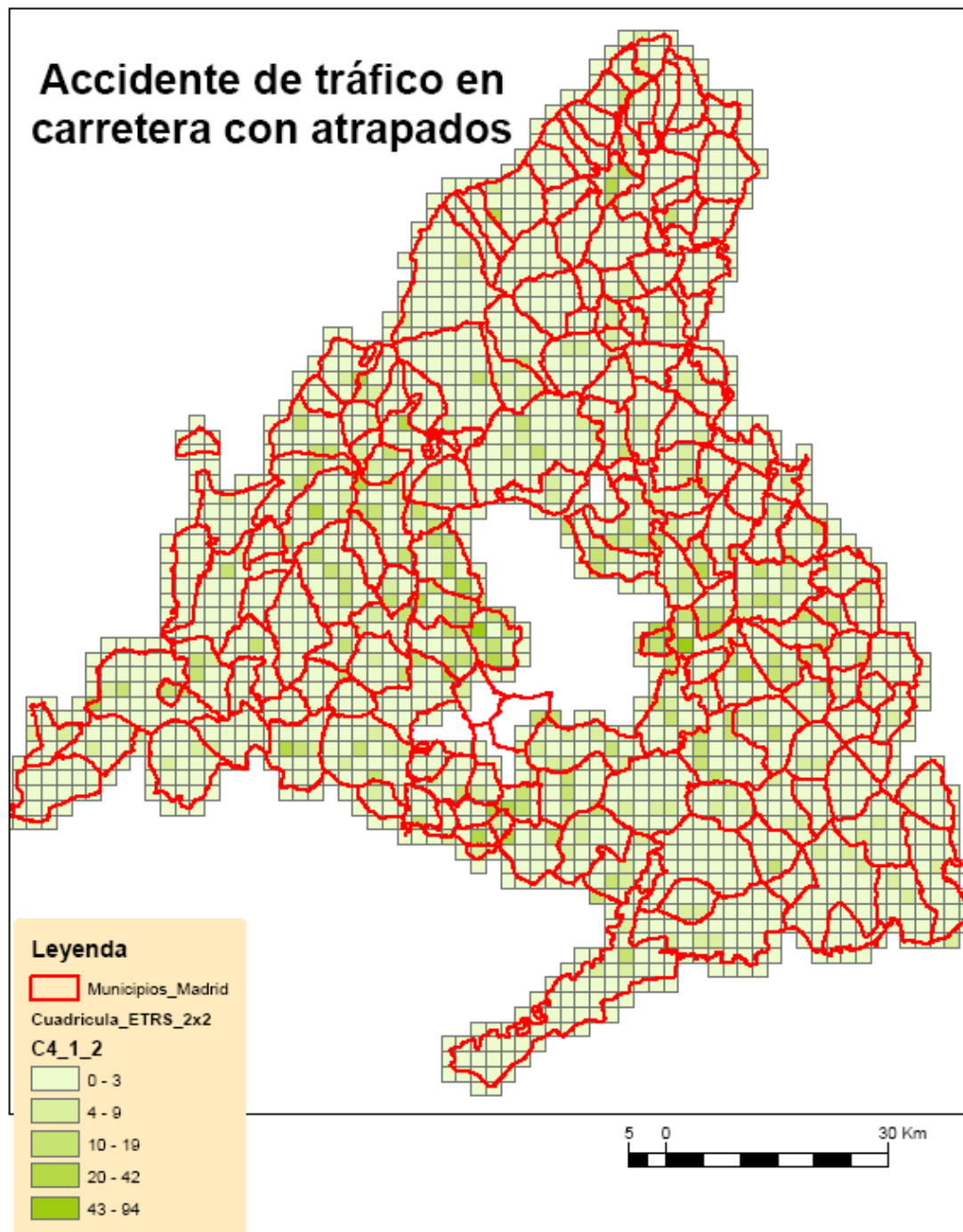


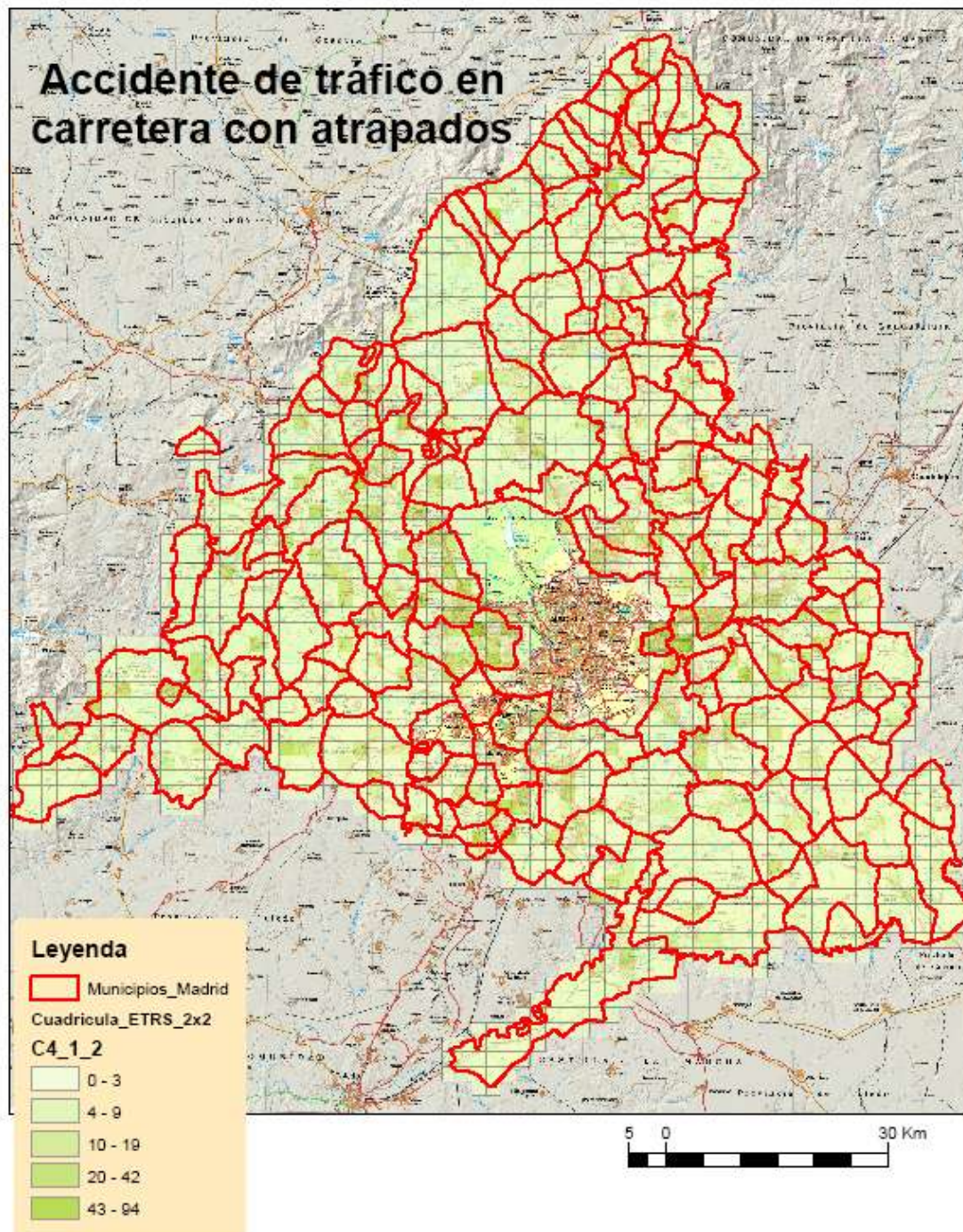


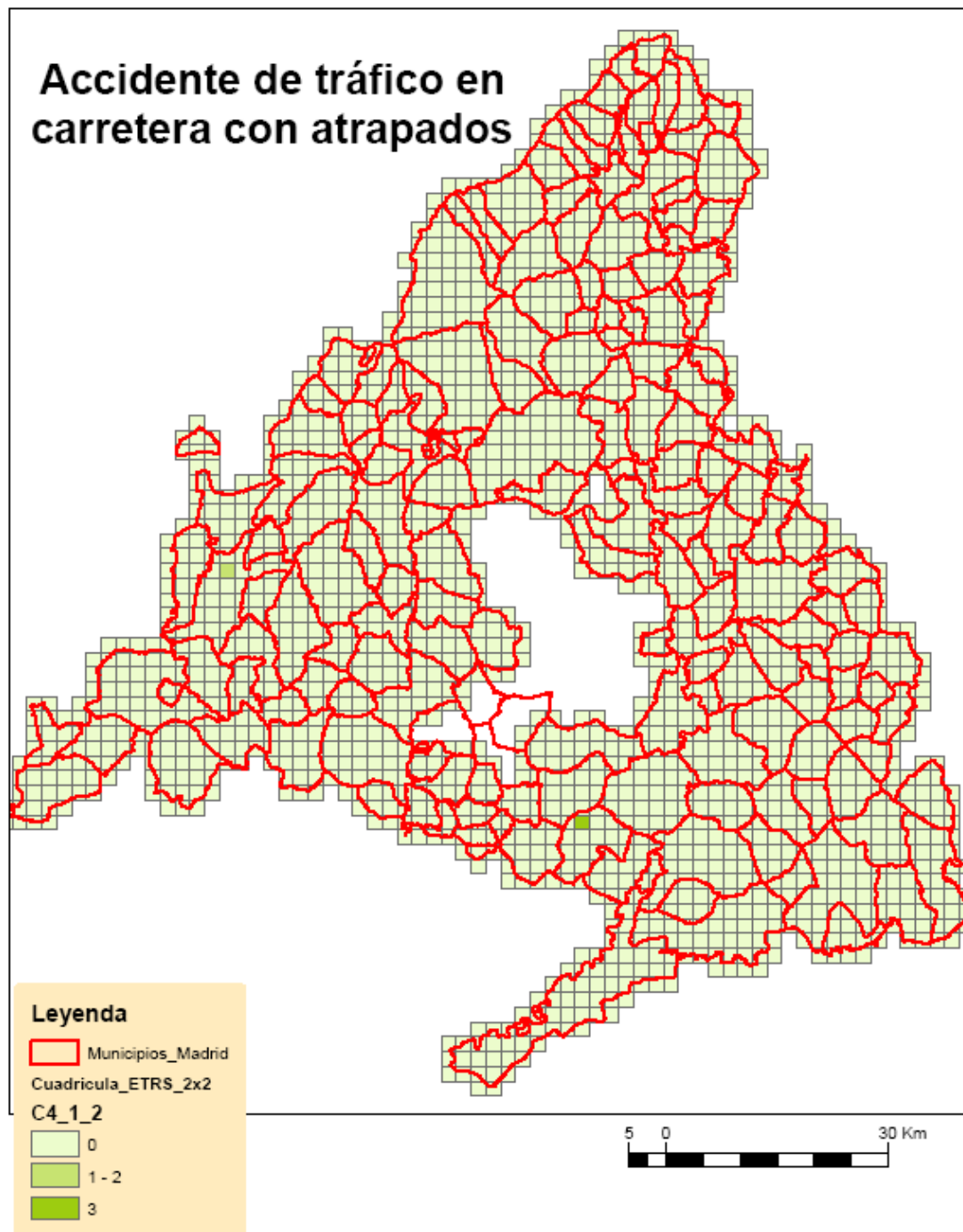


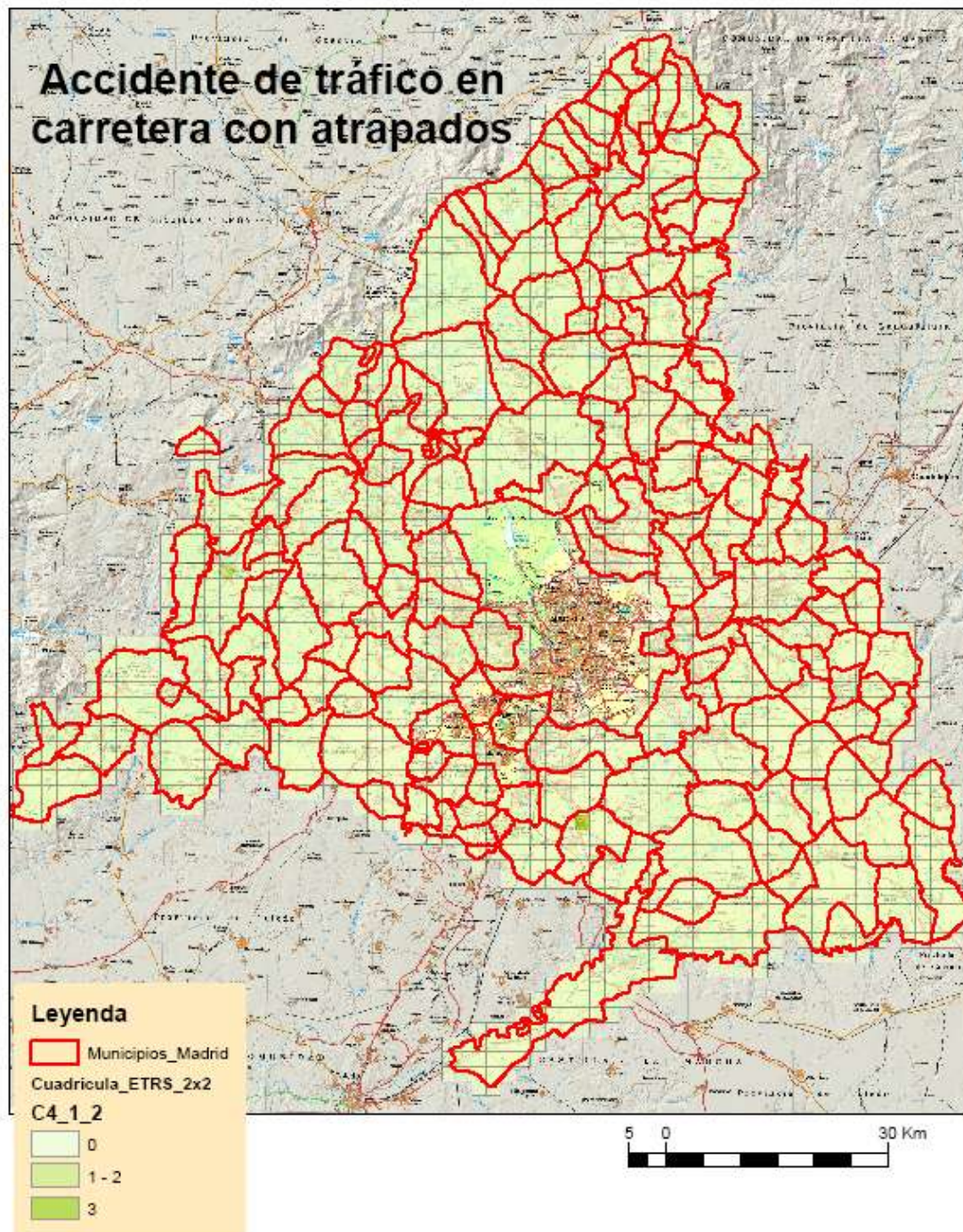


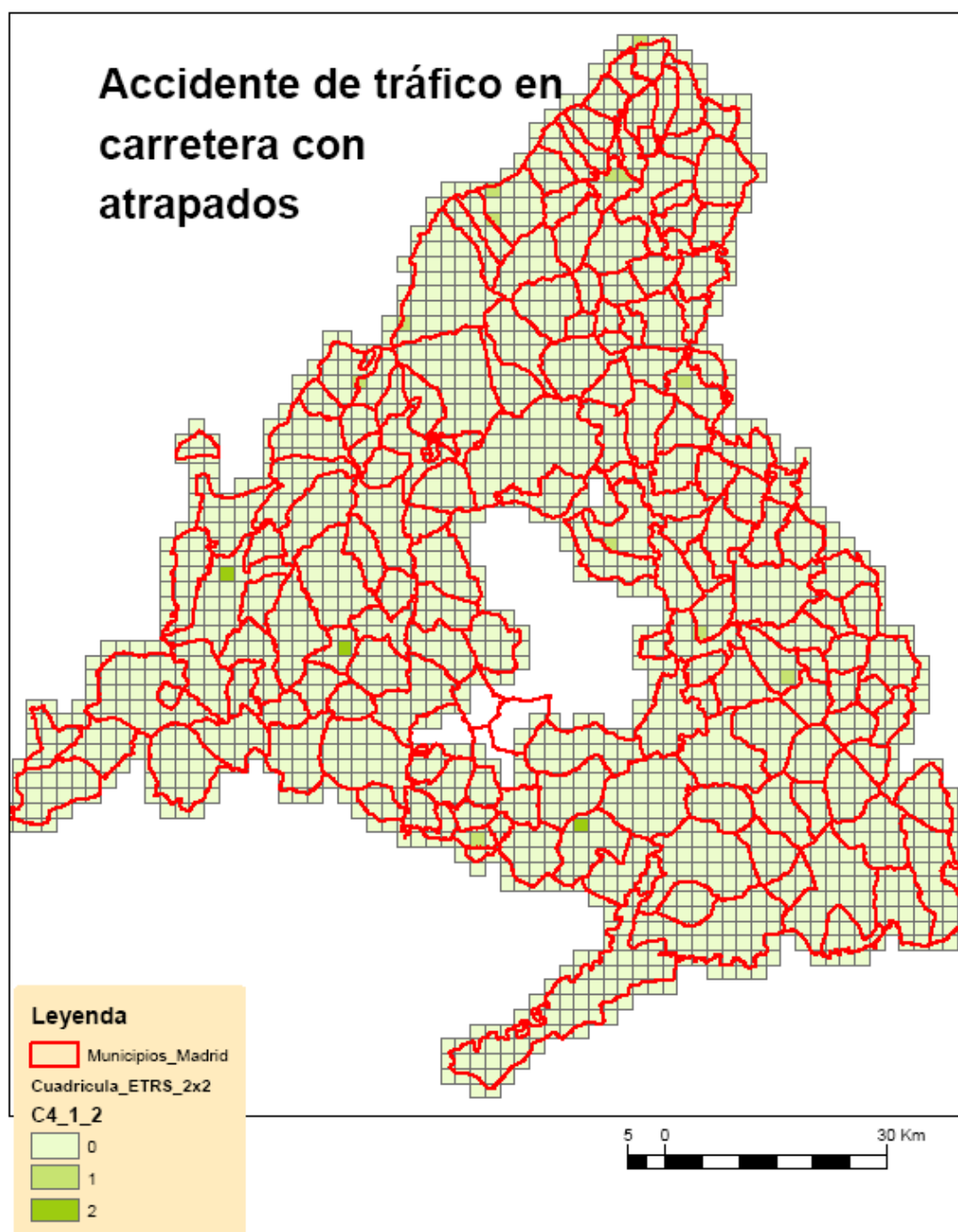


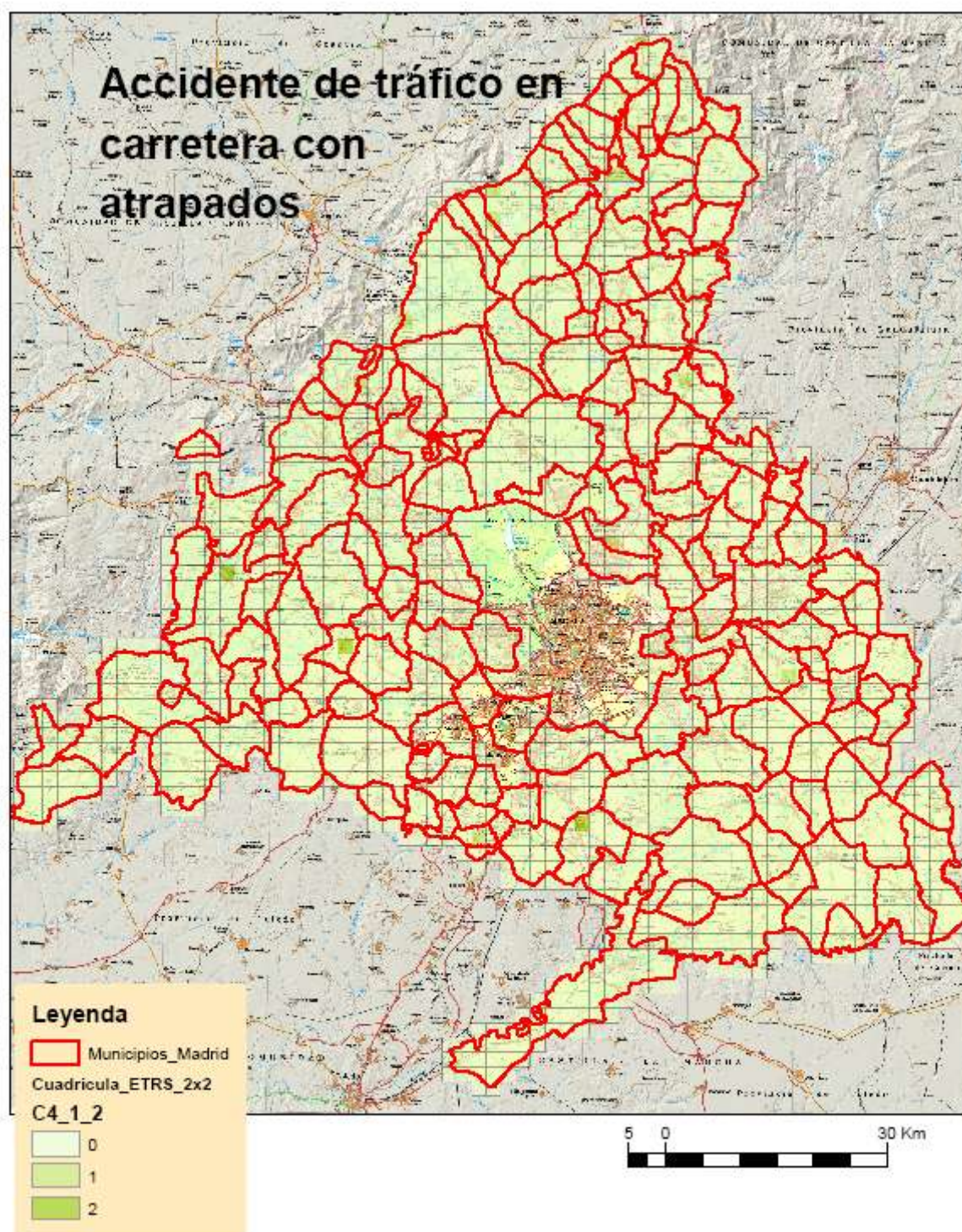




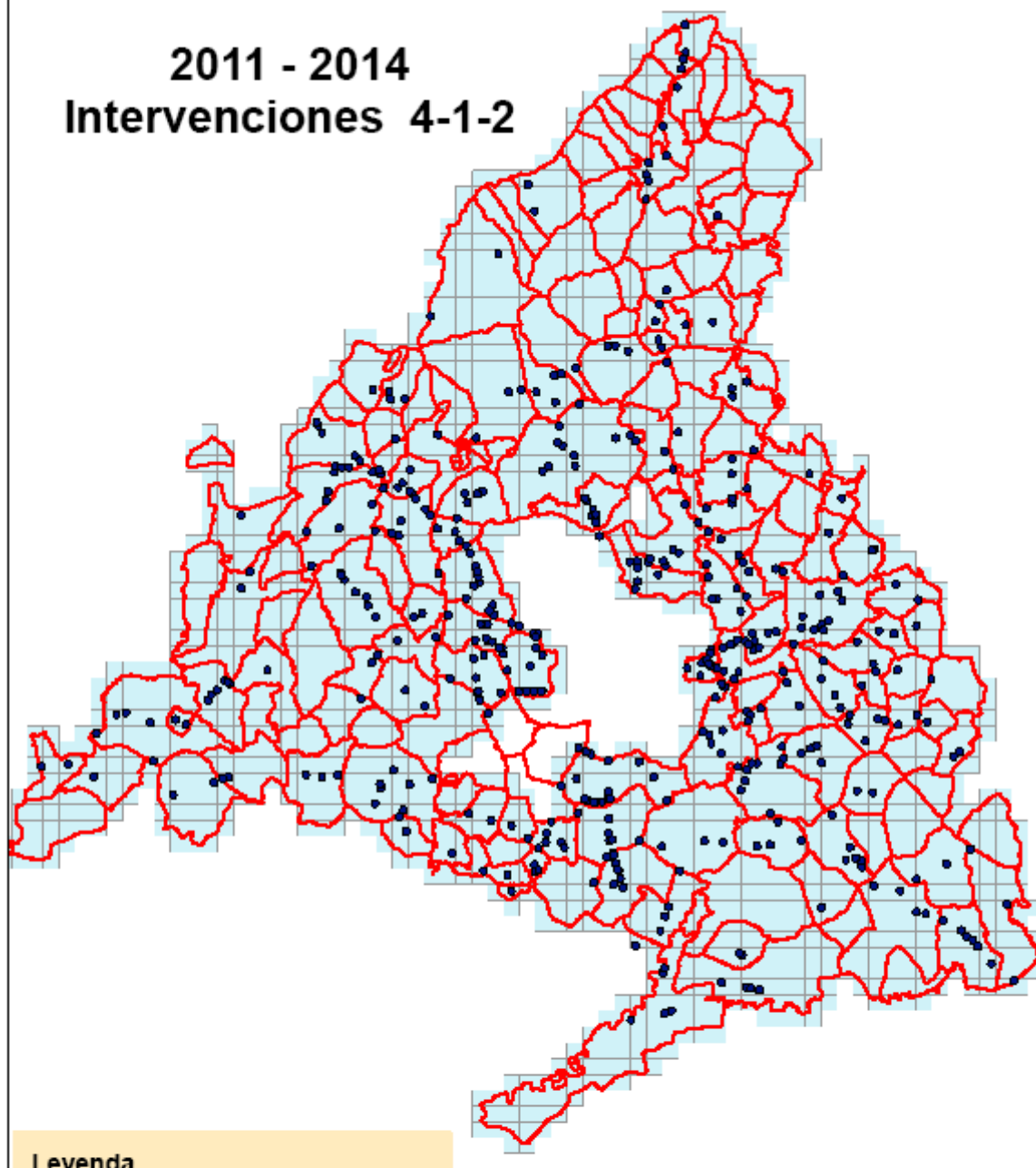








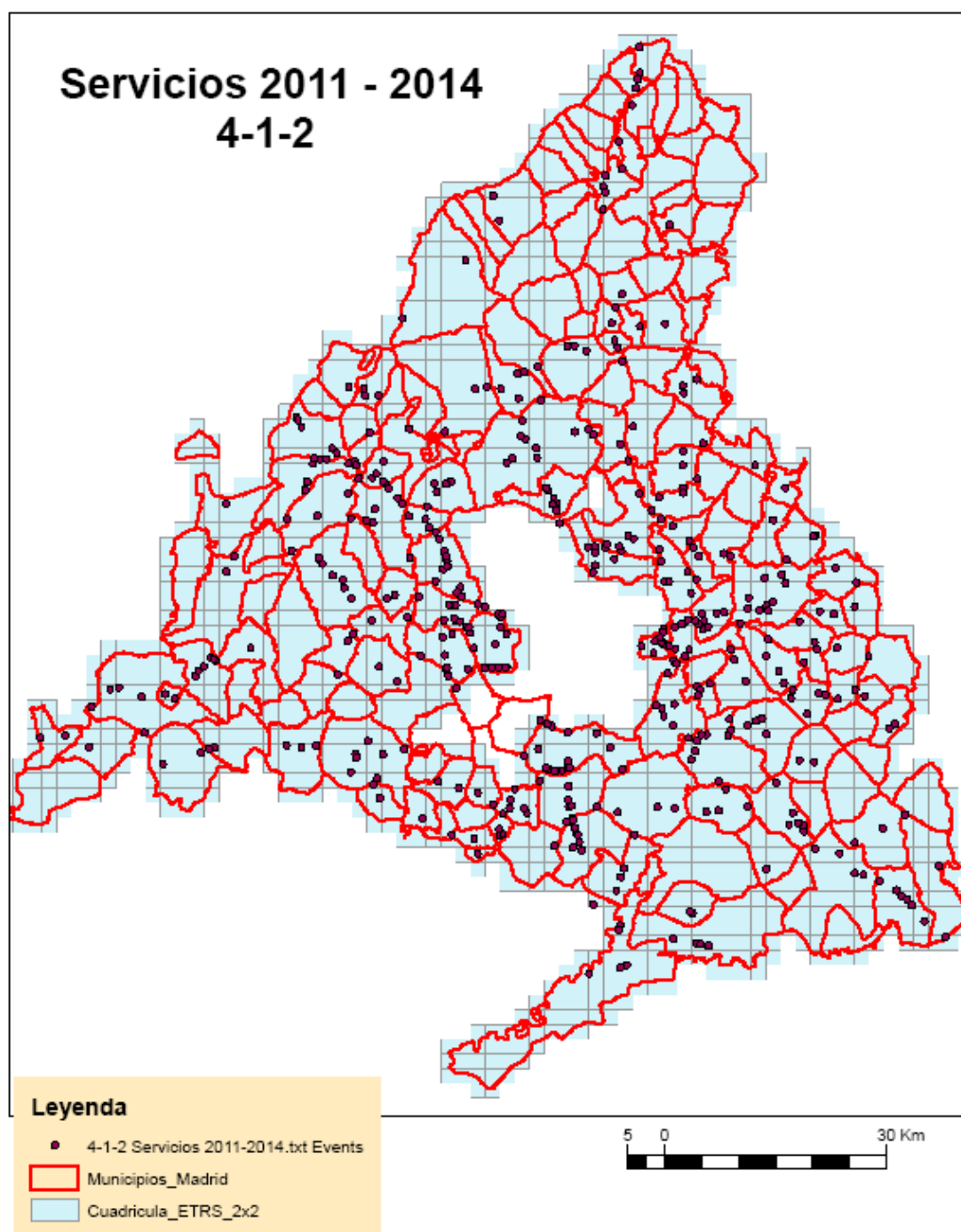
2011 - 2014 Intervenciones 4-1-2

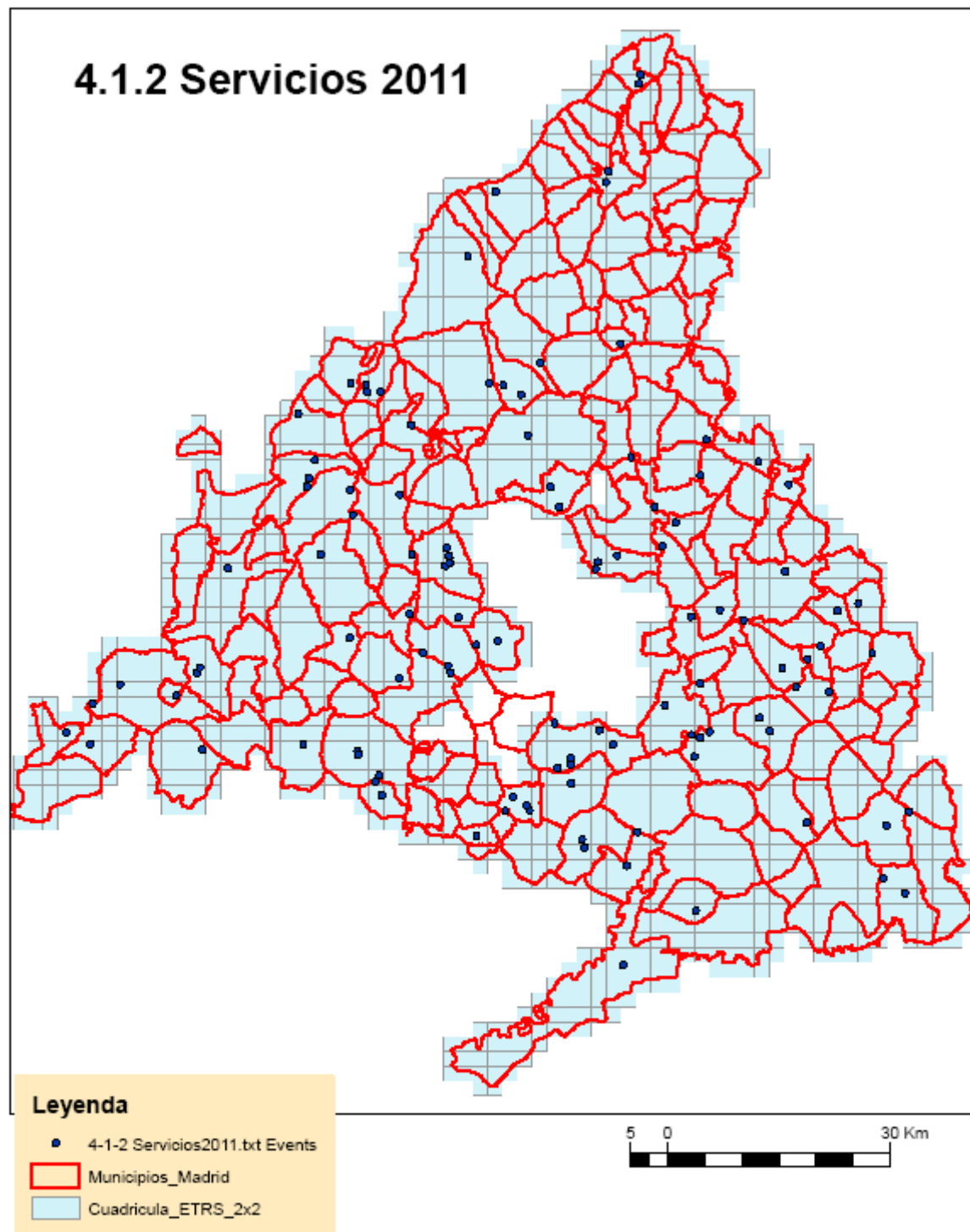


Leyenda

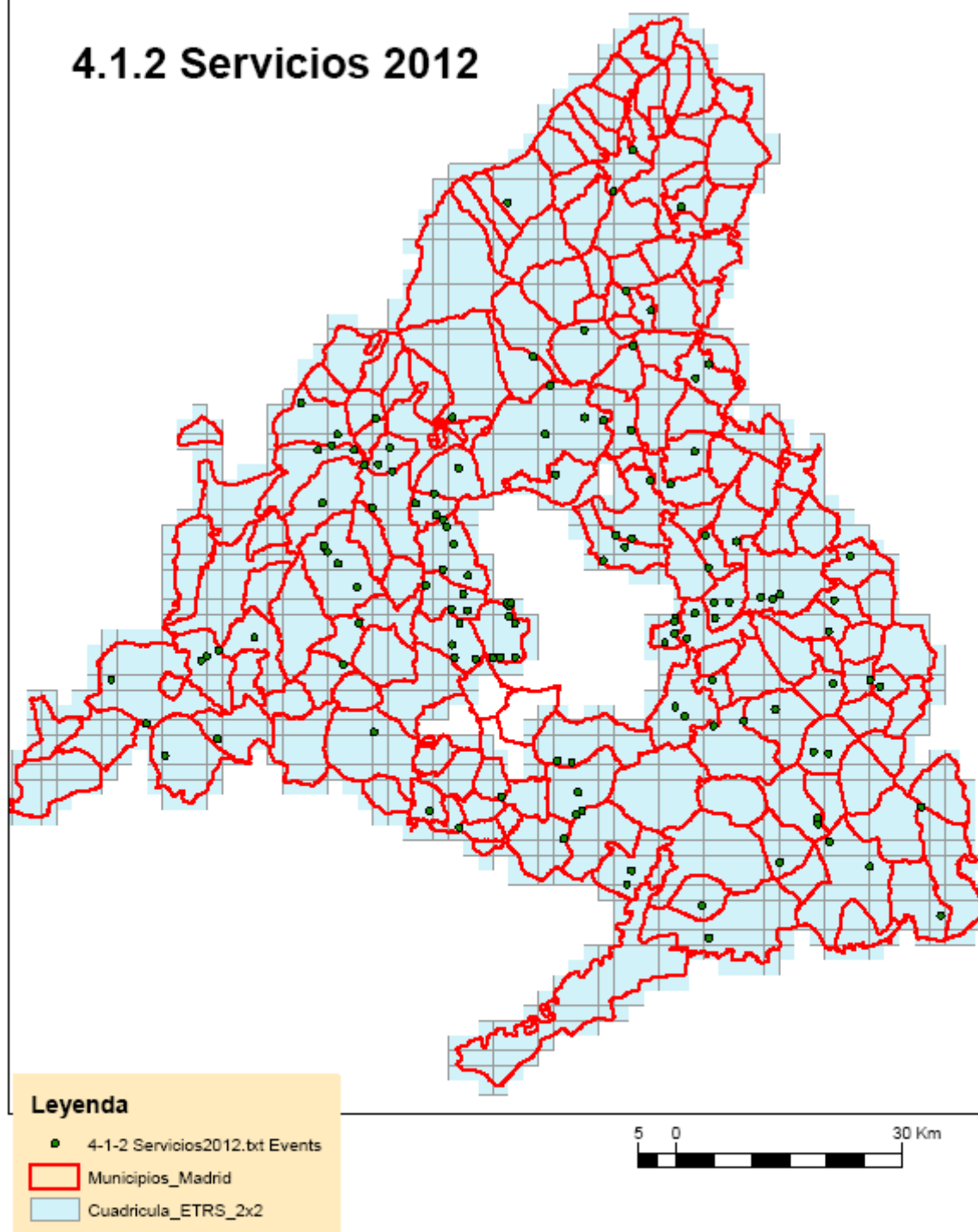
- 4-1-2 Intervenciones 2011-2014.txt Events
- ▭ Municipios_Madrid
- ▭ Cuadrícula_ETRS_2x2

5 0 30 Km

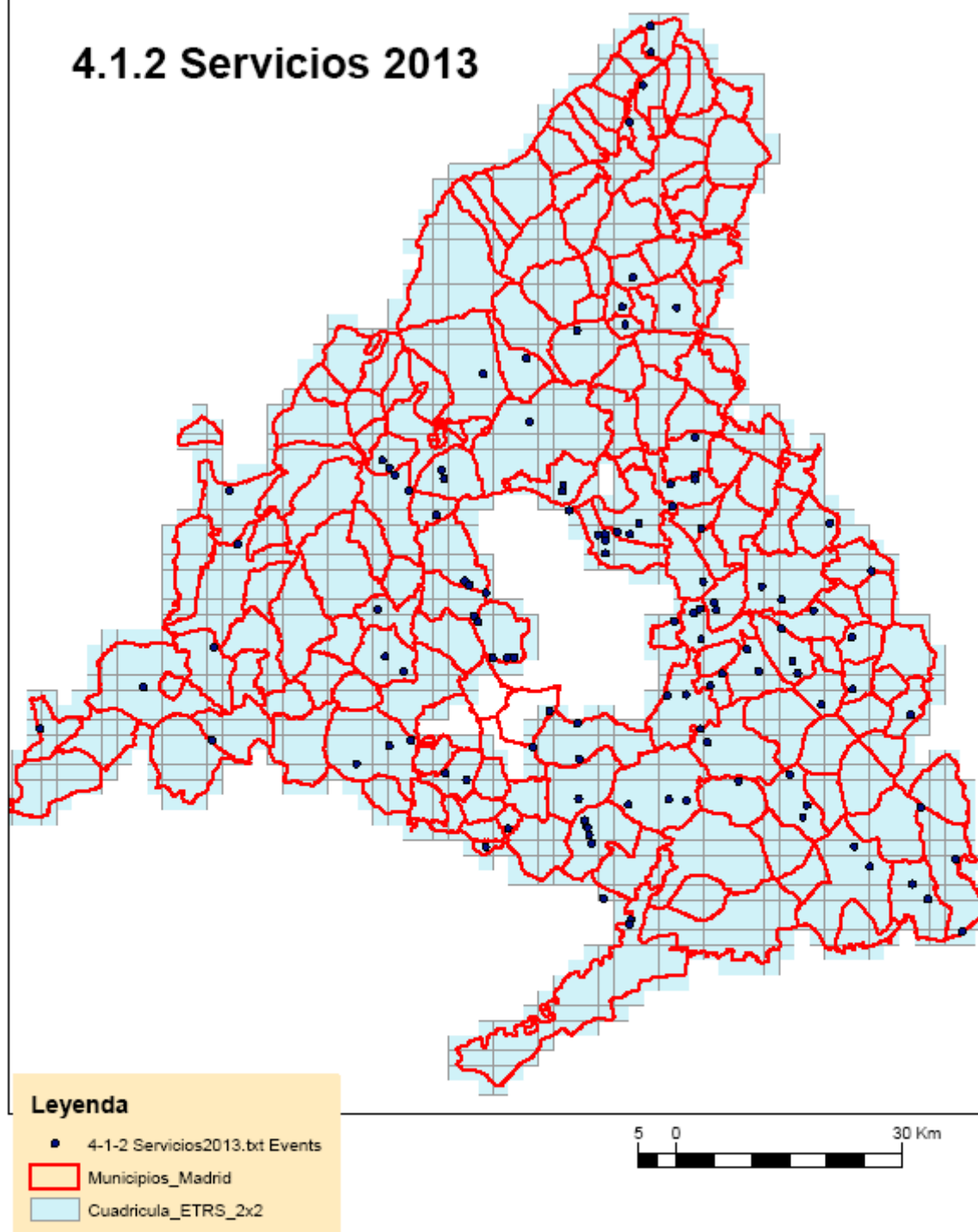




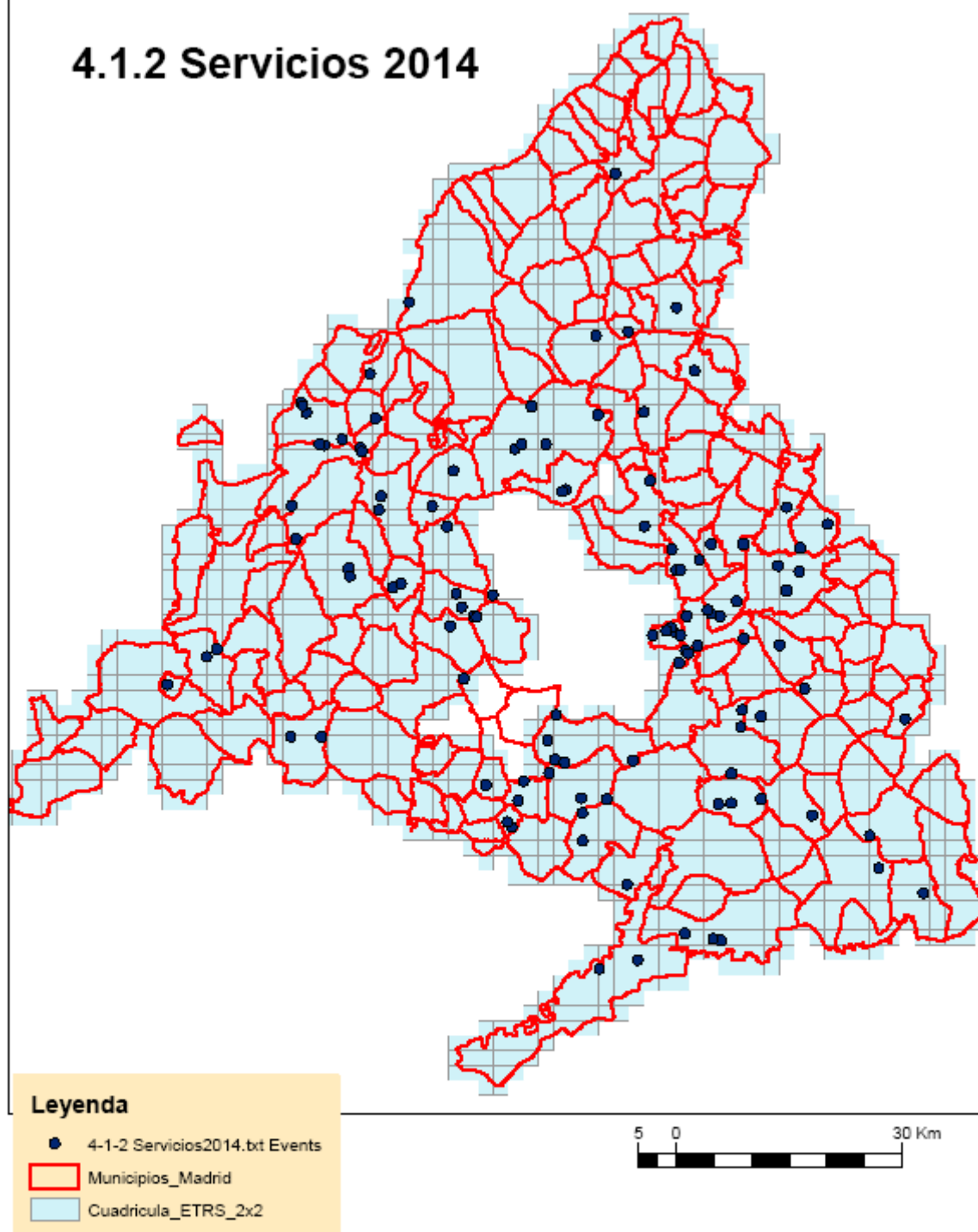
4.1.2 Servicios 2012



4.1.2 Servicios 2013



4.1.2 Servicios 2014



A.2.2.2 TIPOLOGÍA 1.2.6, INCENDIO INTERIOR NAVES, ALMACENES, INDUSTRIAS:

1.- Valor del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-2-6 tLlegada**

-cartografía 1:200.000: **1-2-6 tLlegada - 200mil**

2.- Valor del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:

- límites de términos municipales: **1-2-6 DuracionServicio**

-cartografía 1:200.000: **1-2-6 DuracionServicio - 200mil**

3.- Valor del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-2-6 IC**

- cartografía 1:200.000: **1-2-6 IC - 200mil**

4.- Valor del Coste unitario del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-2-6 Coste Unitario por tLlegada**

-cartografía 1:200.000: **1-2-6 Coste Unitario por tLlegada - 200mil**

5.- Valor del Coste unitario del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:

- límites de términos municipales: **1-2-6 Coste Unitario por DS**

-cartografía 1:200.000: **1-2-6 Coste Unitario por DS - 200mil**

6.- Valor del Coste unitario del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-2-6 Coste Unitario por IC**

- cartografía 1:200.000: **1-2-6 Coste Unitario por IC - 200mil**

7.- Representación total intervenciones: **Intervenciones 2011 - 2014 _ 1-2-6**

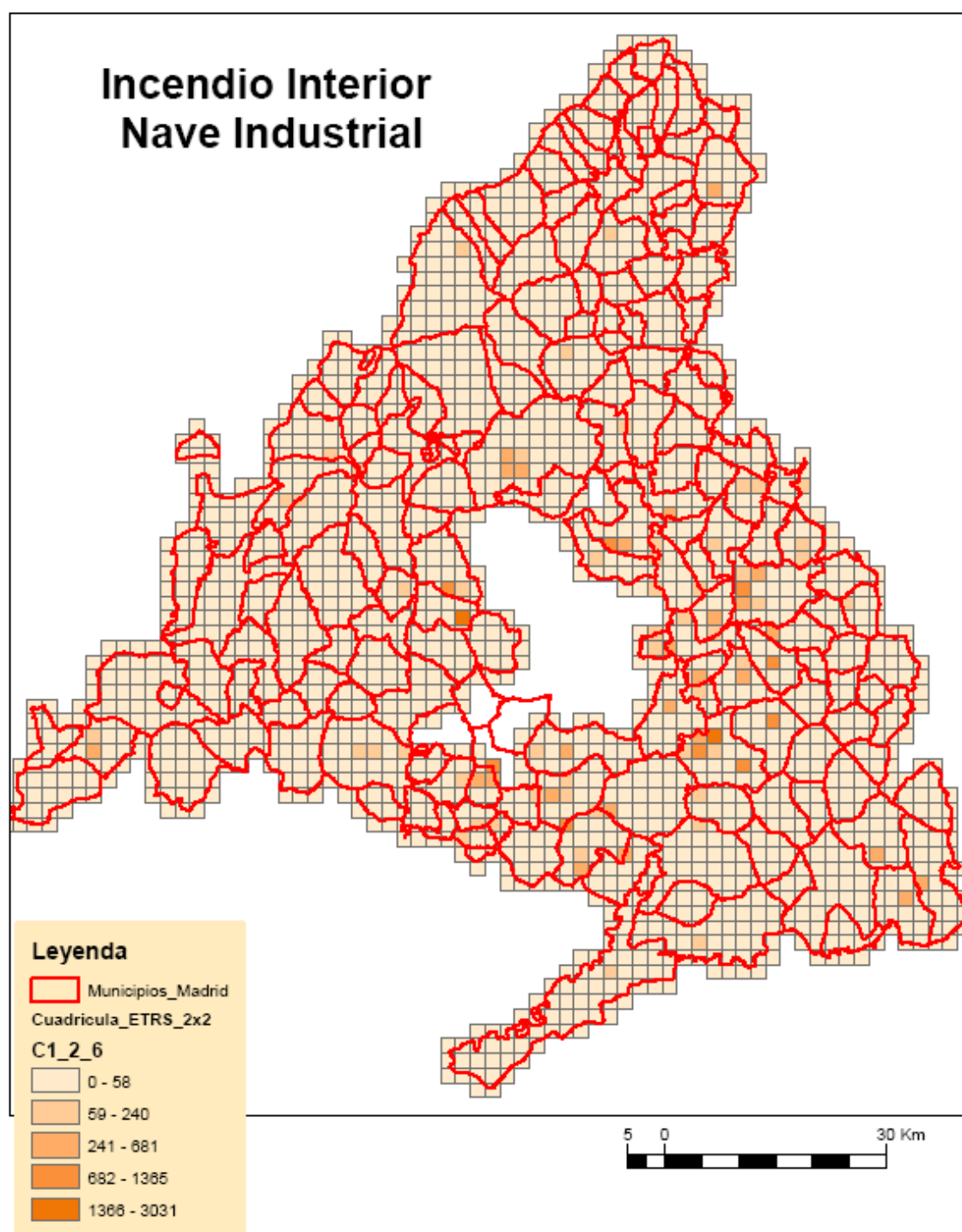
8.- Representación total servicios: **Servicios 2011-2014 _ 1-2-6**

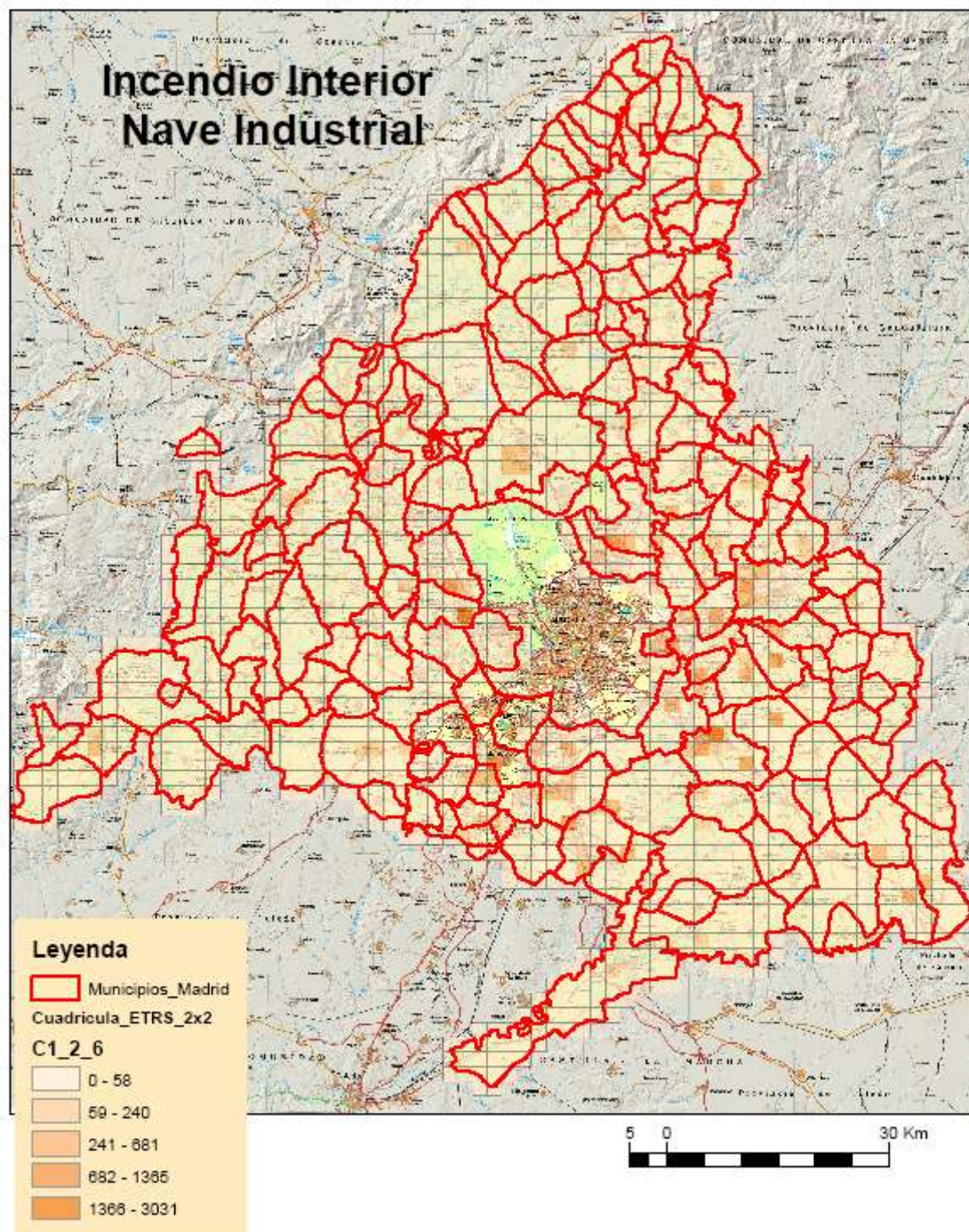
9.- Representación servicios 2011: **Servicios 2011 _ 1-2-6**

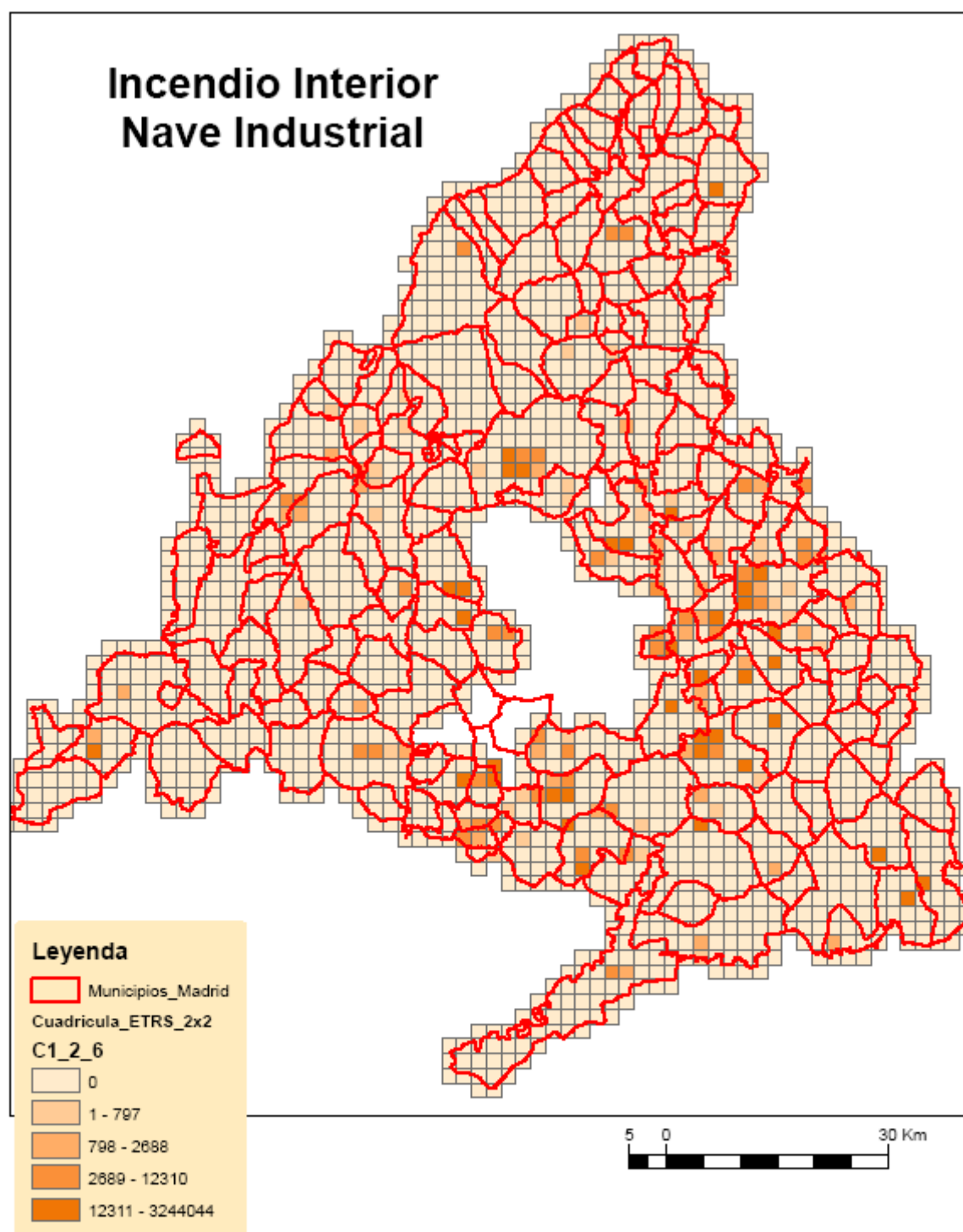
10.- Representación servicios 2012: **Servicios 2012 _ 1-2-6**

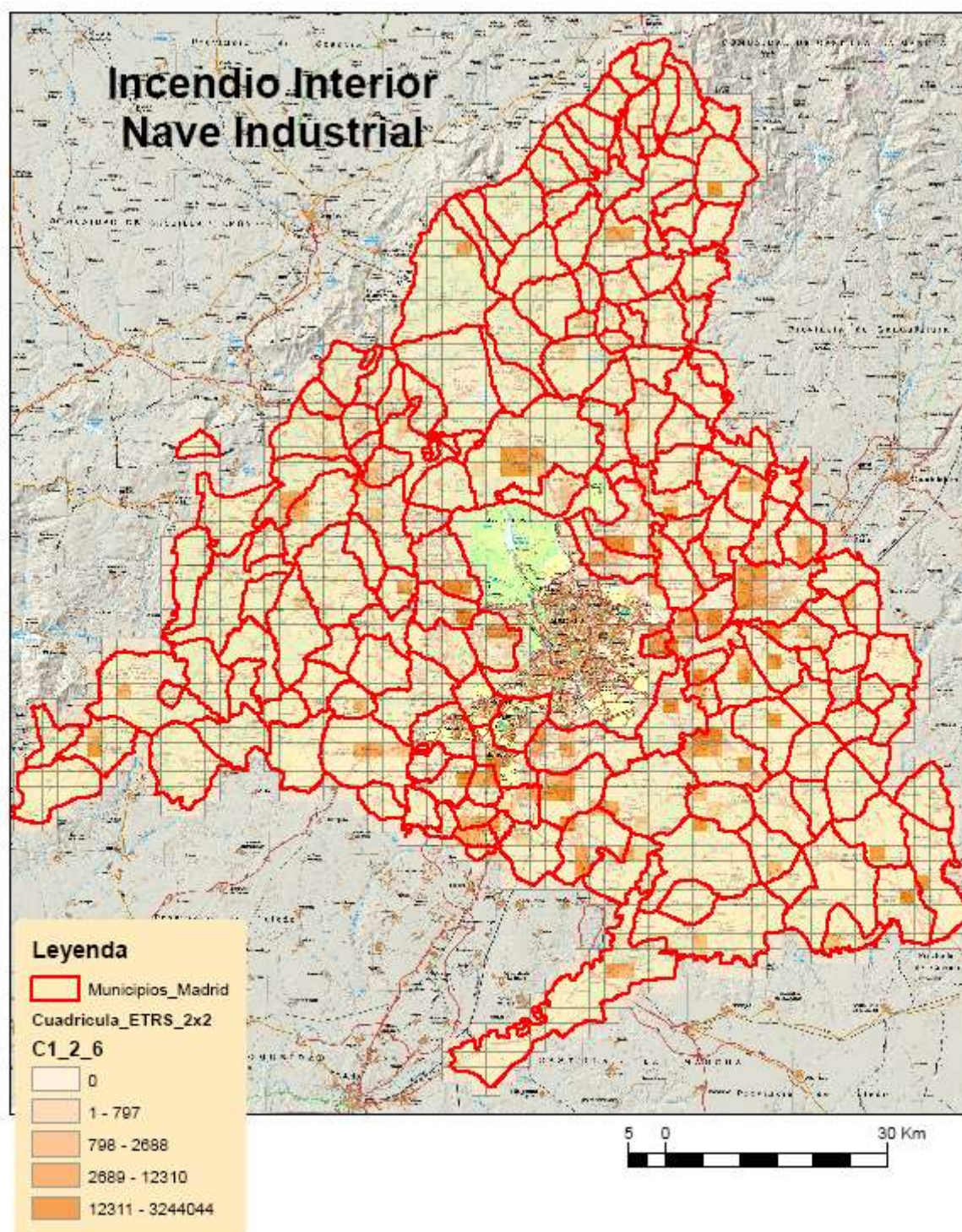
11.- Representación servicios 2013: **Servicios 2013 _ 1-2-6**

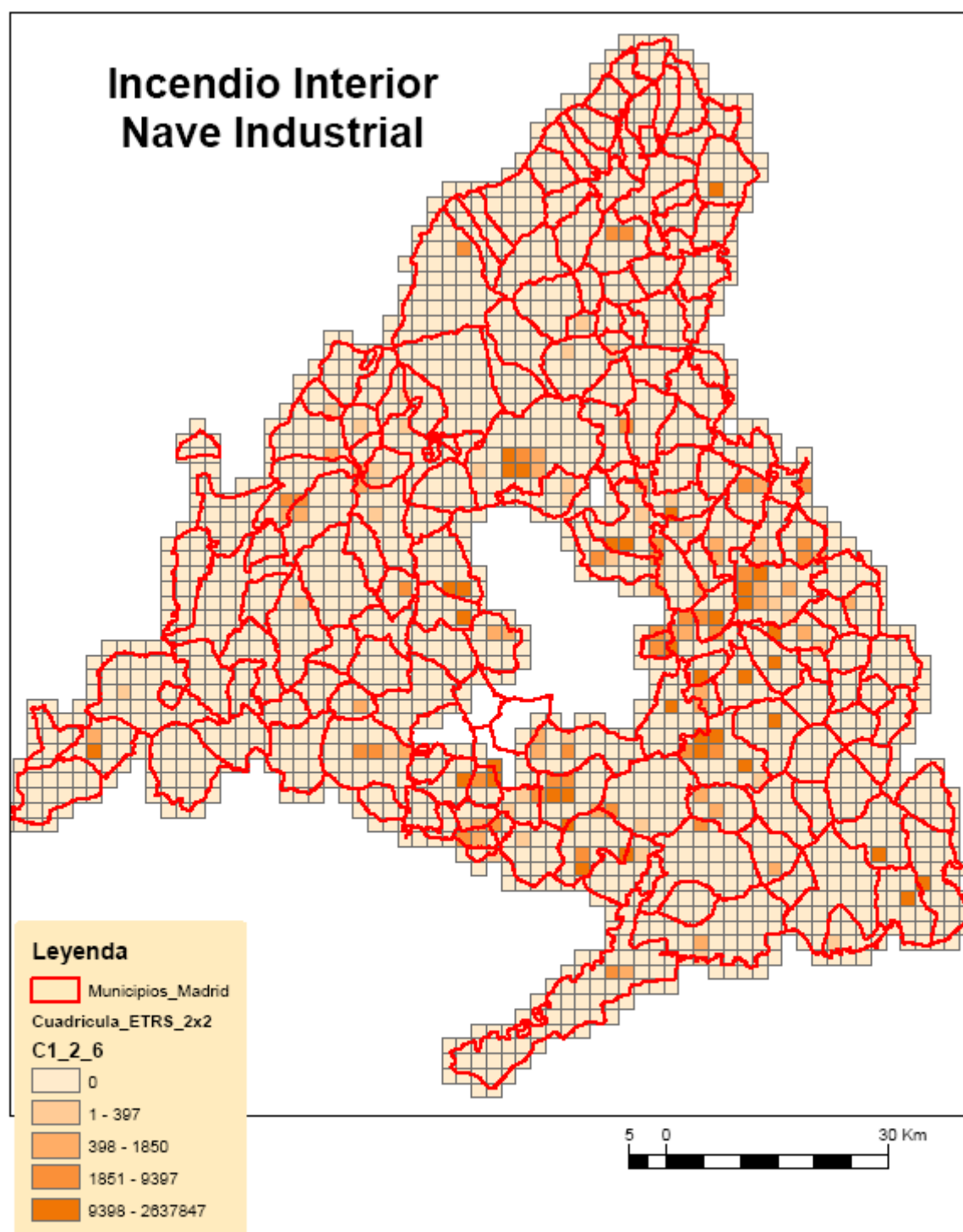
12.- Representación servicios 2014: **Servicios 2014 _ 1-2-6**

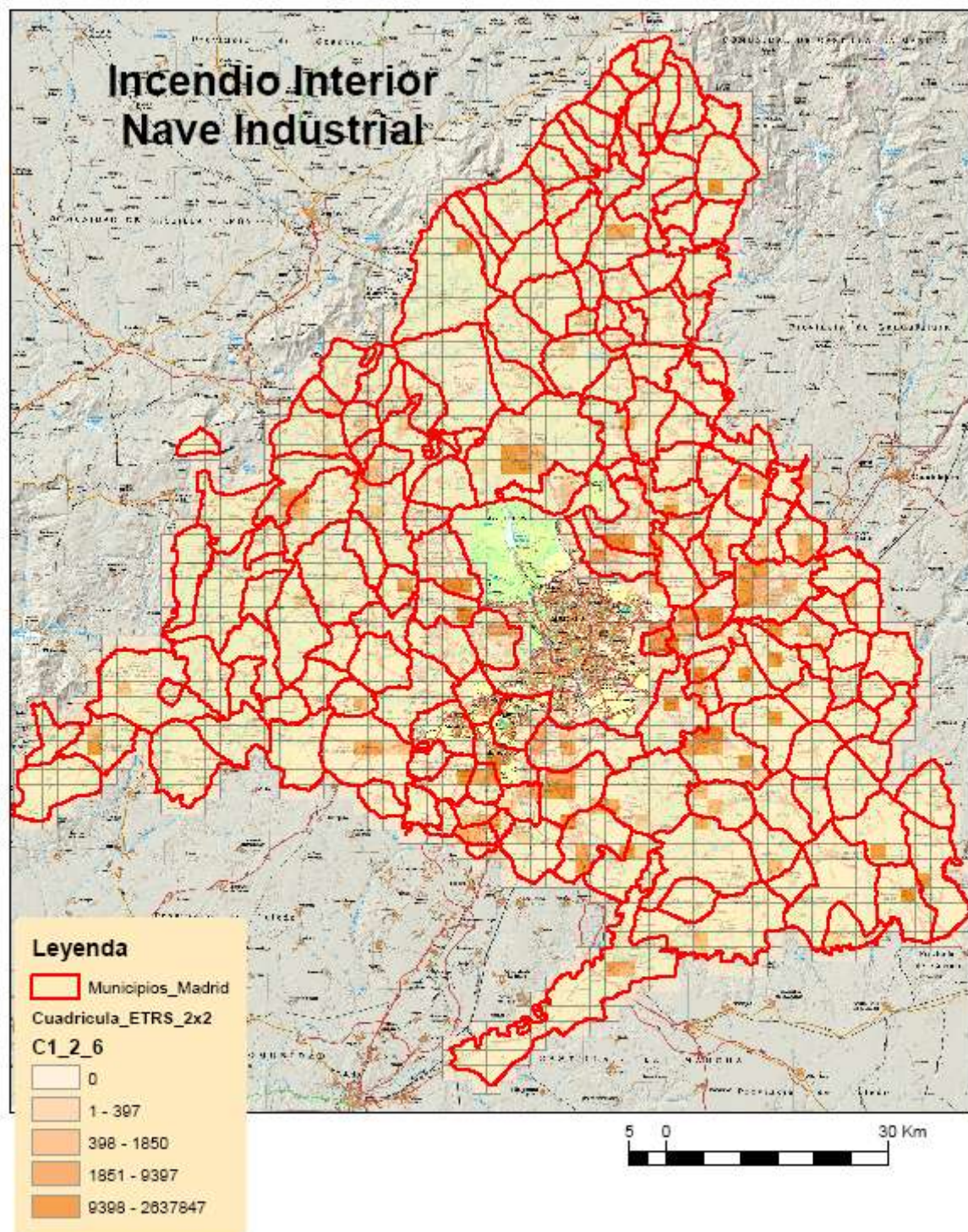




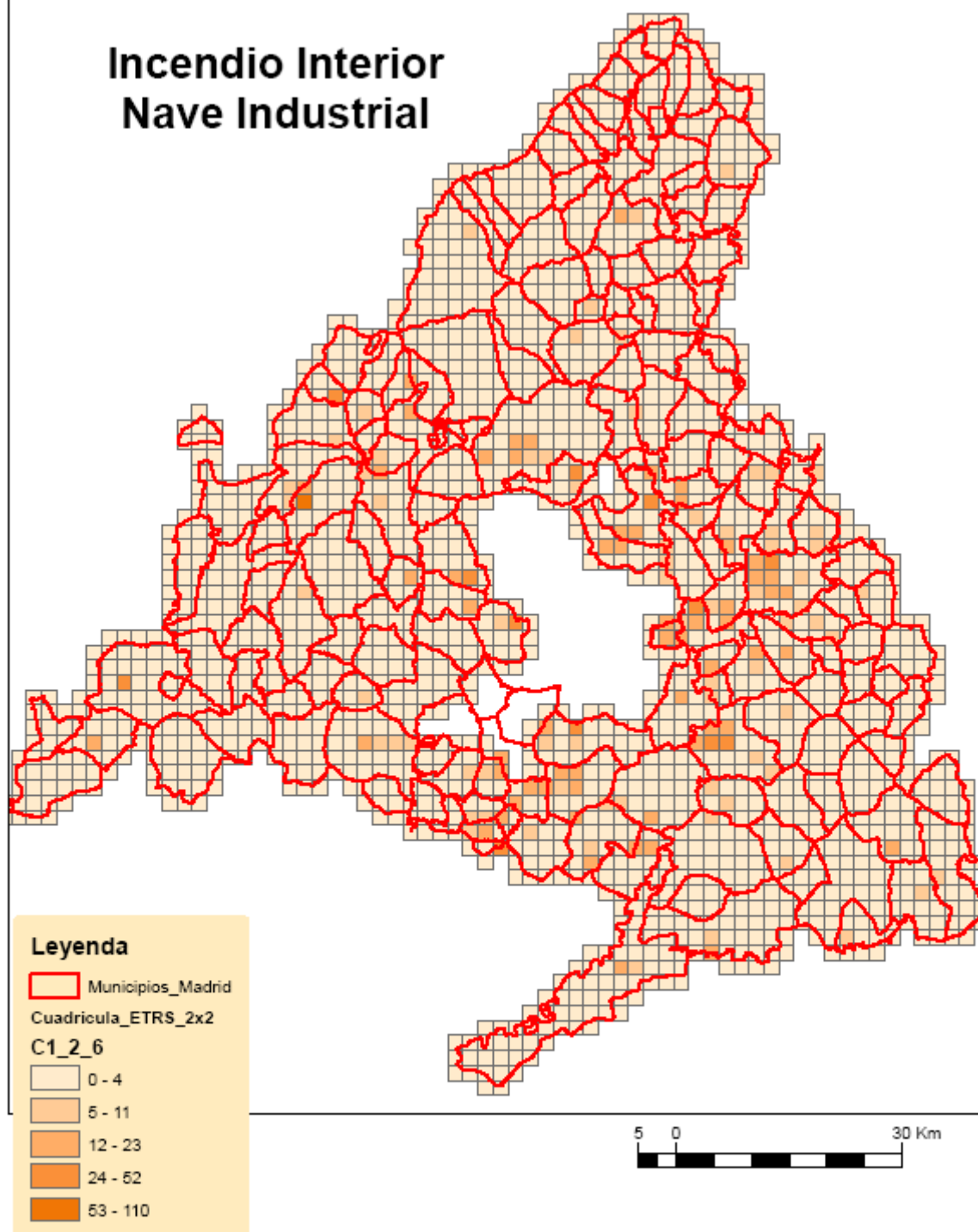


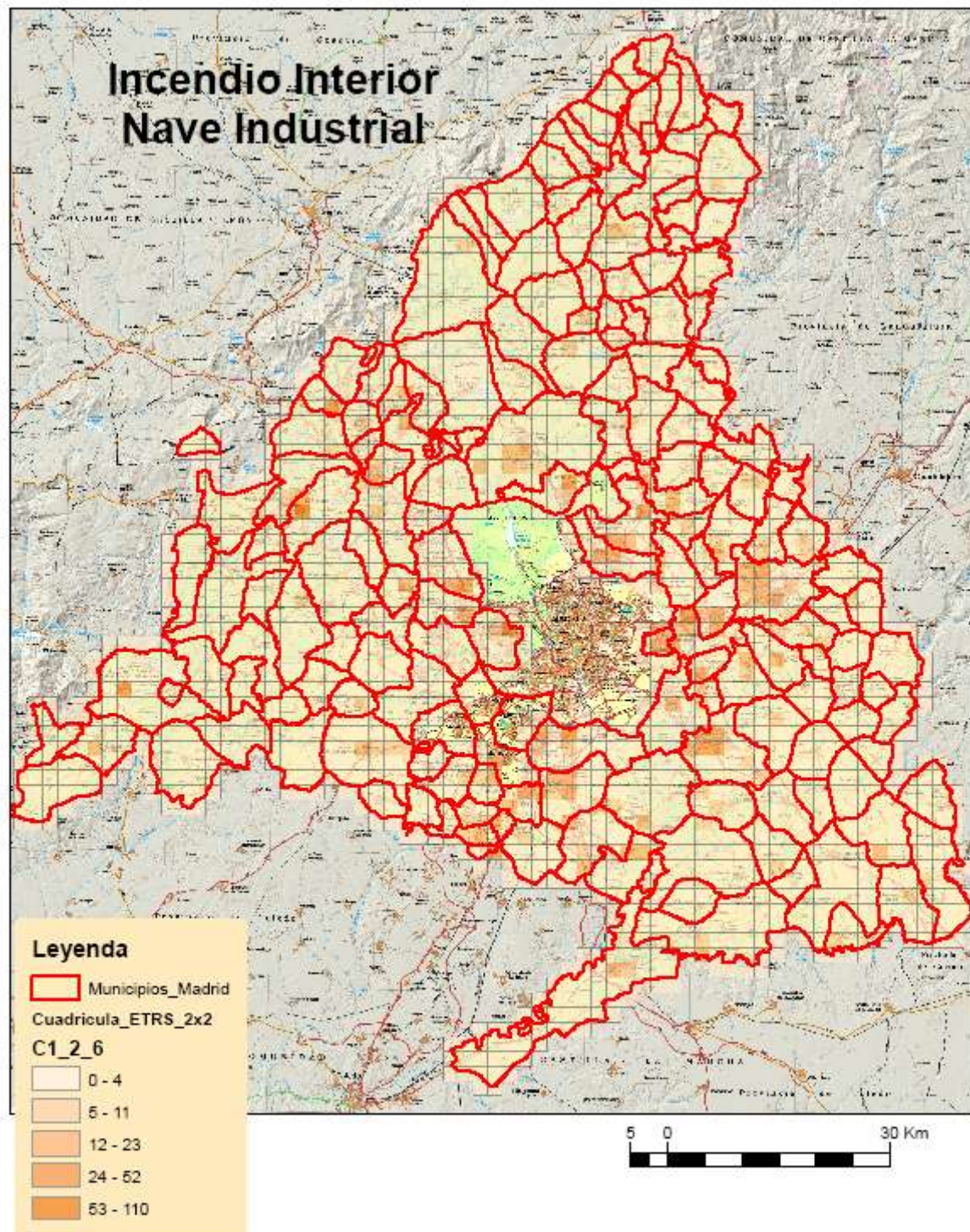


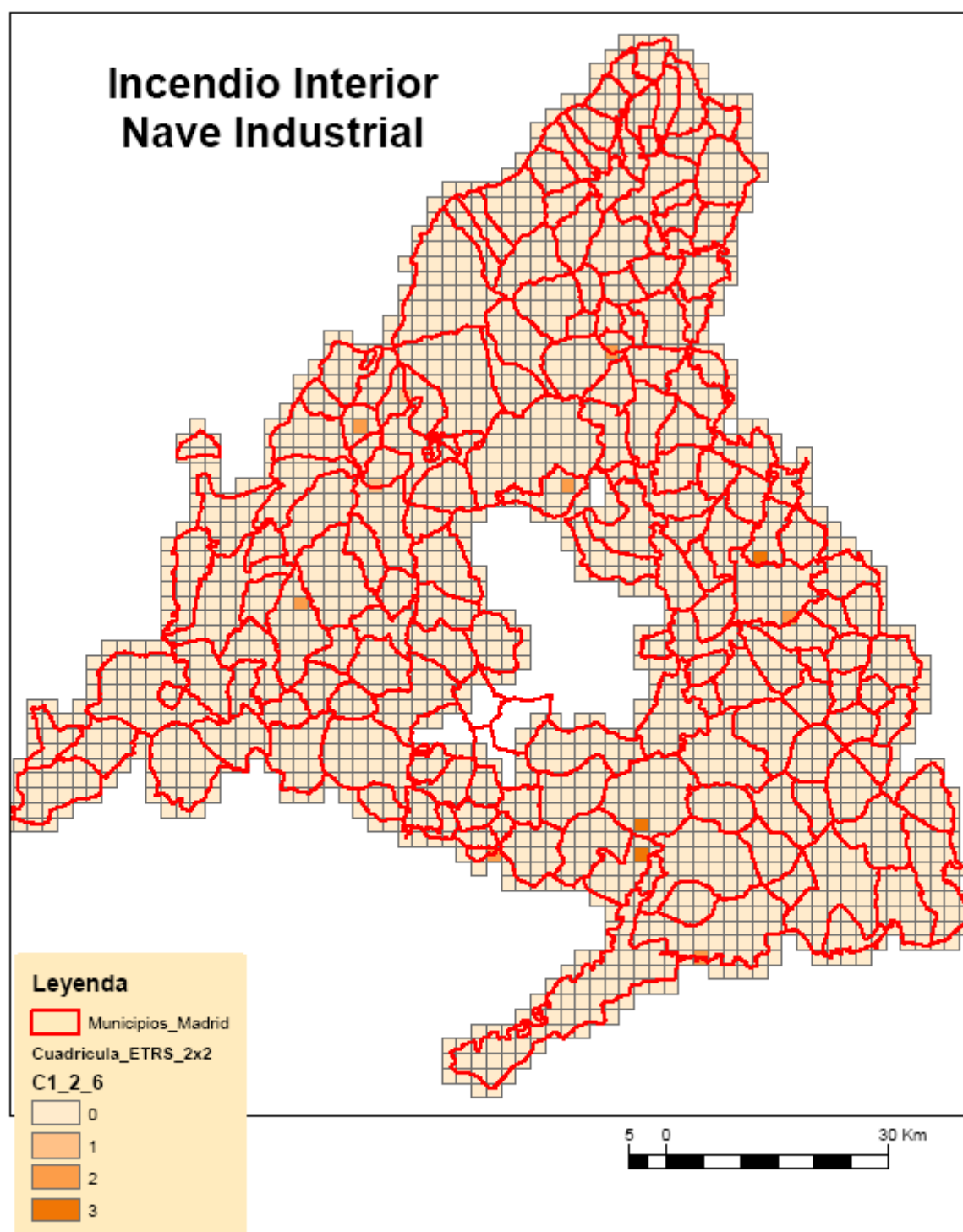


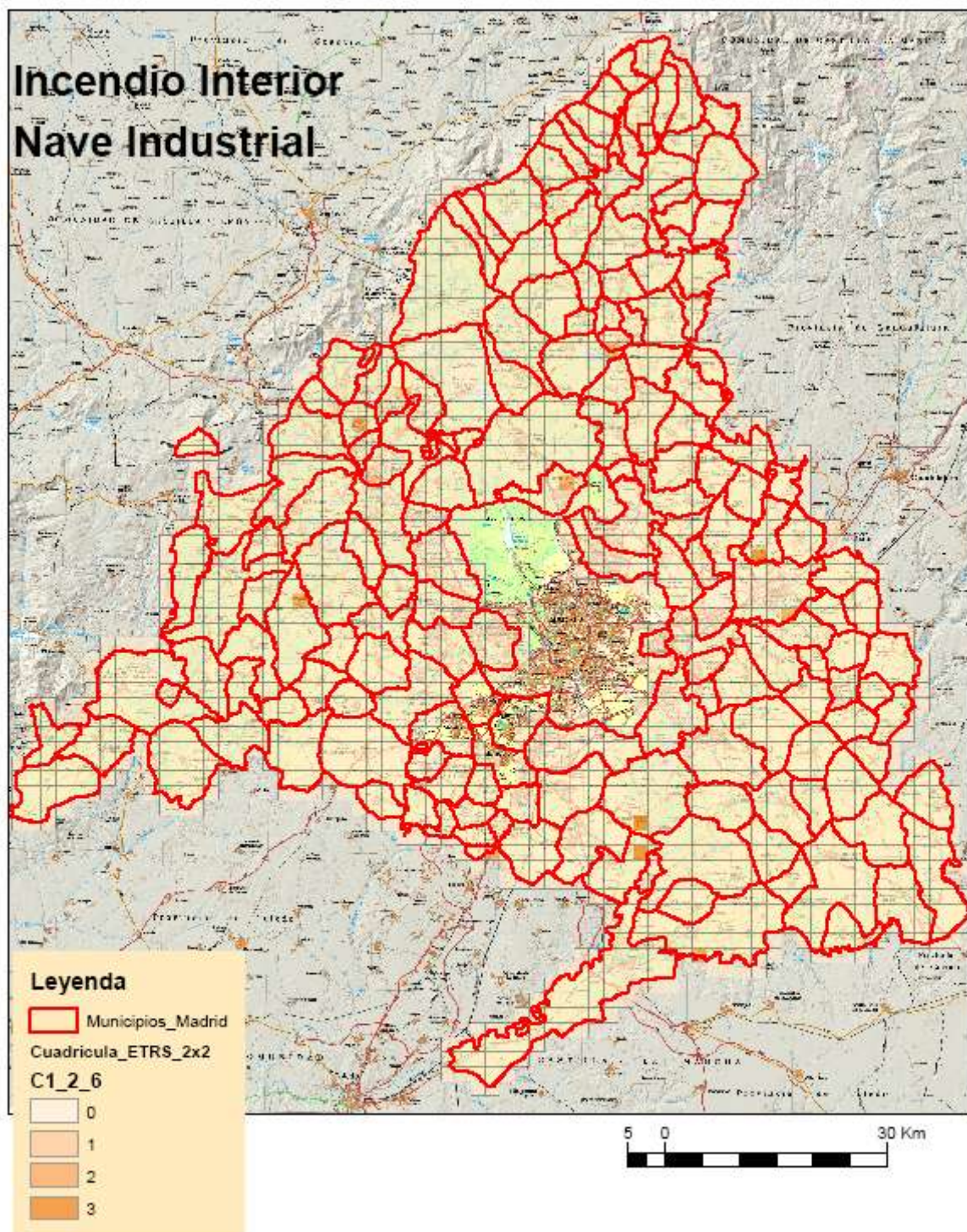


Incendio Interior Nave Industrial

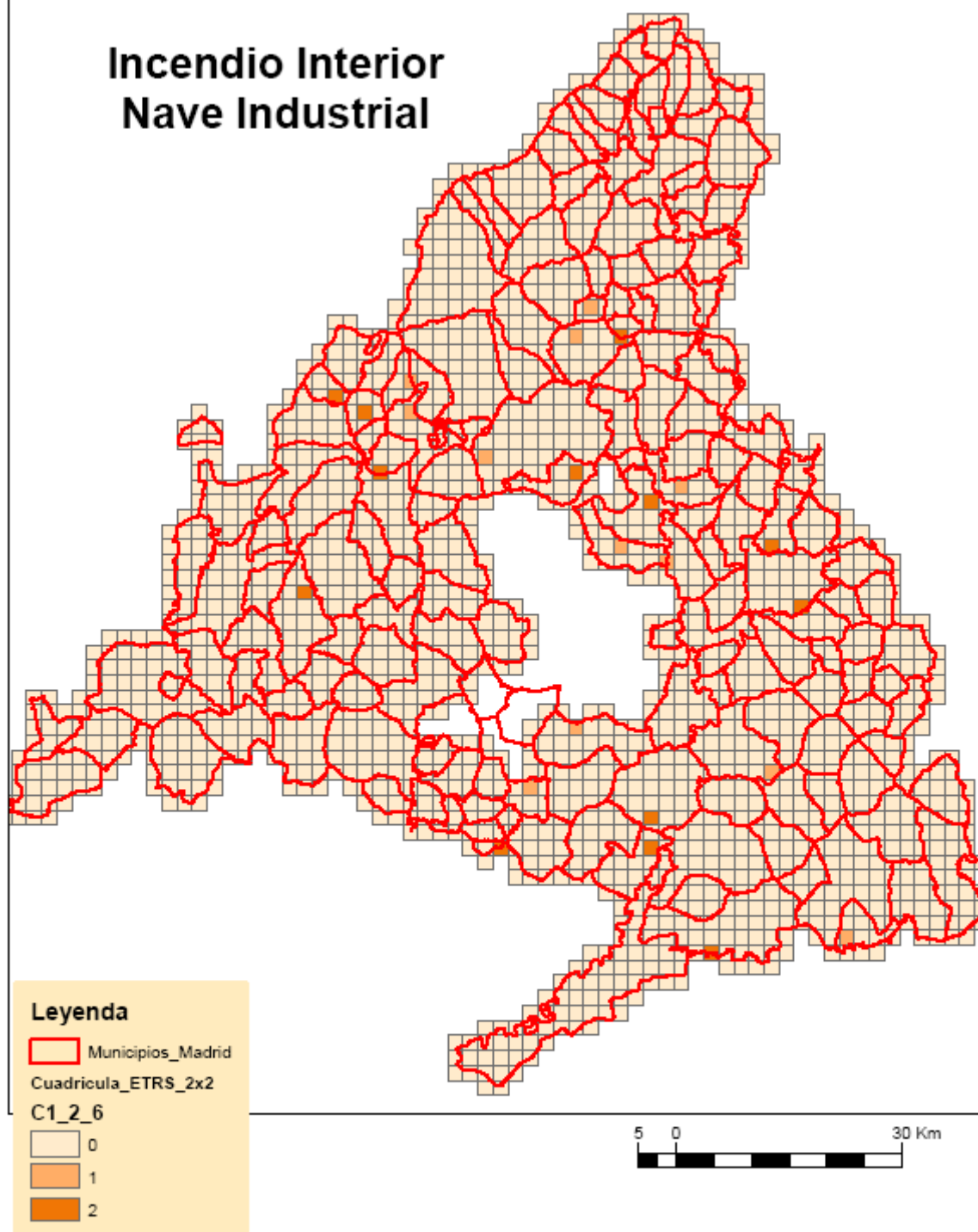


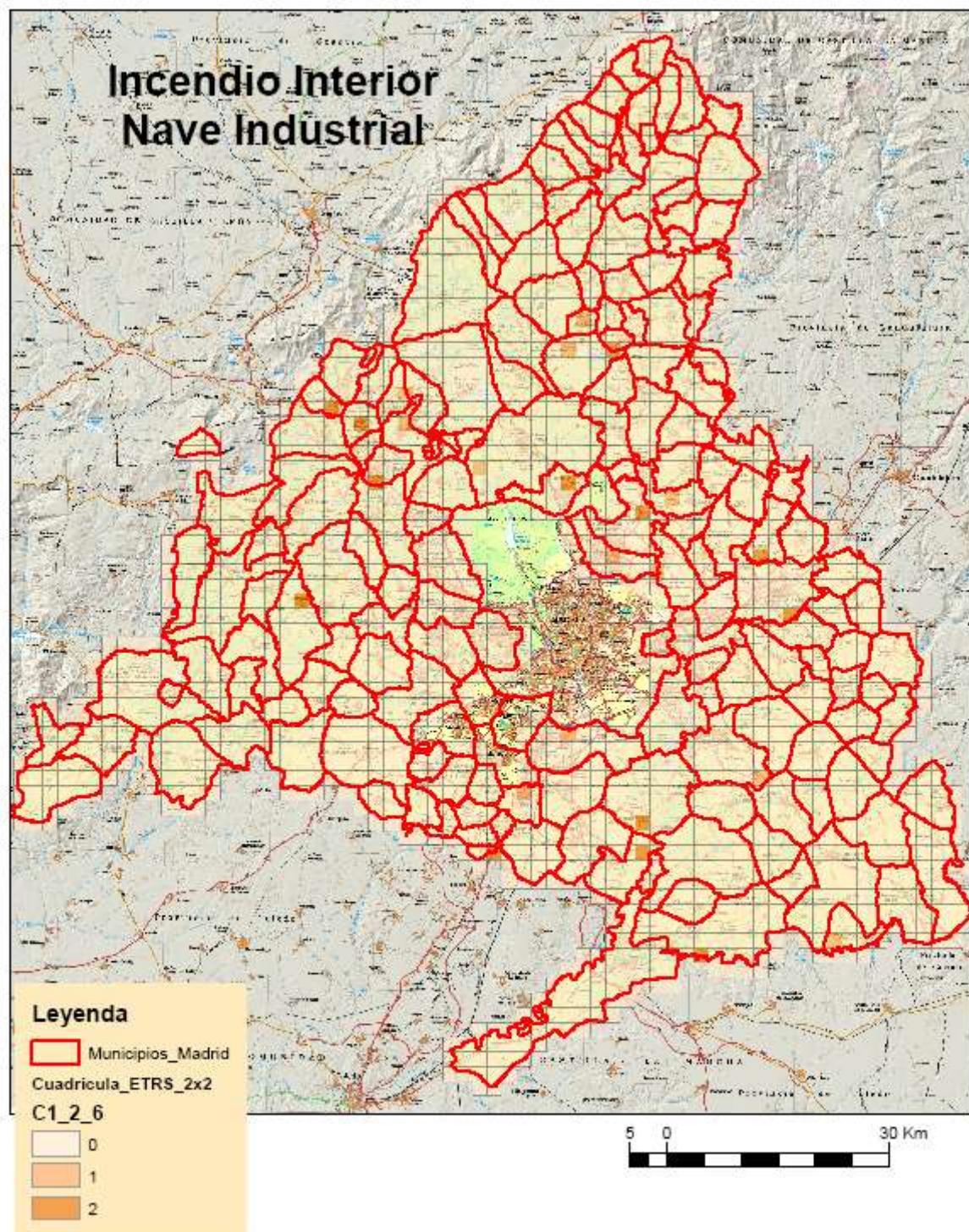




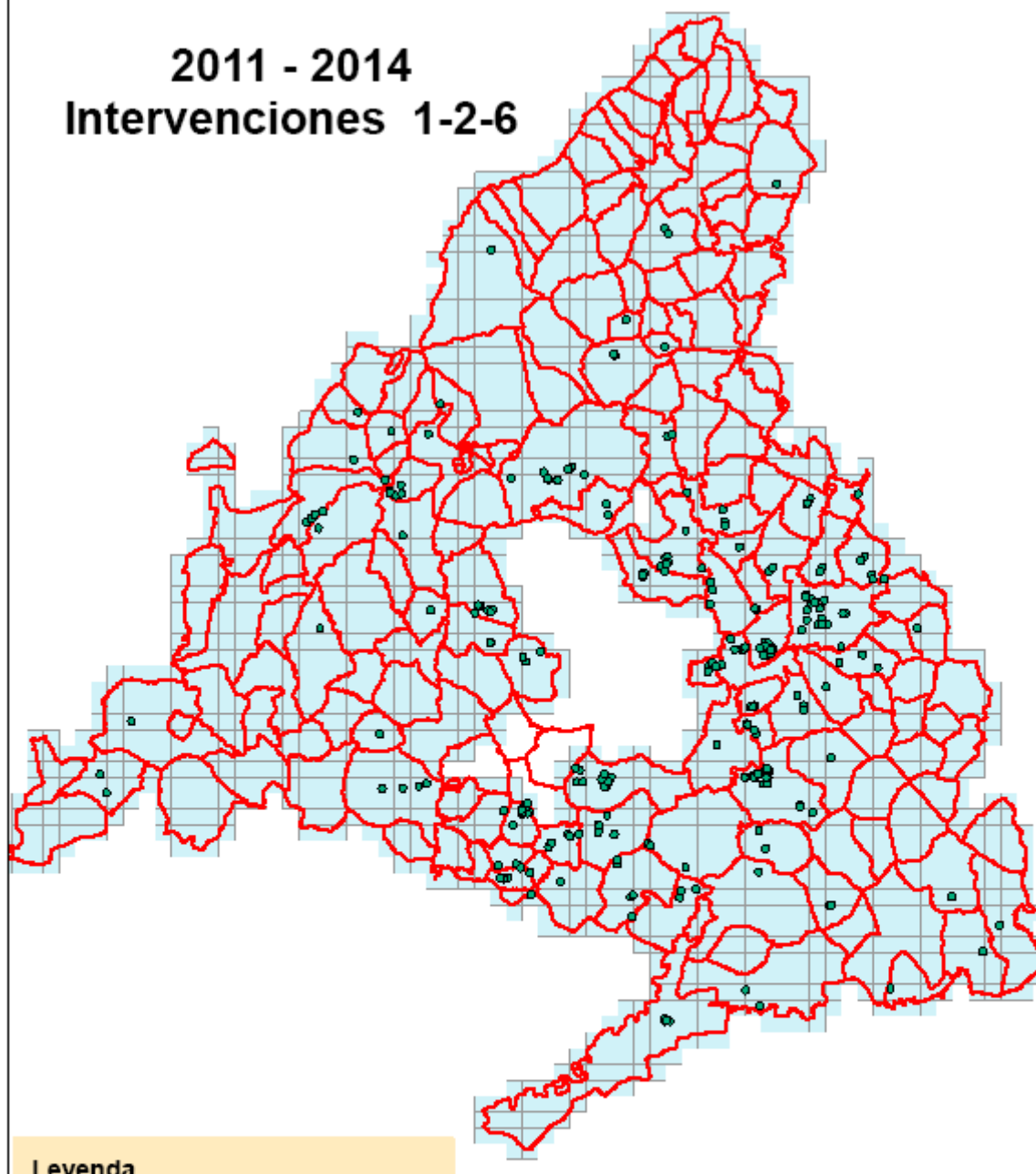


Incendio Interior Nave Industrial





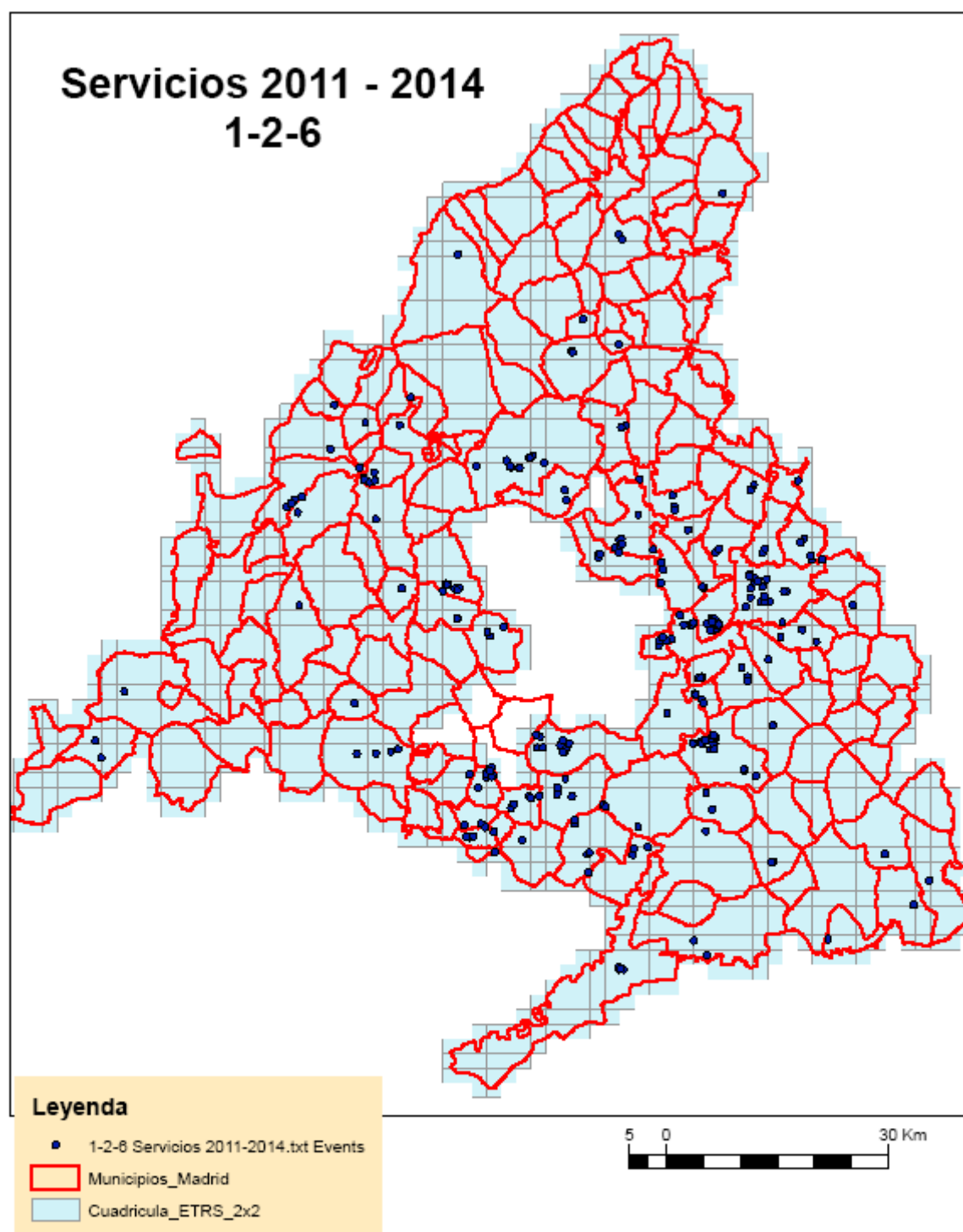
2011 - 2014 Intervenciones 1-2-6



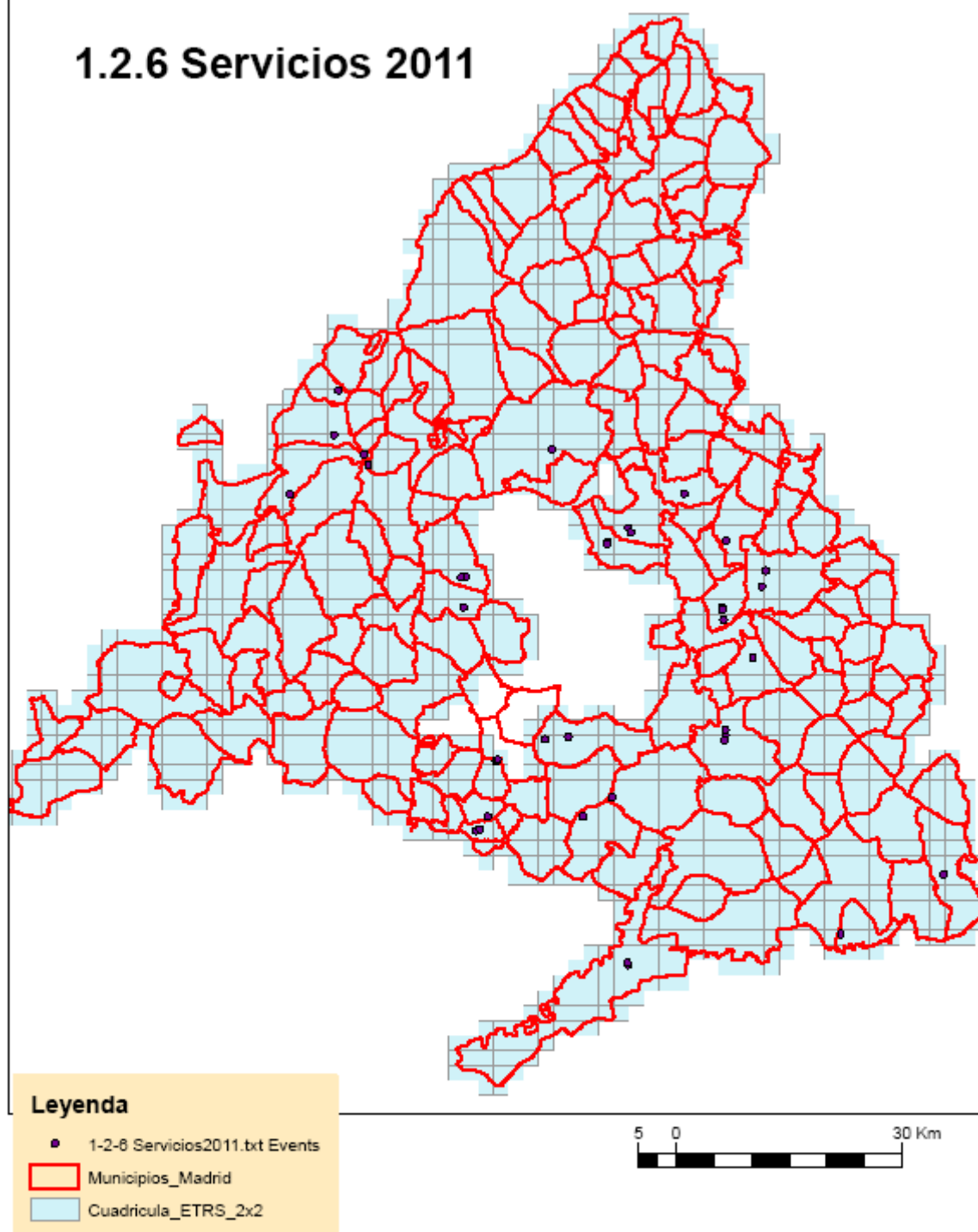
Leyenda

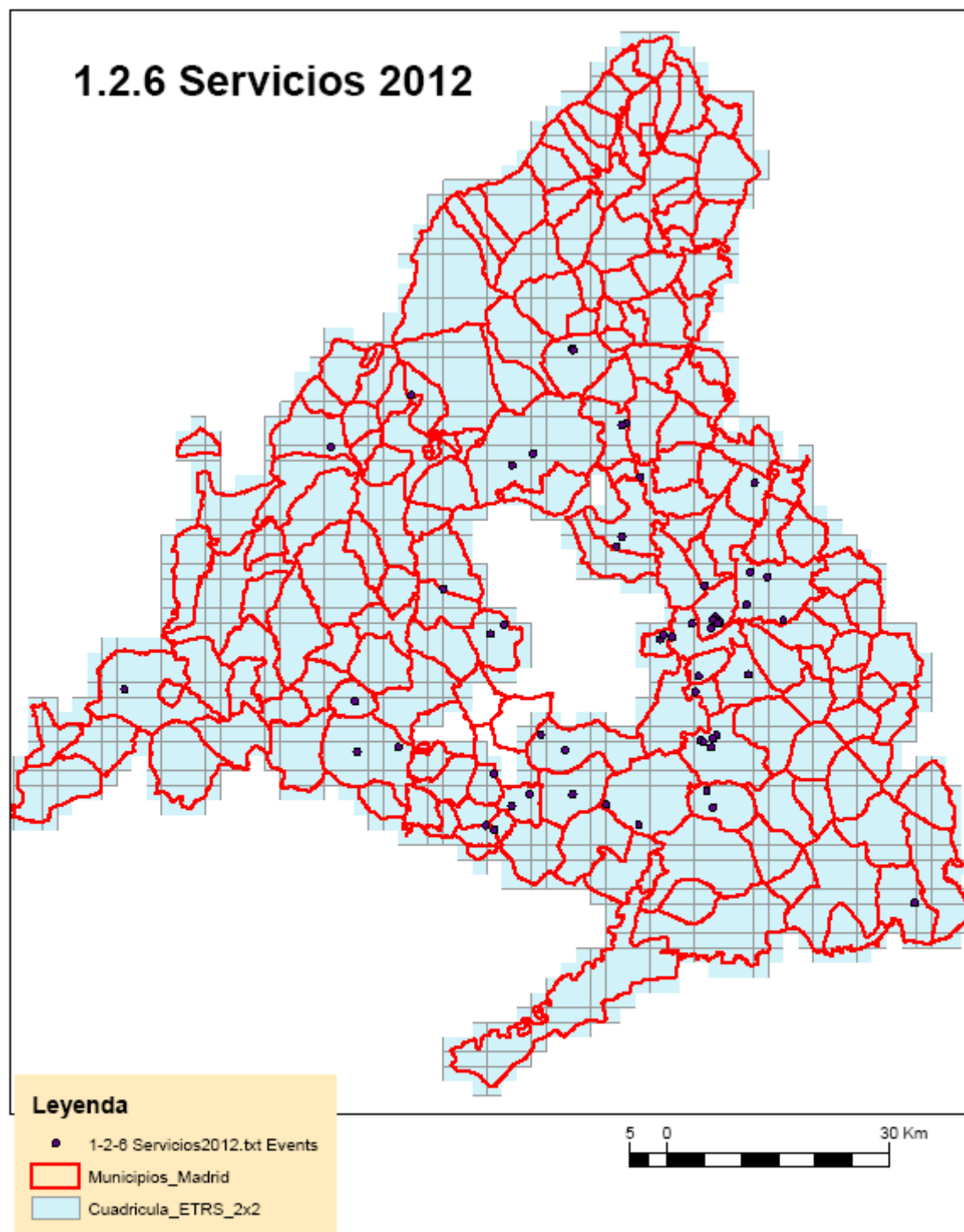
- 1-2-6 Intervenciones 2011-2014.txt Events
- Municipios_Madrid
- Cuadrícula_ETRS_2x2

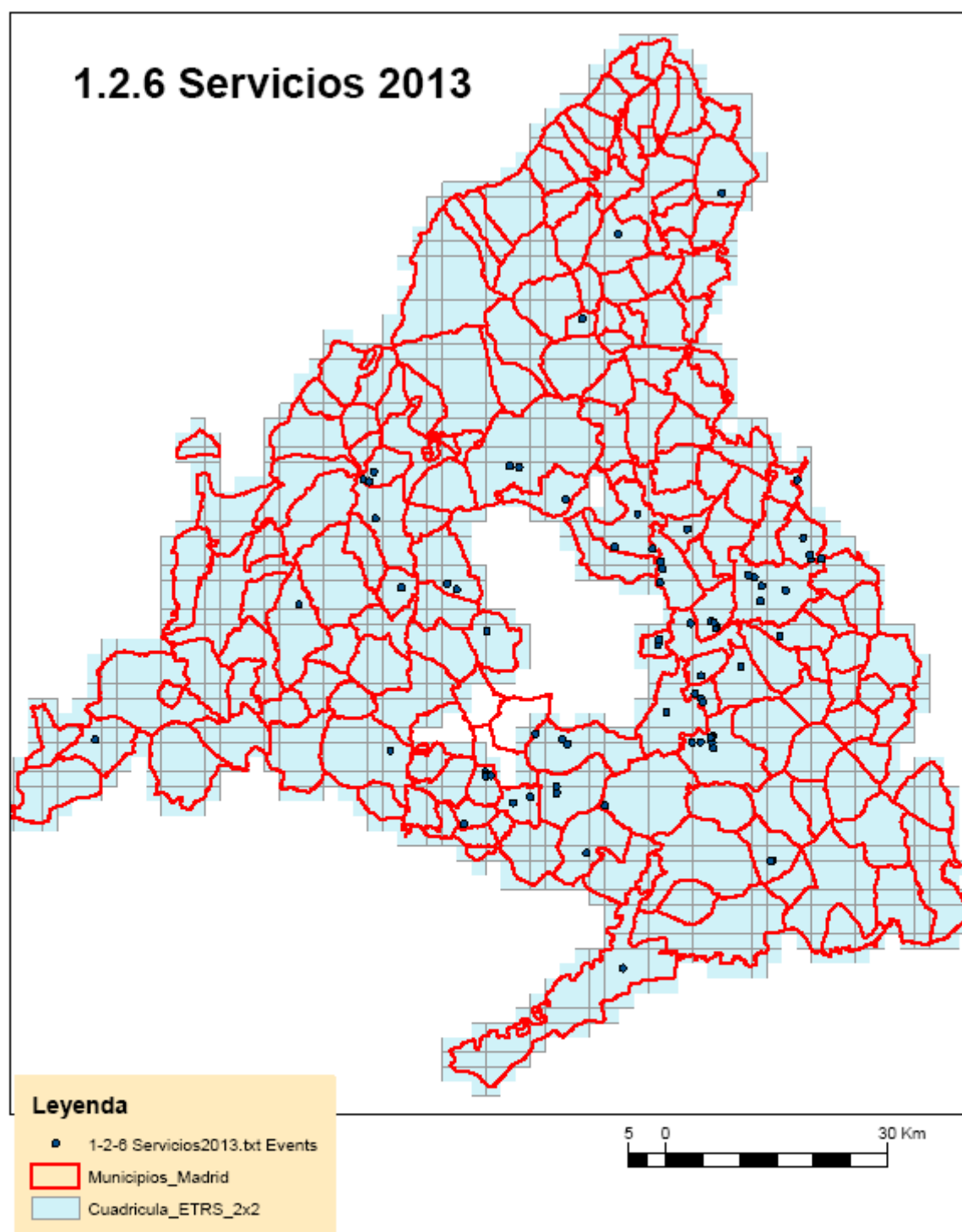
5 0 30 Km

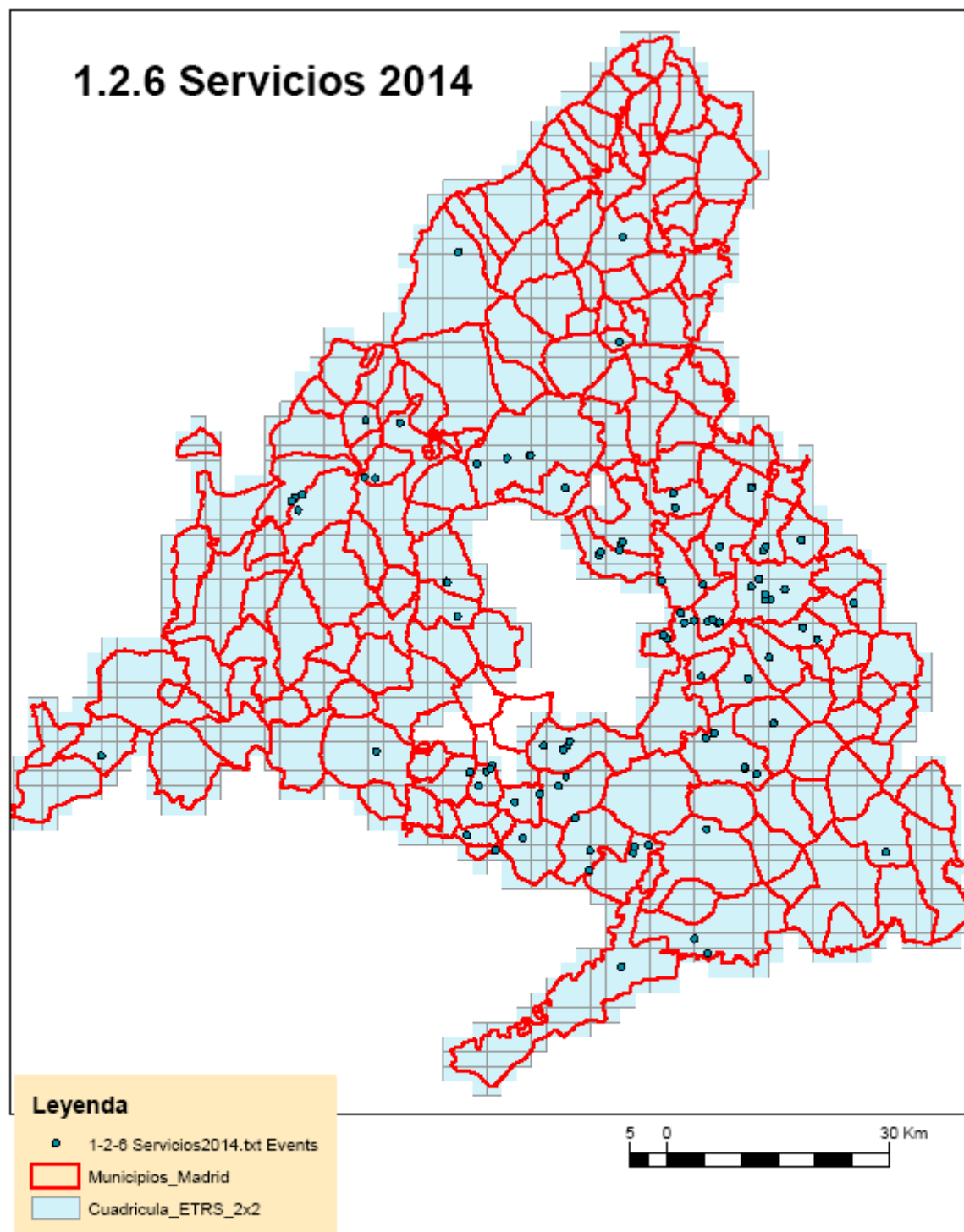


1.2.6 Servicios 2011









A.2.2.3 TIPOLOGÍA 1.2.1, INCENDIO INTERIOR VIVIENDA.

1.- Valor del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-2-1 tLlegada**

-cartografía 1:200.000: **1-2-1 tLlegada - 200mil**

2.- Valor del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:

- límites de términos municipales: **1-2-1 DuracionServicio**

-cartografía 1:200.000: **1-2-1 DuracionServicio - 200mil**

3.- Valor del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-2-1 IC**

- cartografía 1:200.000: **1-2-1 IC - 200mil**

4.- Valor del Coste unitario del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-2-1 Coste Unitario por tLlegada**

-cartografía 1:200.000: **1-2-1 Coste Unitario por tLlegada - 200mil**

5.- Valor del Coste unitario del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:

- límites de términos municipales: **1-2-1 Coste Unitario por DS**

-cartografía 1:200.000: **1-2-1 Coste Unitario por DS - 200mil**

6.- Valor del Coste unitario del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-2-1 Coste Unitario por IC**

- cartografía 1:200.000: **1-2-1 Coste Unitario por IC - 200mil**

7.- Representación total intervenciones: **Intervenciones 2011 - 2014 _ 1-2-1**

8.- Representación total servicios: **Servicios 2011-2014 _ 1-2-1**

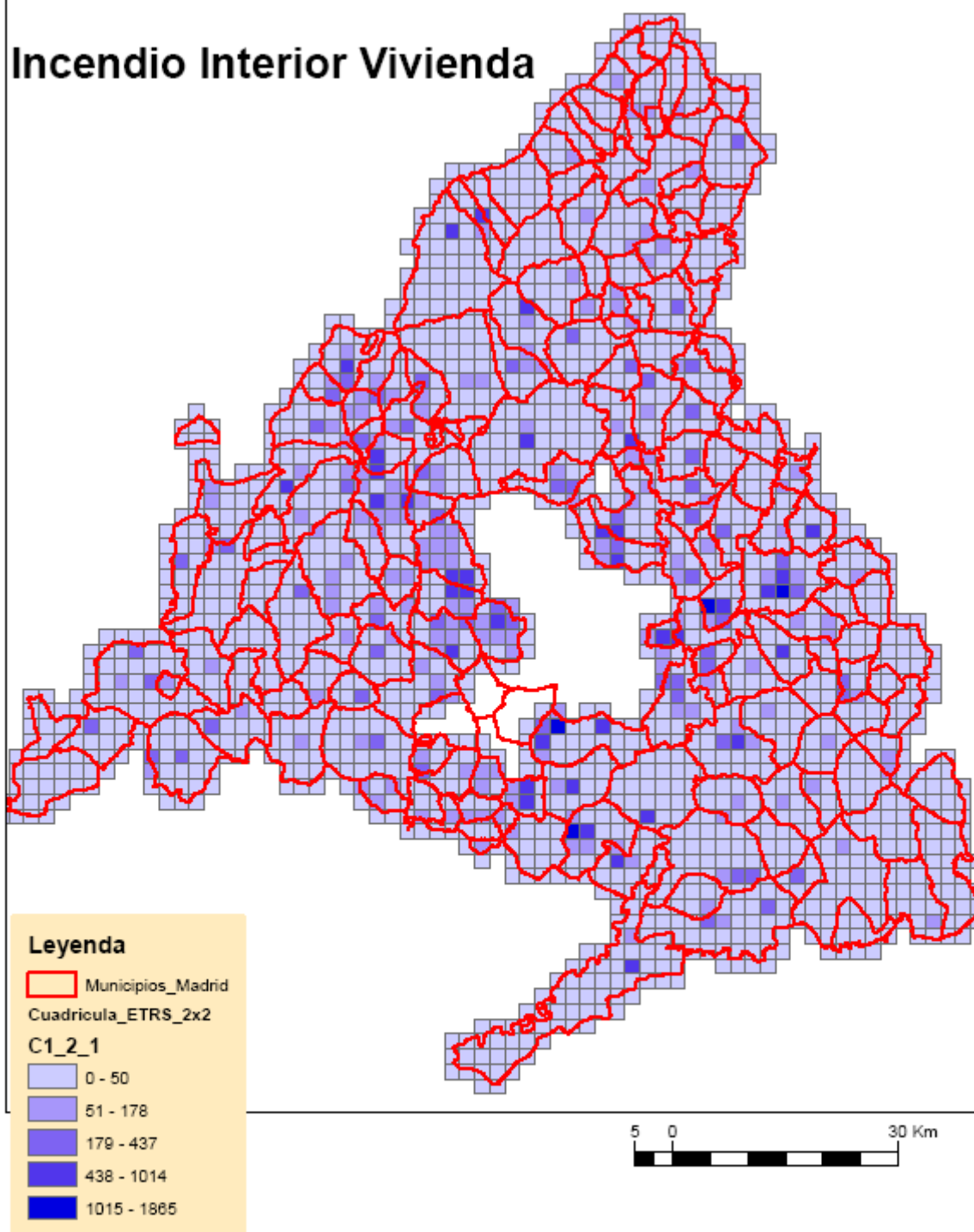
9.- Representación servicios 2011: **Servicios 2011 _ 1-2-1**

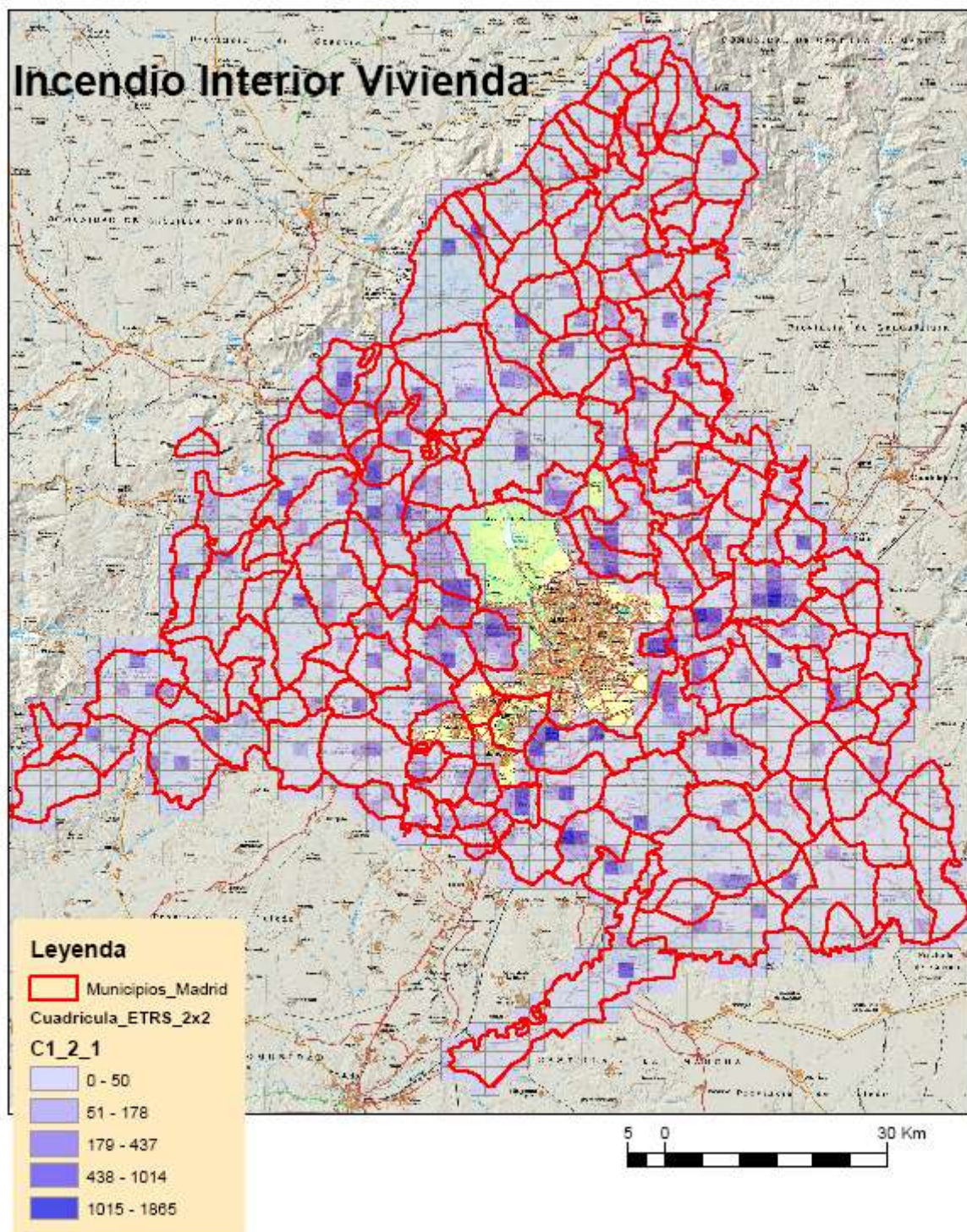
10.- Representación servicios 2012: **Servicios 2012 _ 1-2-1**

11.- Representación servicios 2013: **Servicios 2013 _ 1-2-1**

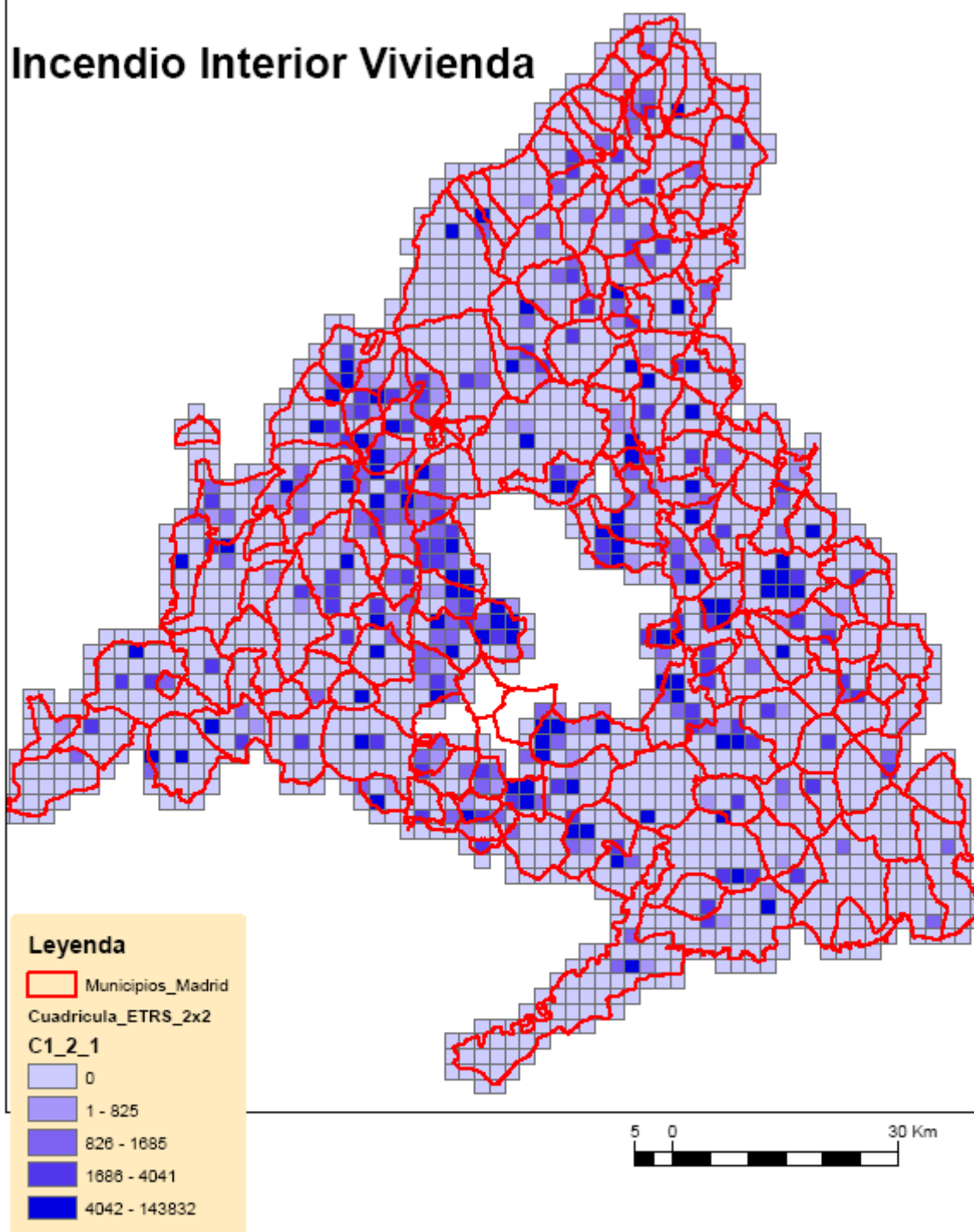
12.- Representación servicios 2014: **Servicios 2014 _ 1-2-1**

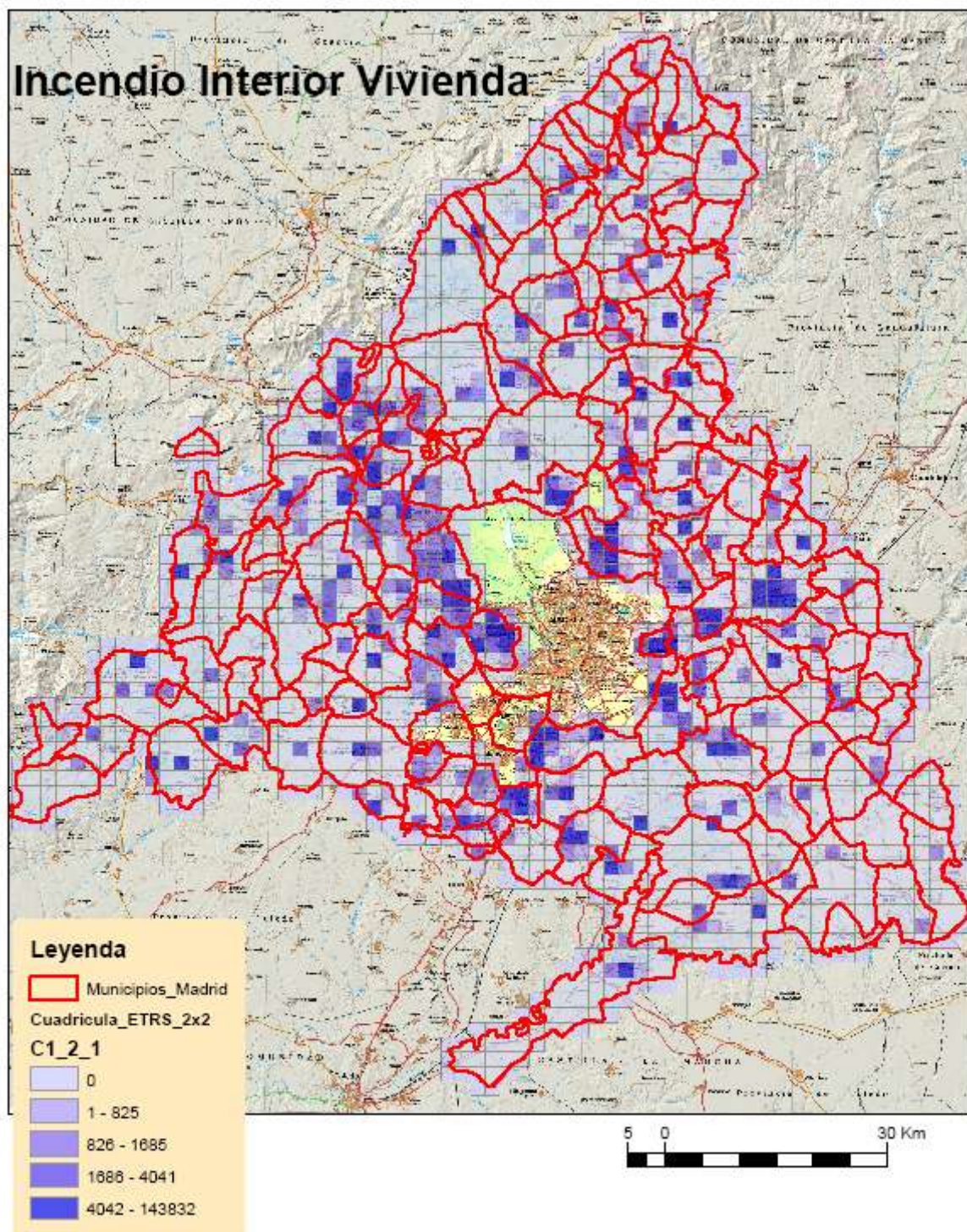
Incendio Interior Vivienda



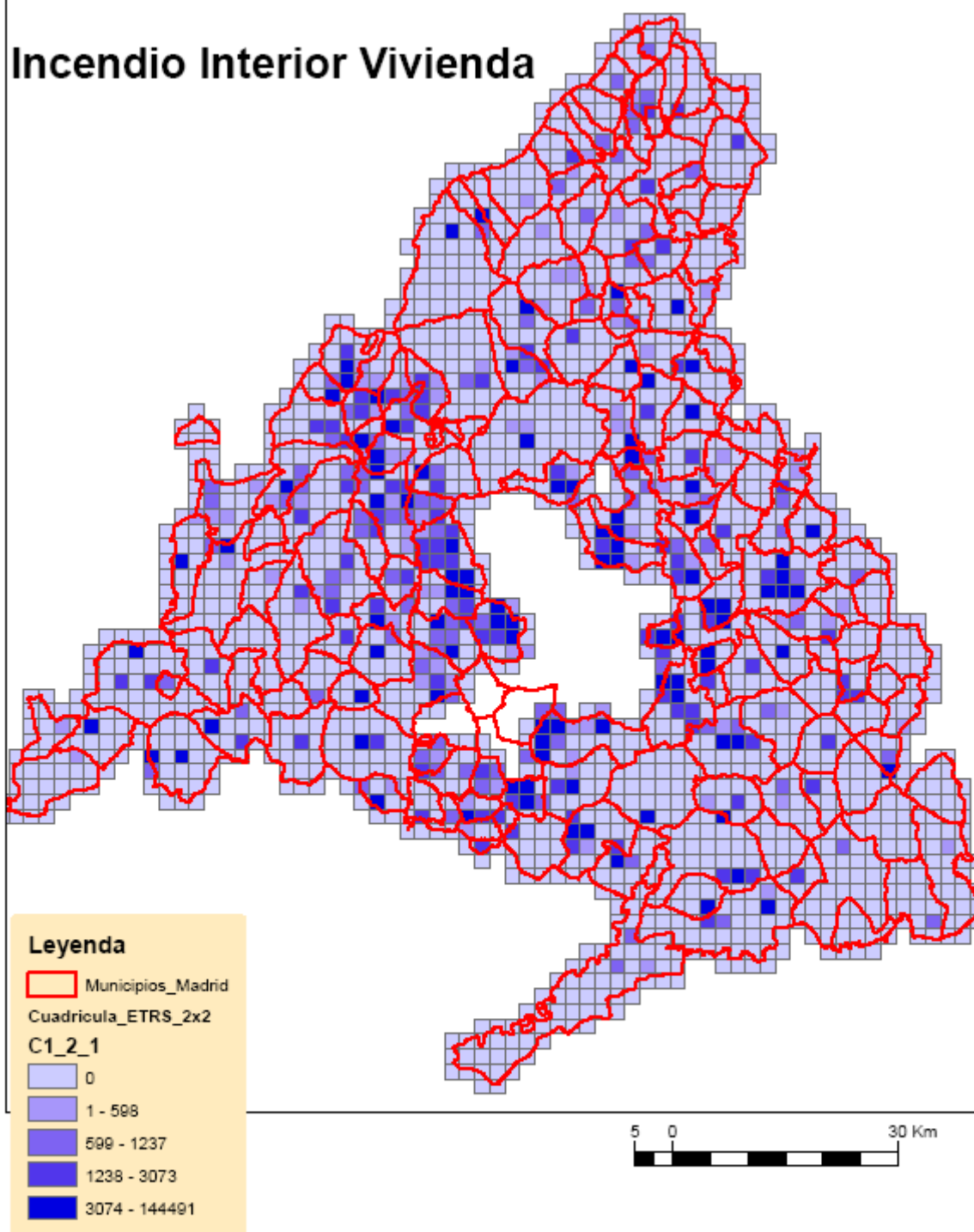


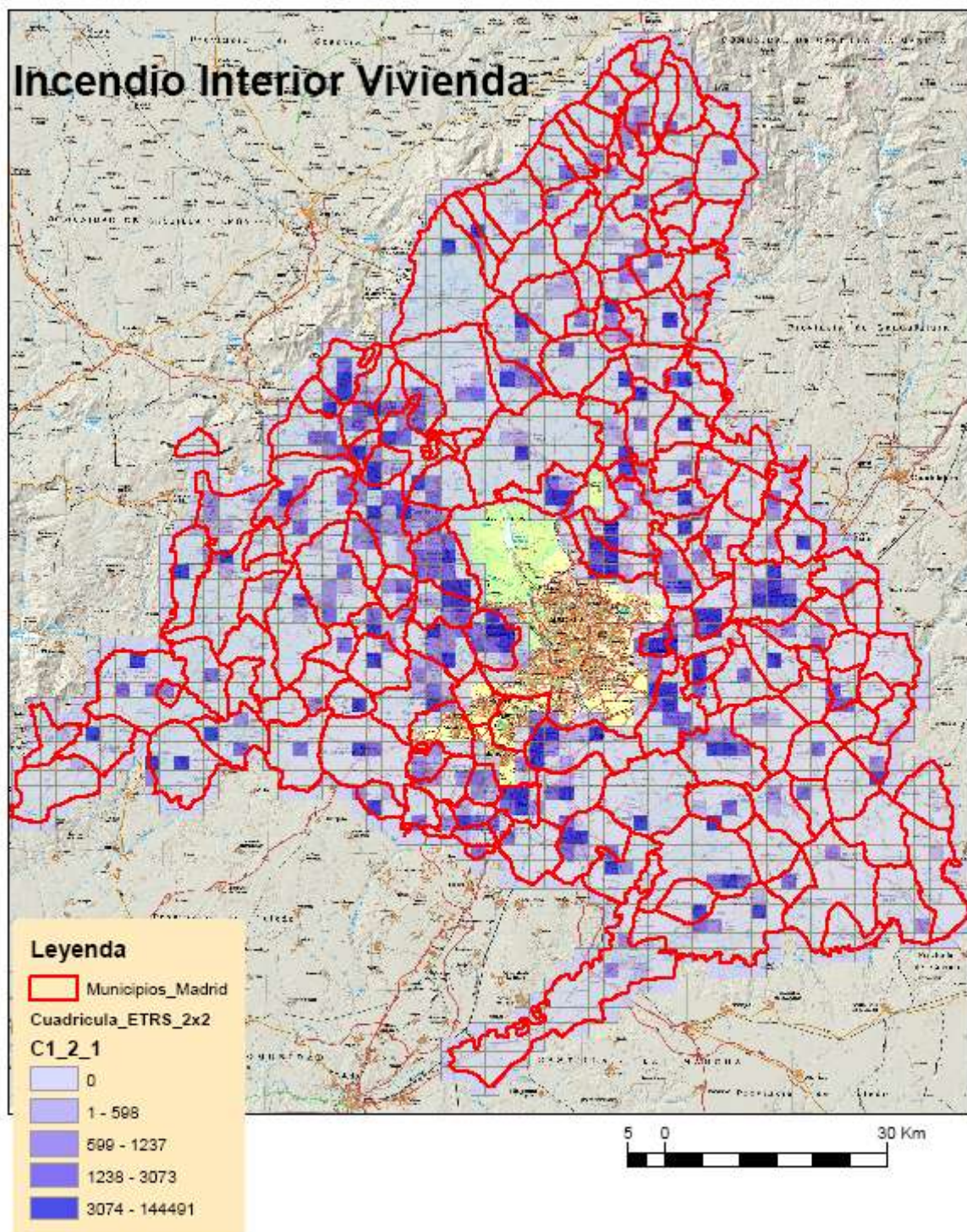
Incendio Interior Vivienda



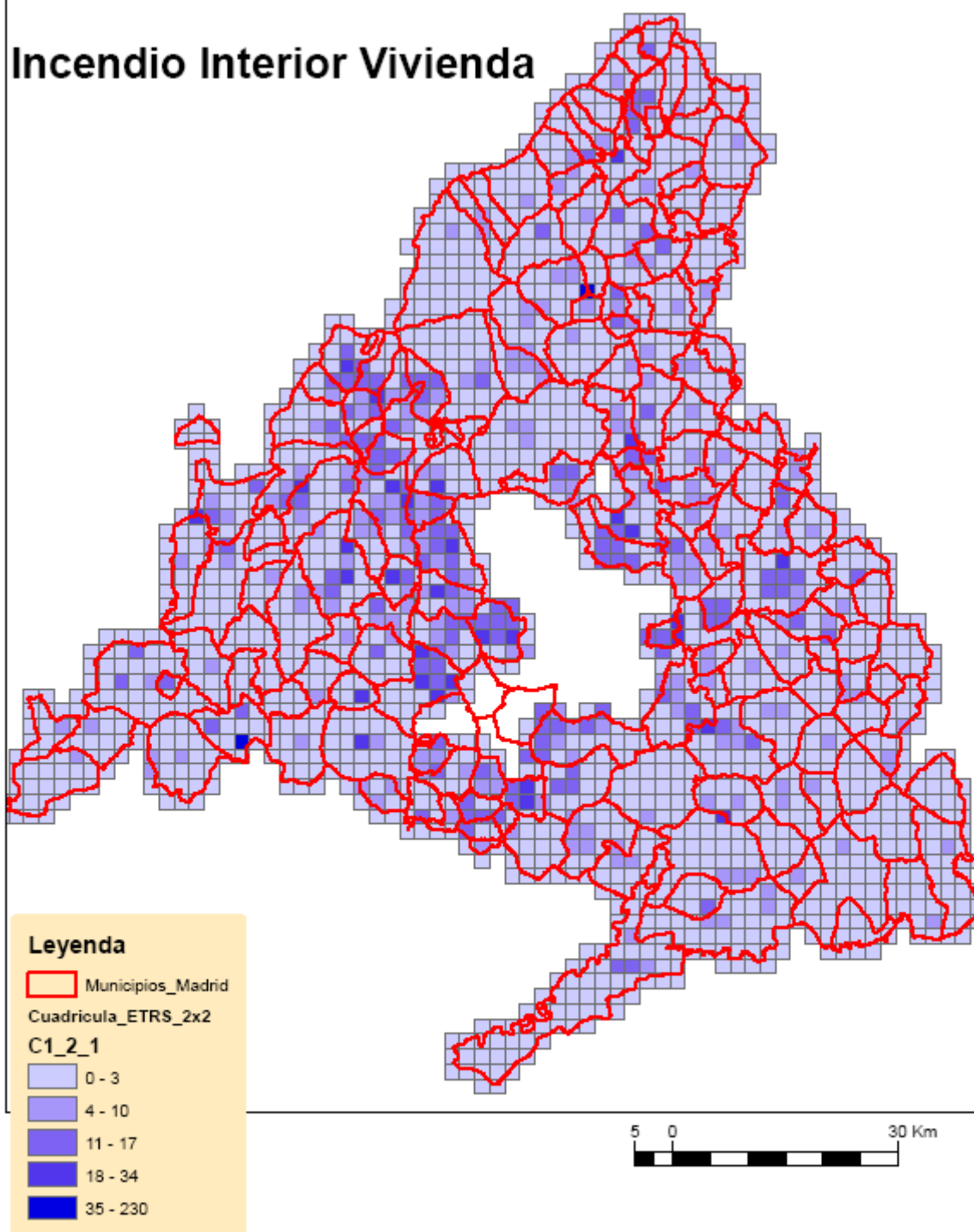


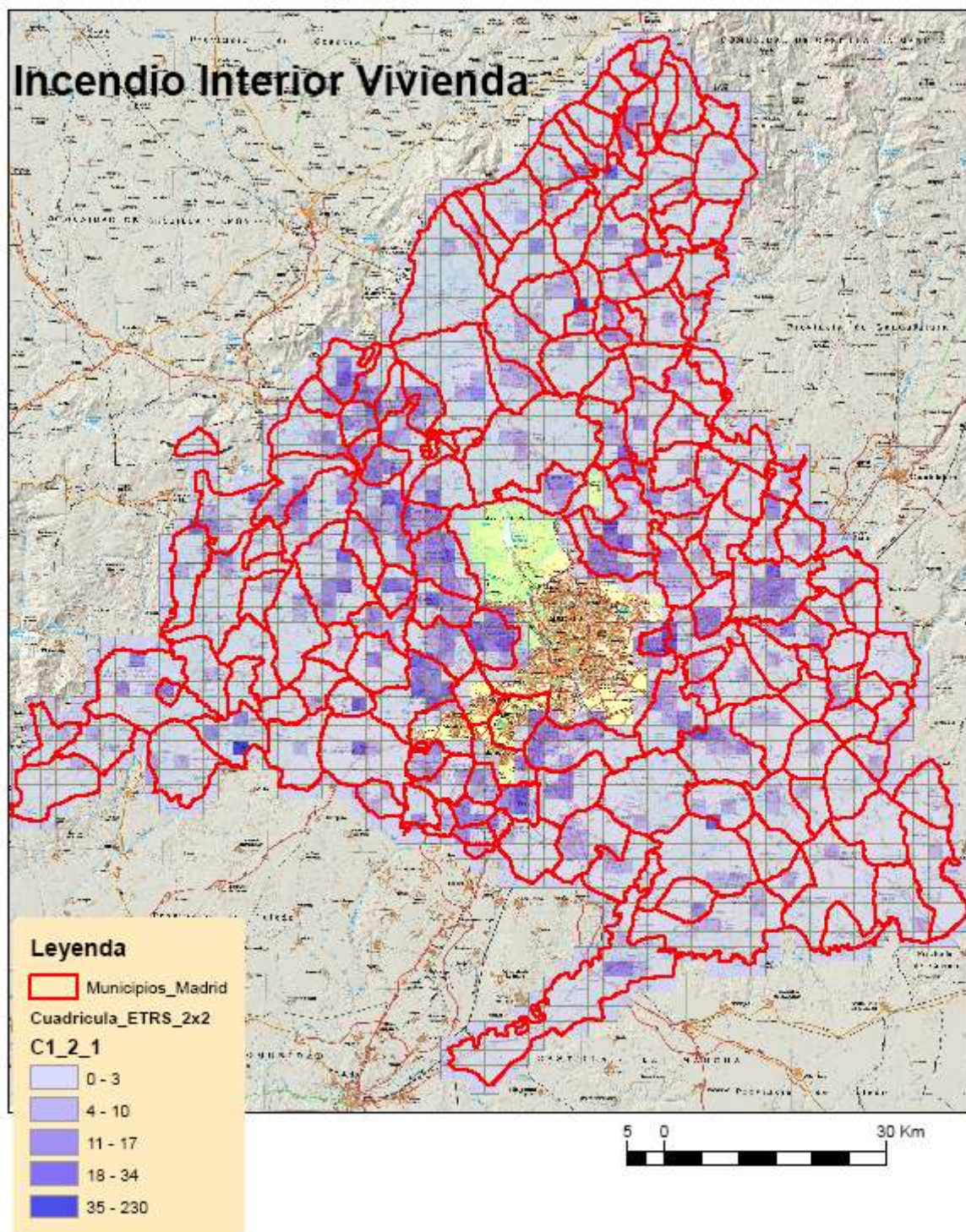
Incendio Interior Vivienda



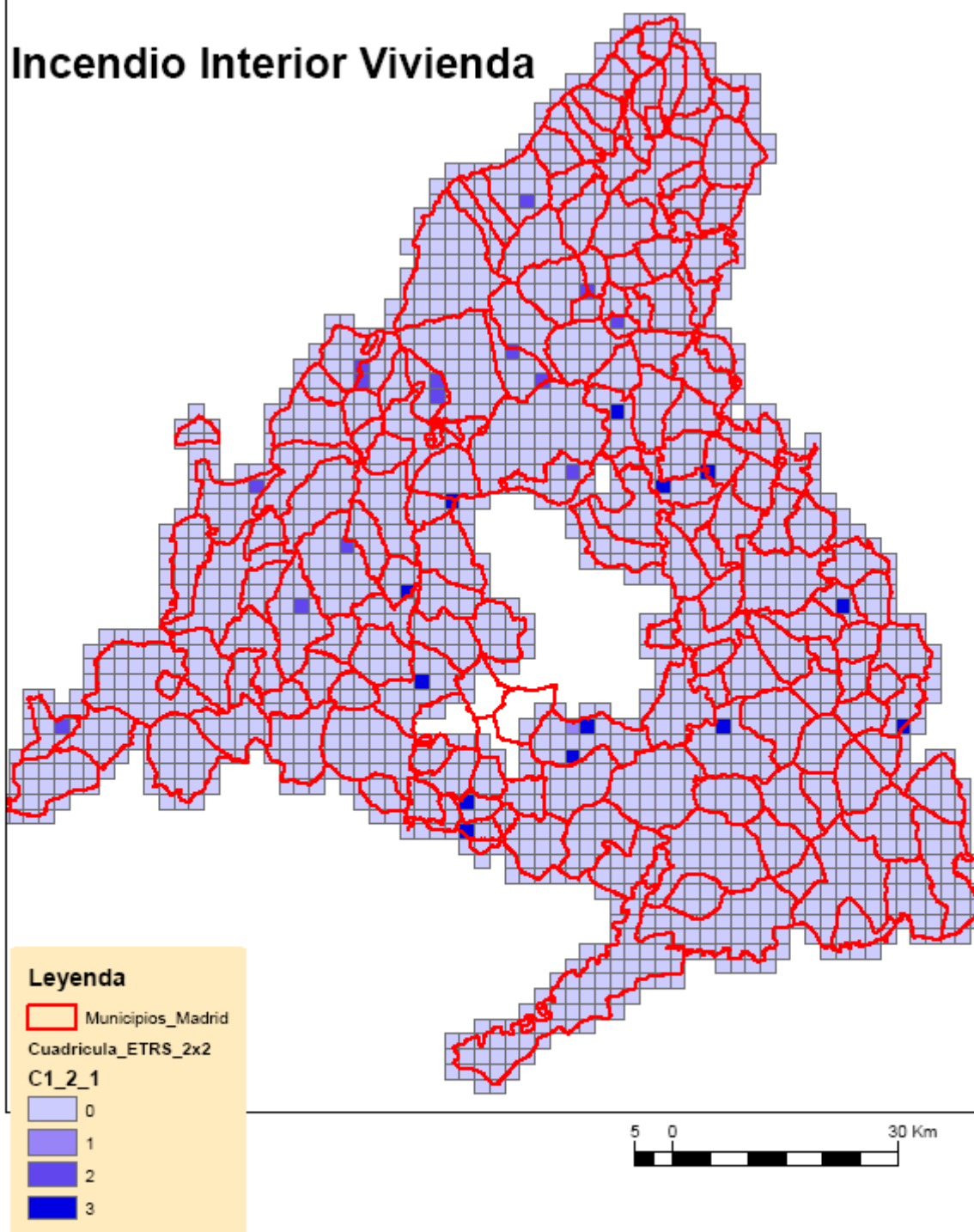


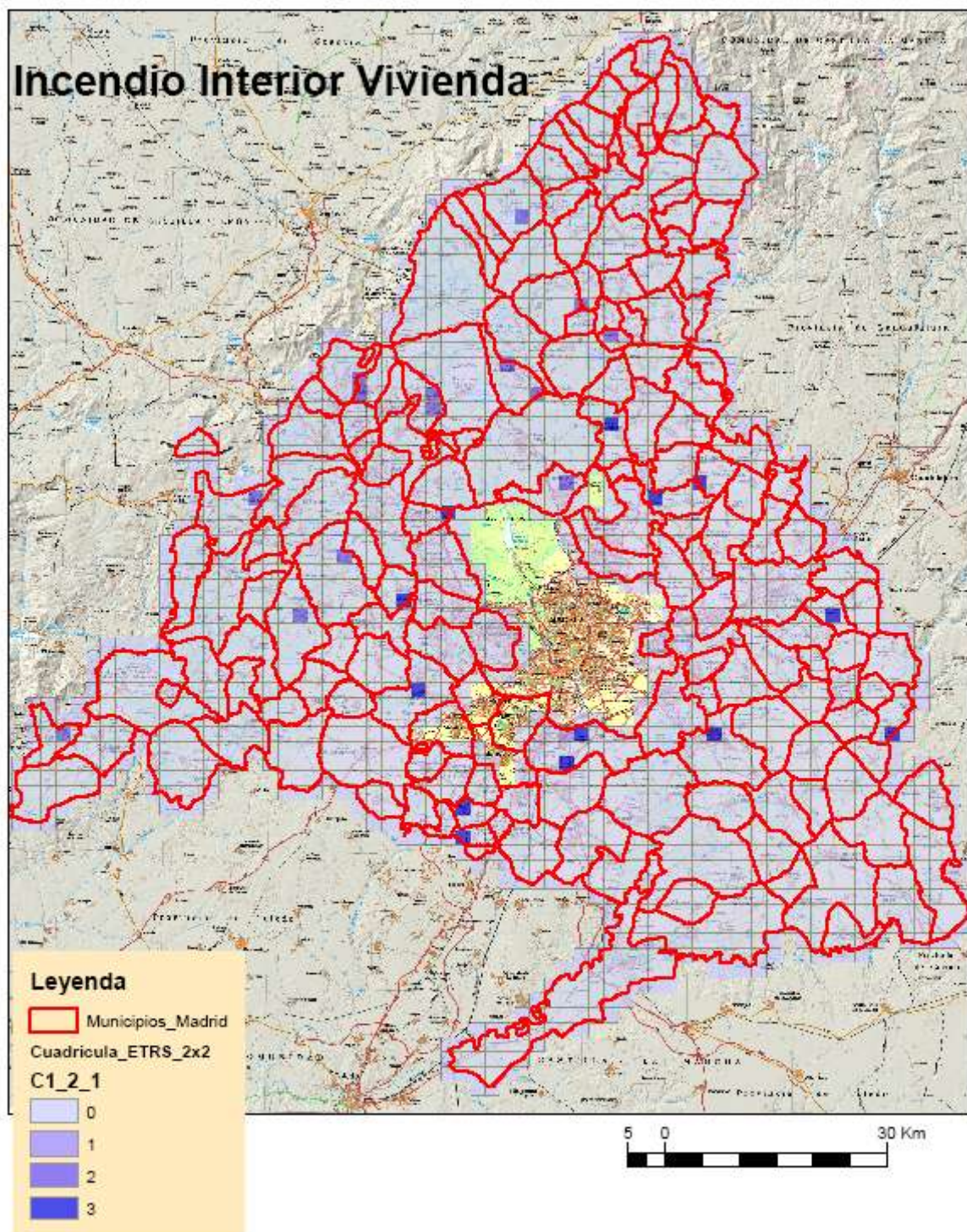
Incendio Interior Vivienda



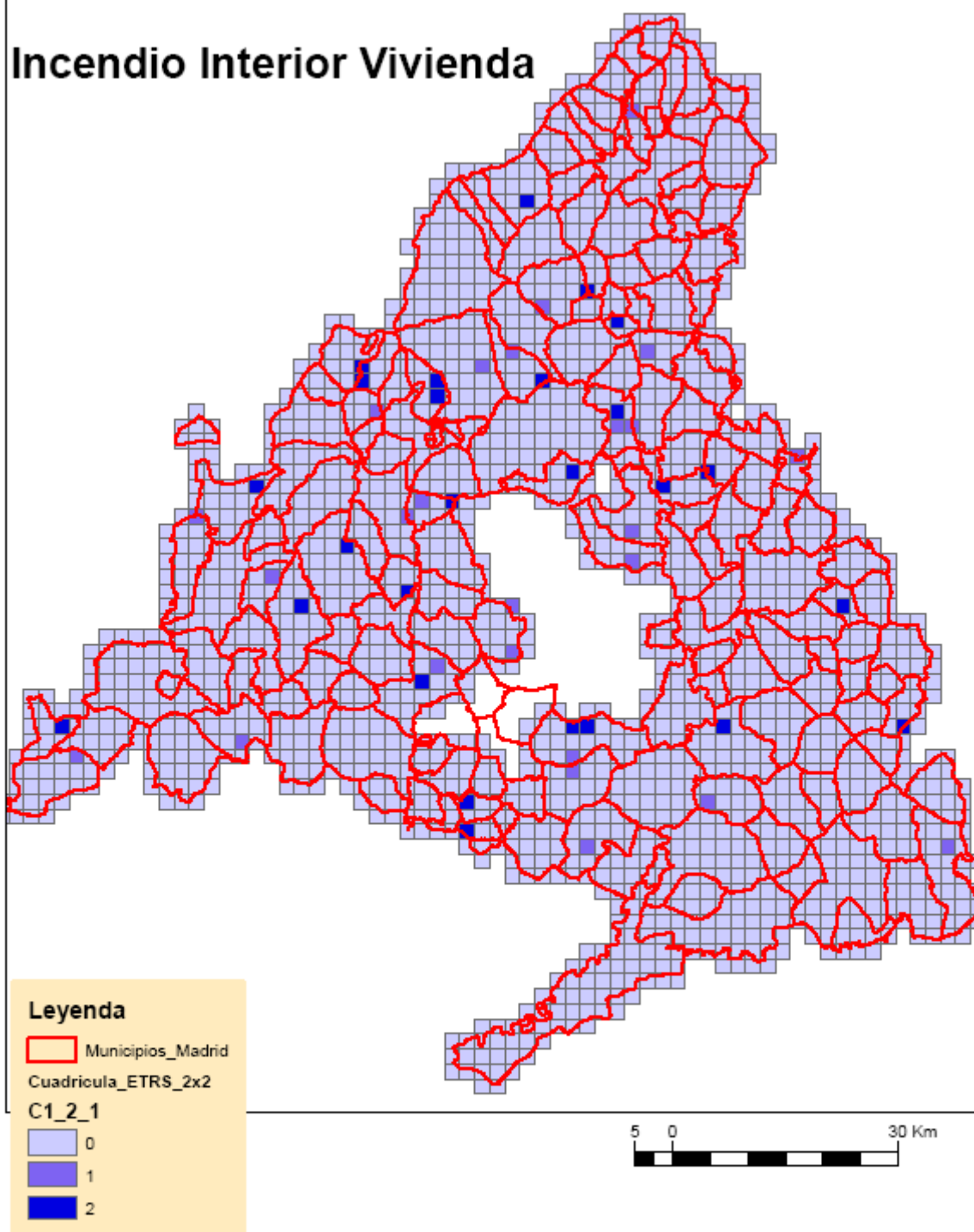


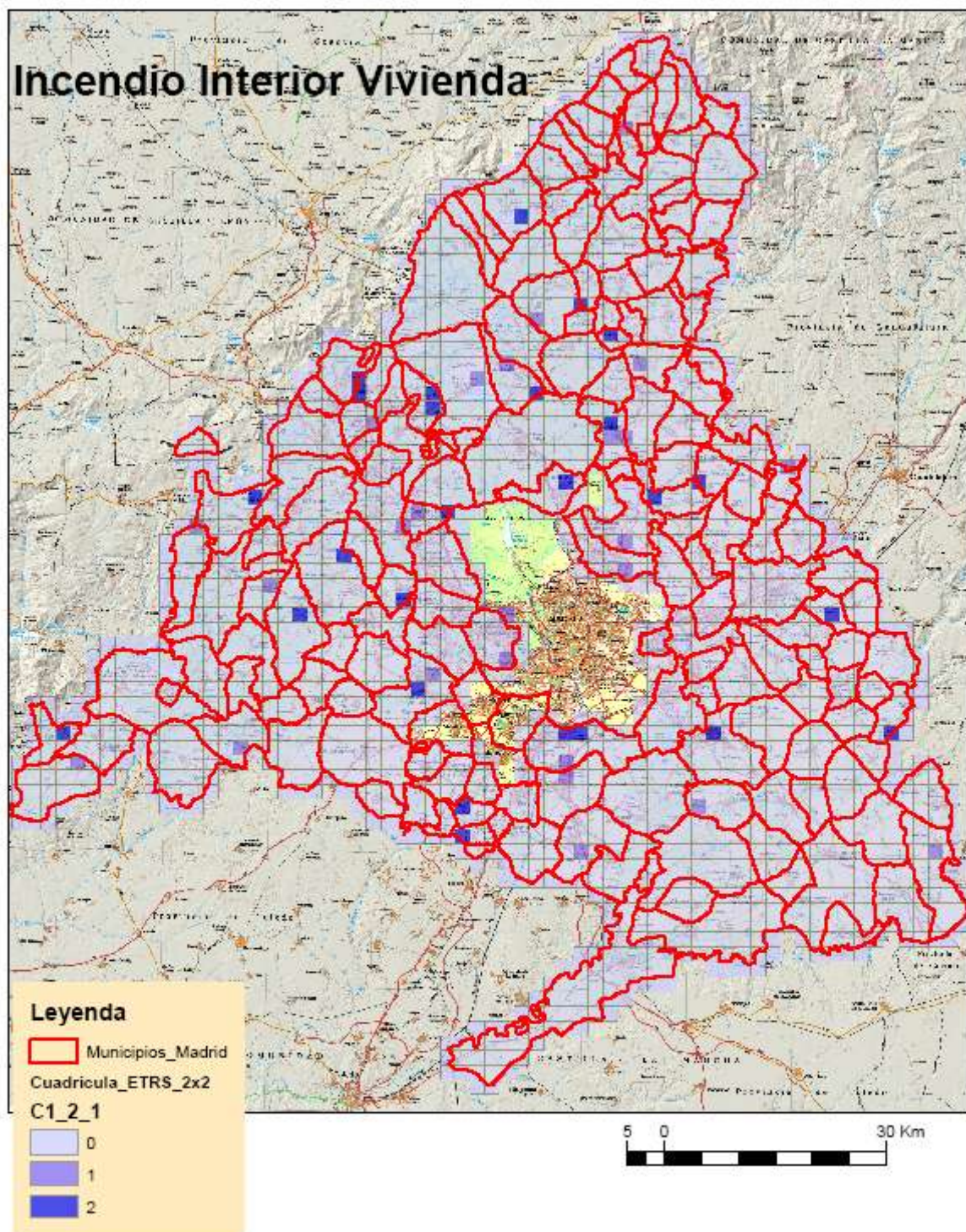
Incendio Interior Vivienda



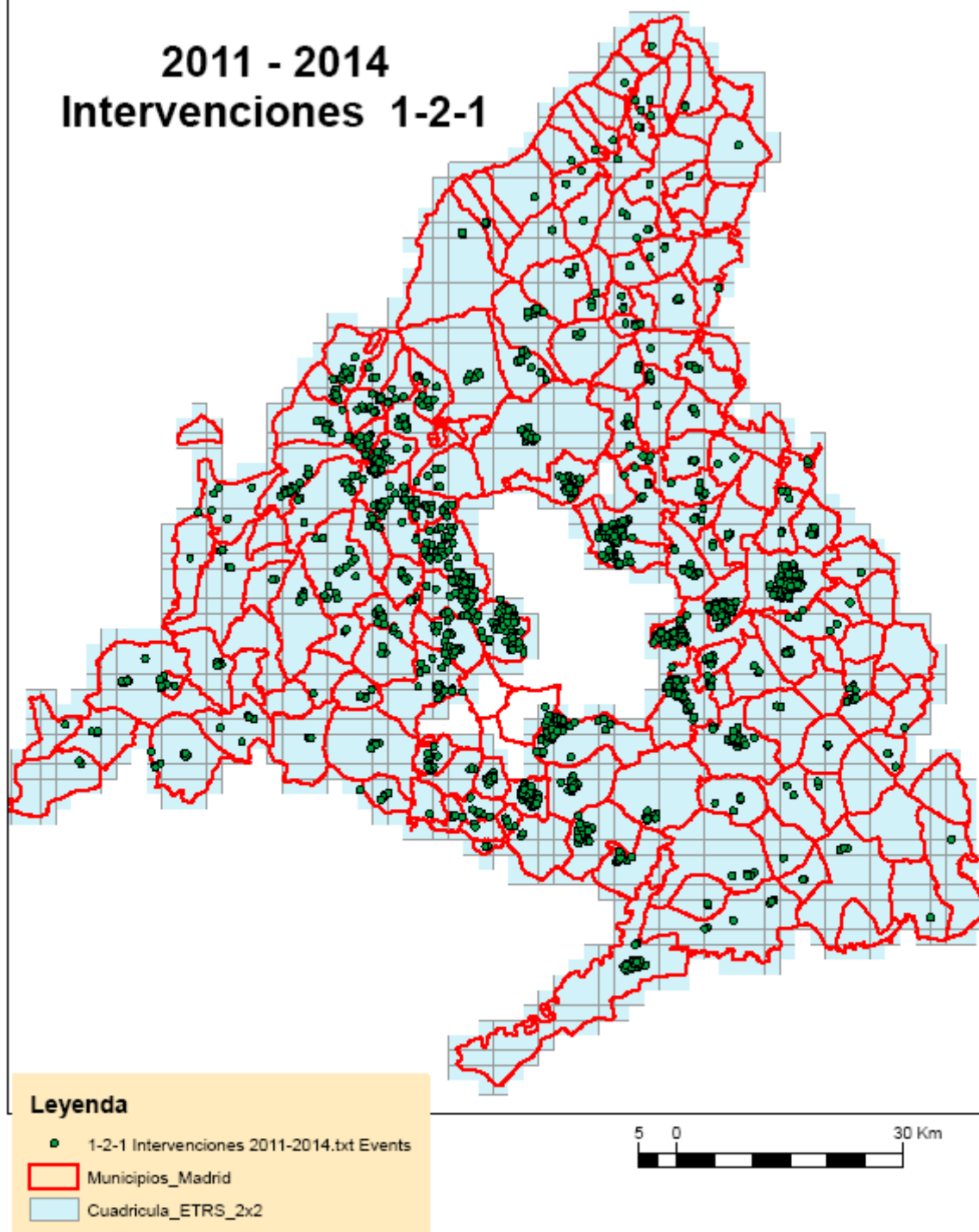


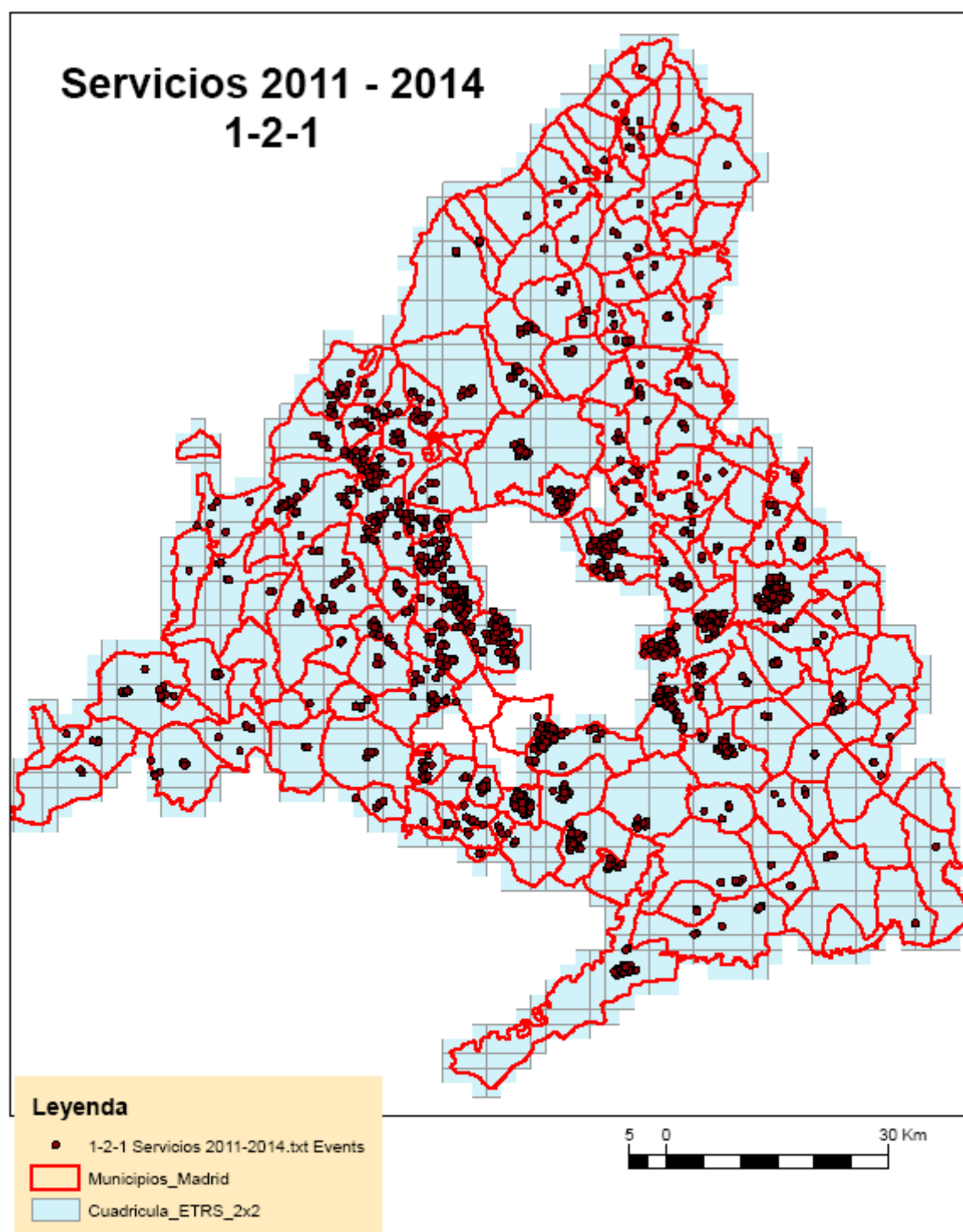
Incendio Interior Vivienda



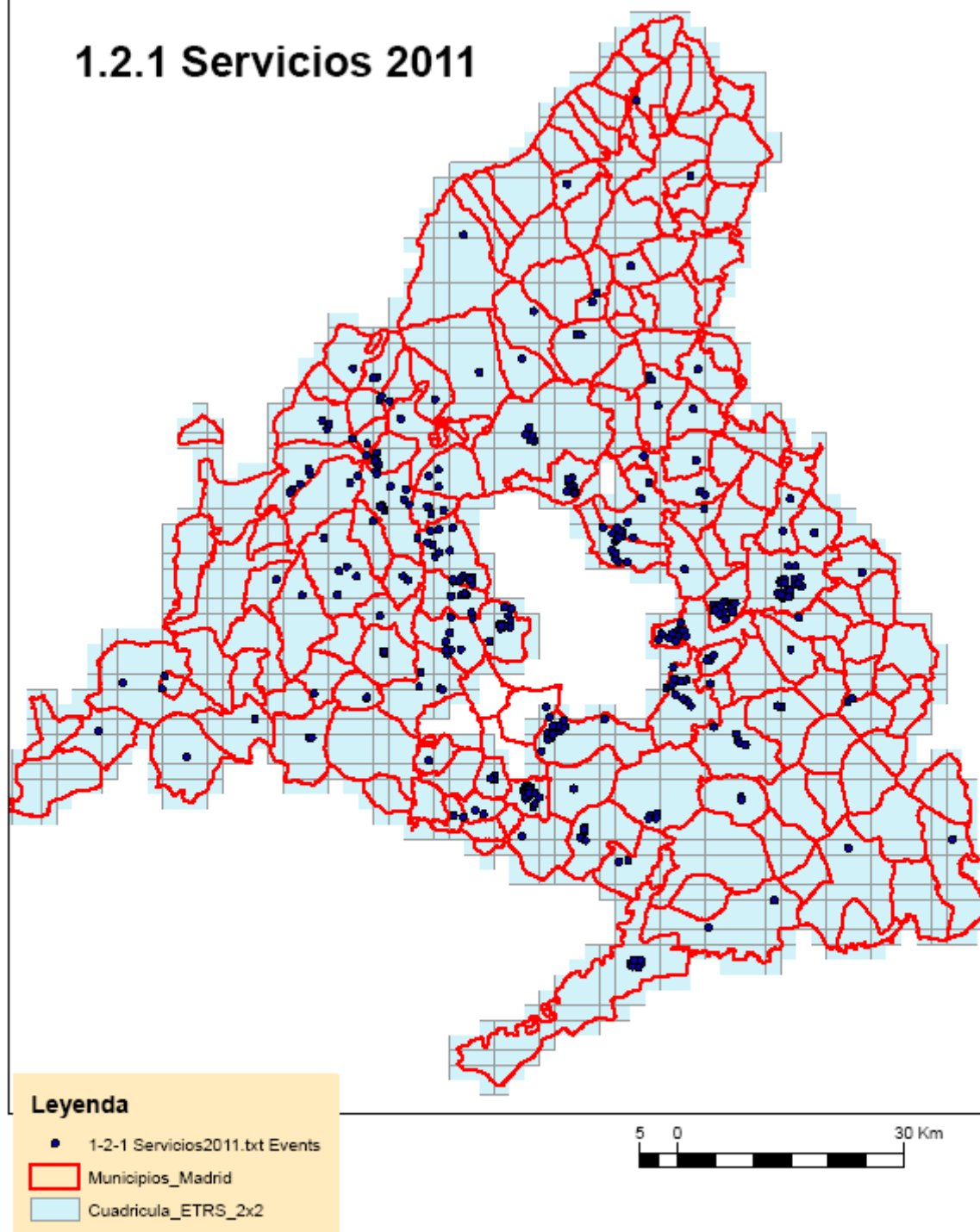


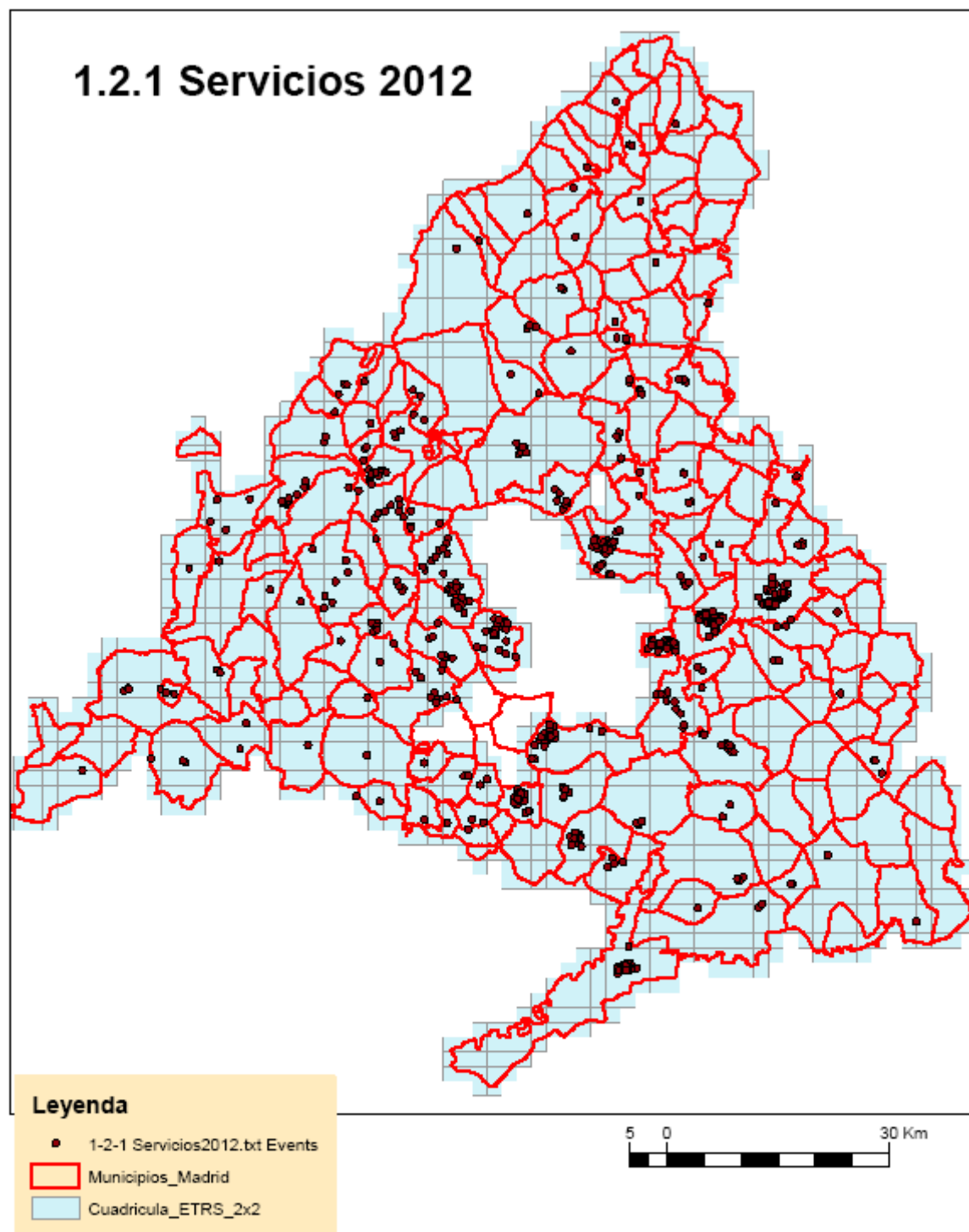
2011 - 2014 Intervenciones 1-2-1

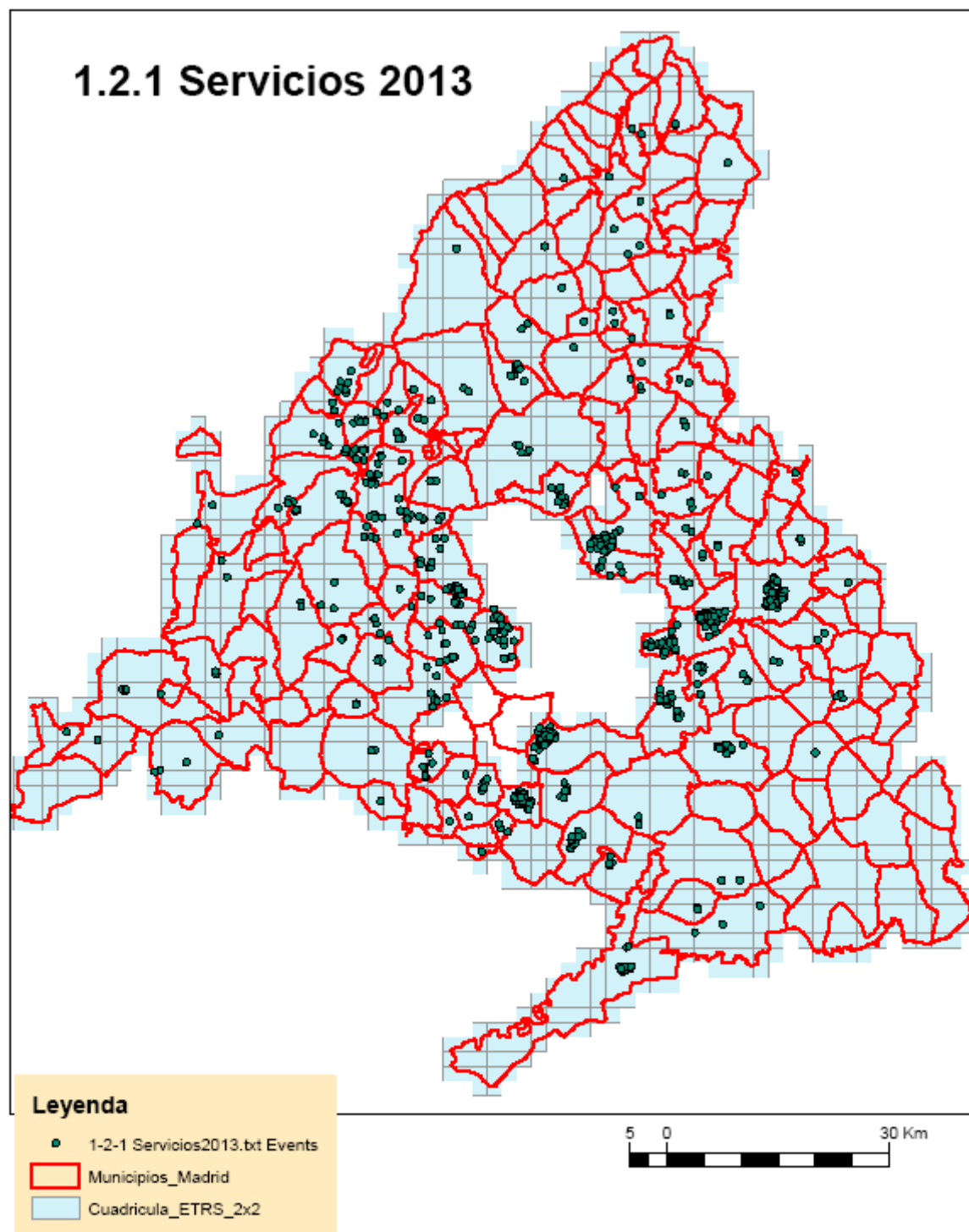


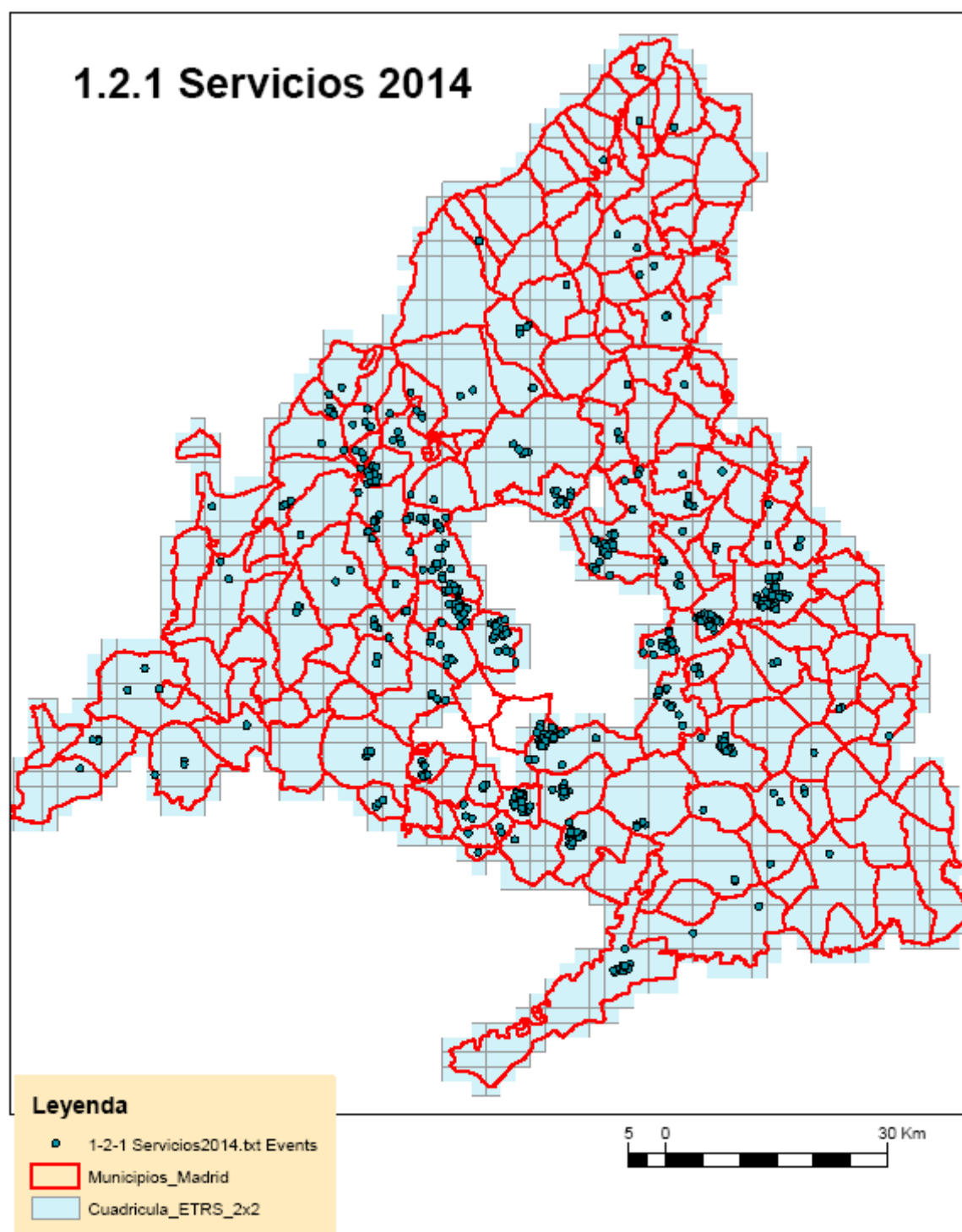


1.2.1 Servicios 2011









A.2.2.4 TIPOLOGÍA 1.1.4.2 ,INCENDIO EXTERIOR VEGETACIÓN FORESTAL:

1.- Valor del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-1-4-2 tLlegada**

-cartografía 1:200.000: **1-1-4-2 tLlegada - 200mil**

2.- Valor del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:

- límites de términos municipales: **1-1-4-2 DuracionServicio**

-cartografía 1:200.000: **1-1-4-2 DuracionServicio - 200mil**

3.- Valor del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-1-4-2 IC**

- cartografía 1:200.000: **1-1-4-2 IC - 200mil**

4.- Valor del Coste unitario del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-1-4-2 Coste Unitario por tLlegada**

-cartografía 1:200.000: **1-1-4-2 Coste Unitario por tLlegada - 200mil.**

5.- Valor del Coste unitario del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:

- límites de términos municipales: **1-1-4-2 Coste Unitario por DS**

-cartografía 1:200.000: **1-1-4-2 Coste Unitario por DS - 200mil**

6.- Valor del Coste unitario del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-1-4-2 Coste Unitario por IC**

- cartografía 1:200.000: **1-1-4-2 Coste Unitario por IC - 200mil**

7.- Representación total intervenciones: **Intervenciones 2011 - 2014 _ 1-1-4-2**

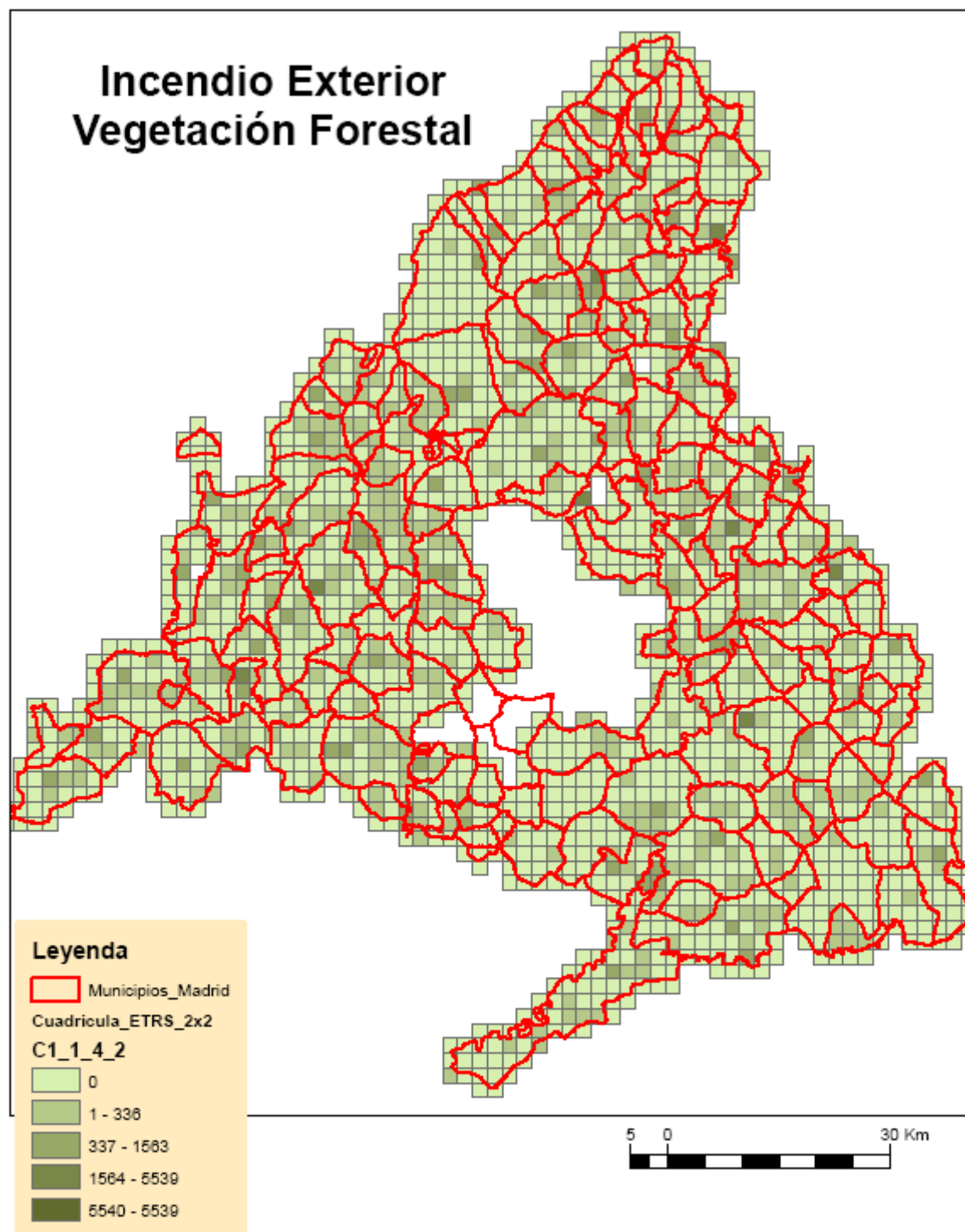
8.- Representación total servicios: **Servicios 2011-2014 _ 1-1-4-2**

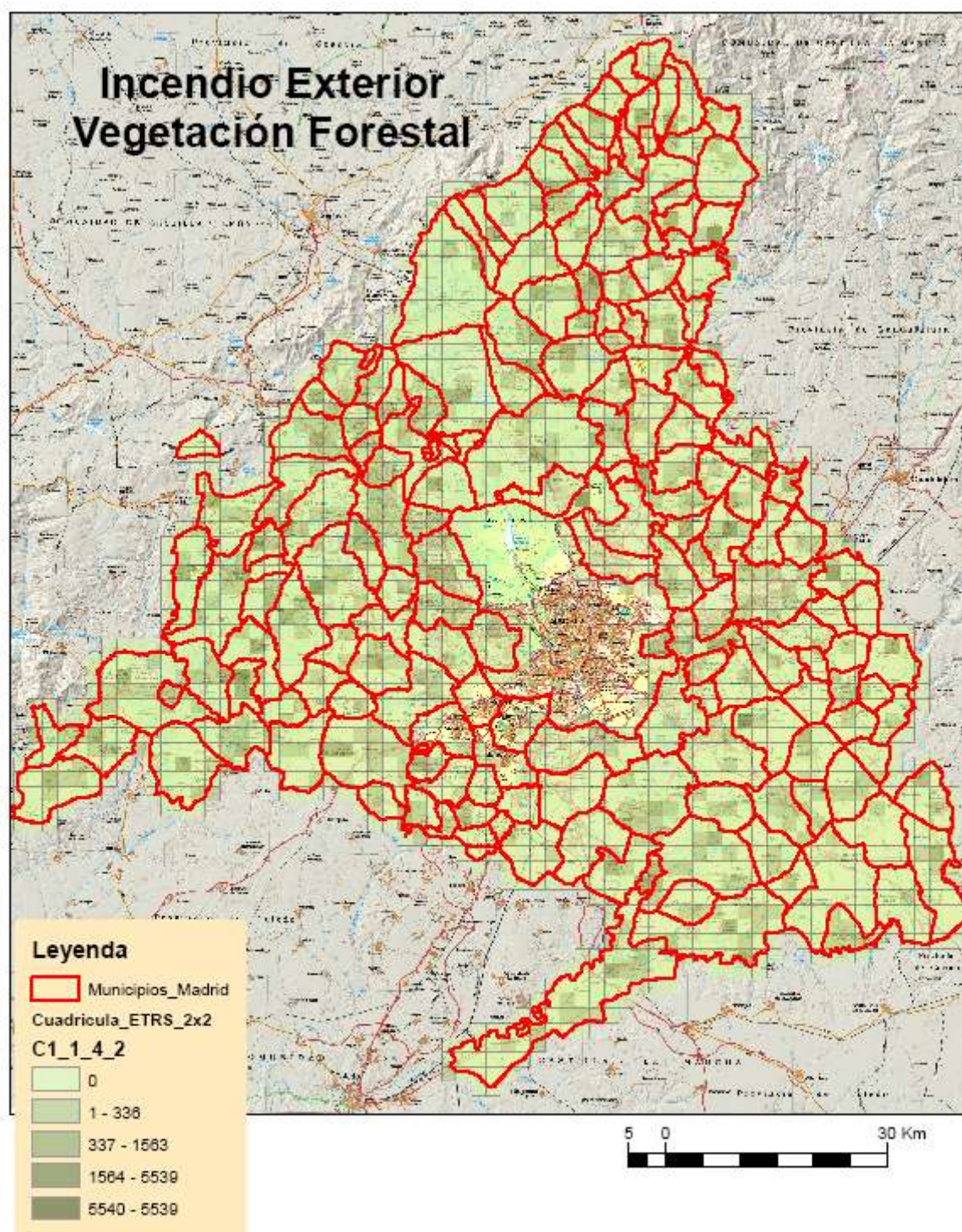
9.- Representación servicios 2011: **Servicios 2011 _ 1-1-4-2**

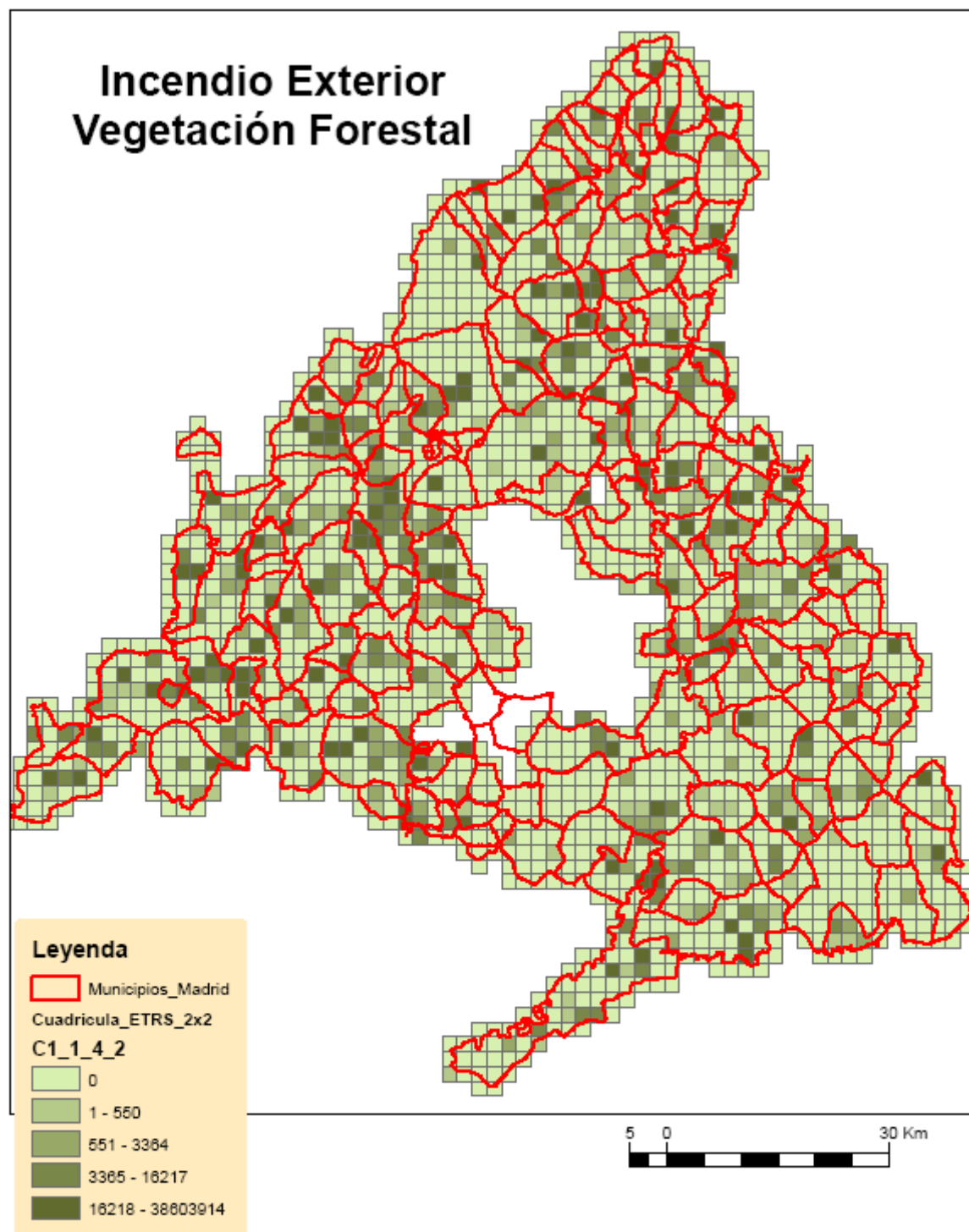
10.- Representación servicios 2012: **Servicios 2012 _ 1-1-4-2**

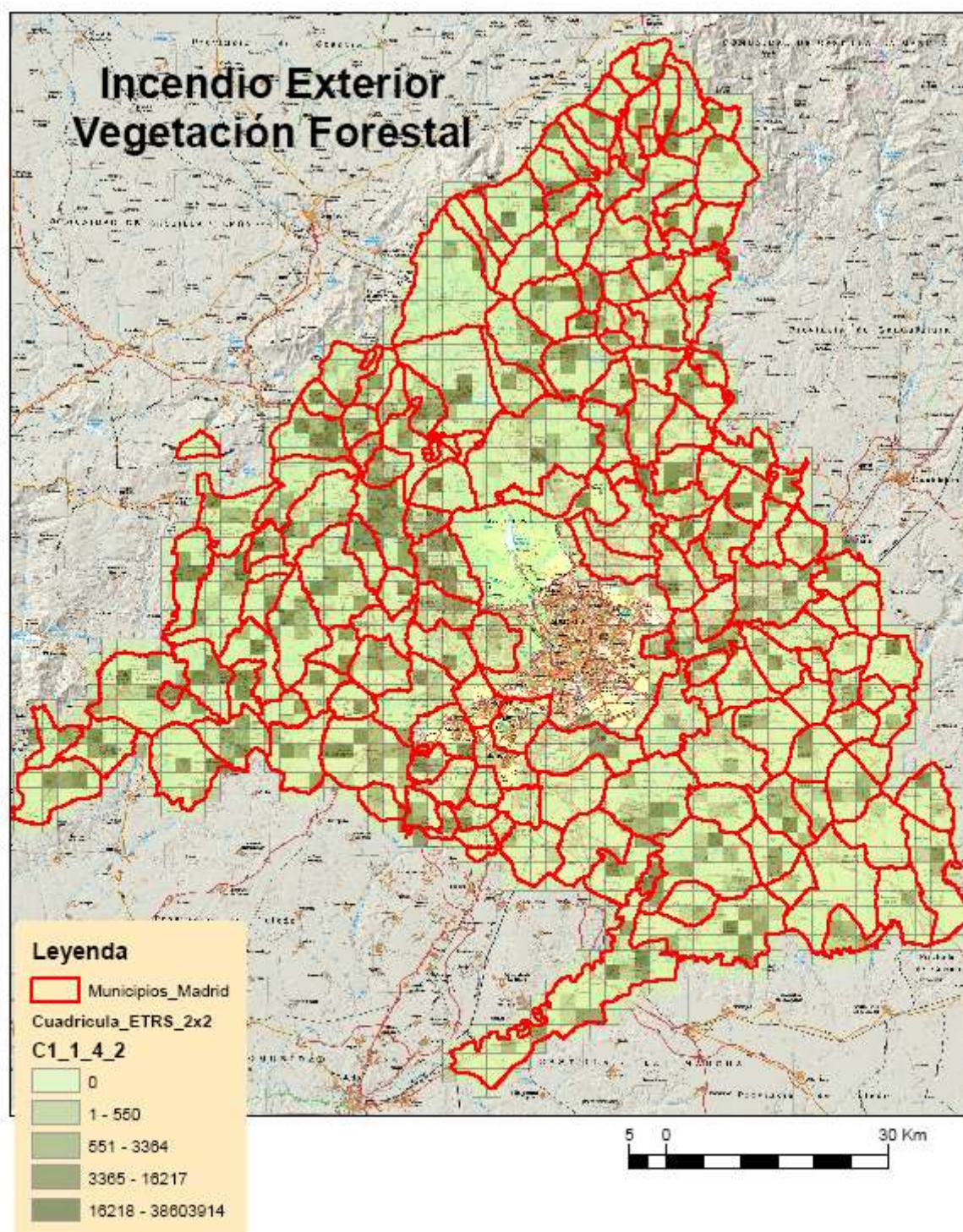
11.- Representación servicios 2013: **Servicios 2013 _ 1-1-4-2**

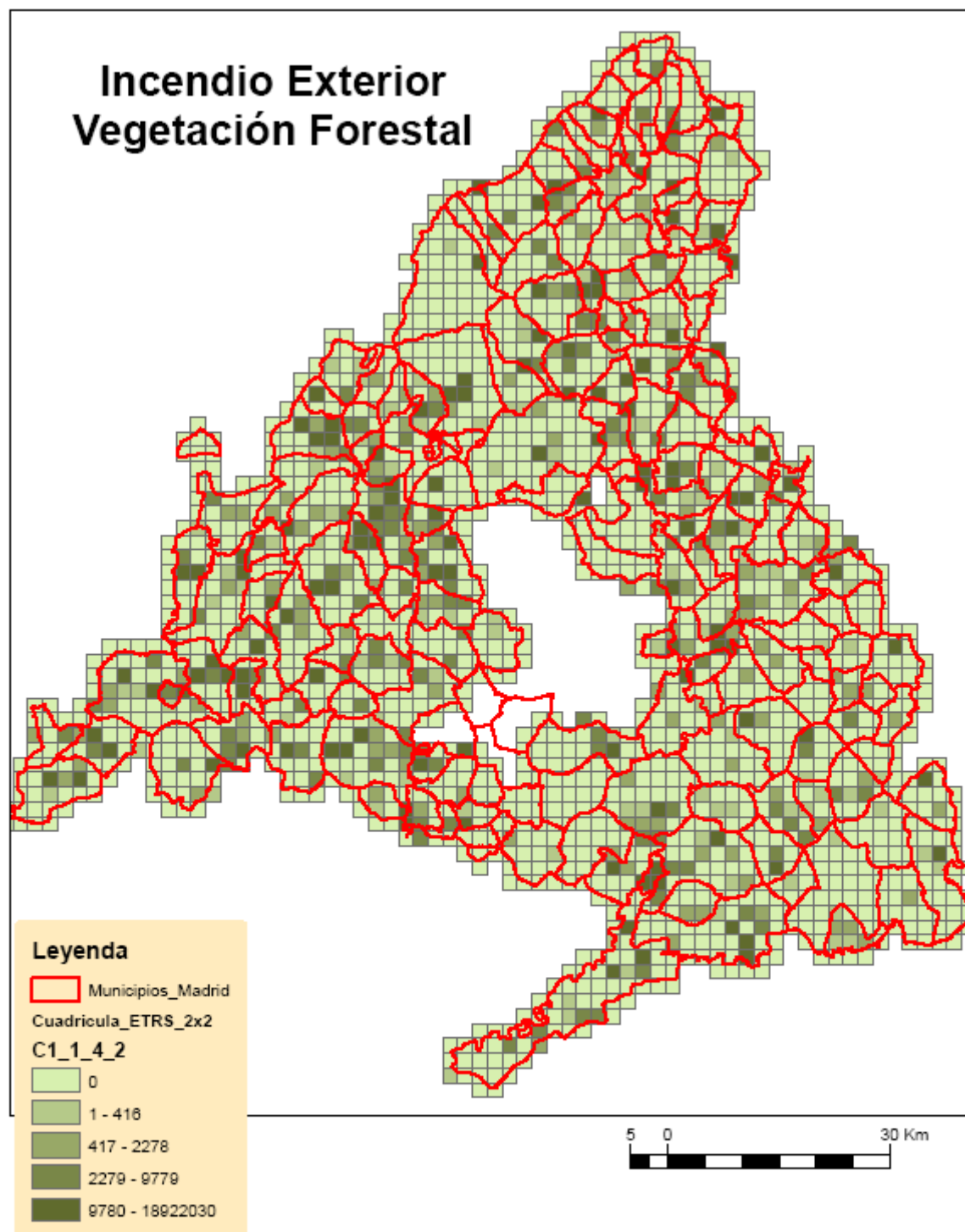
12.- Representación servicios 2014: **Servicios 2014 _ 1-1-4-2**

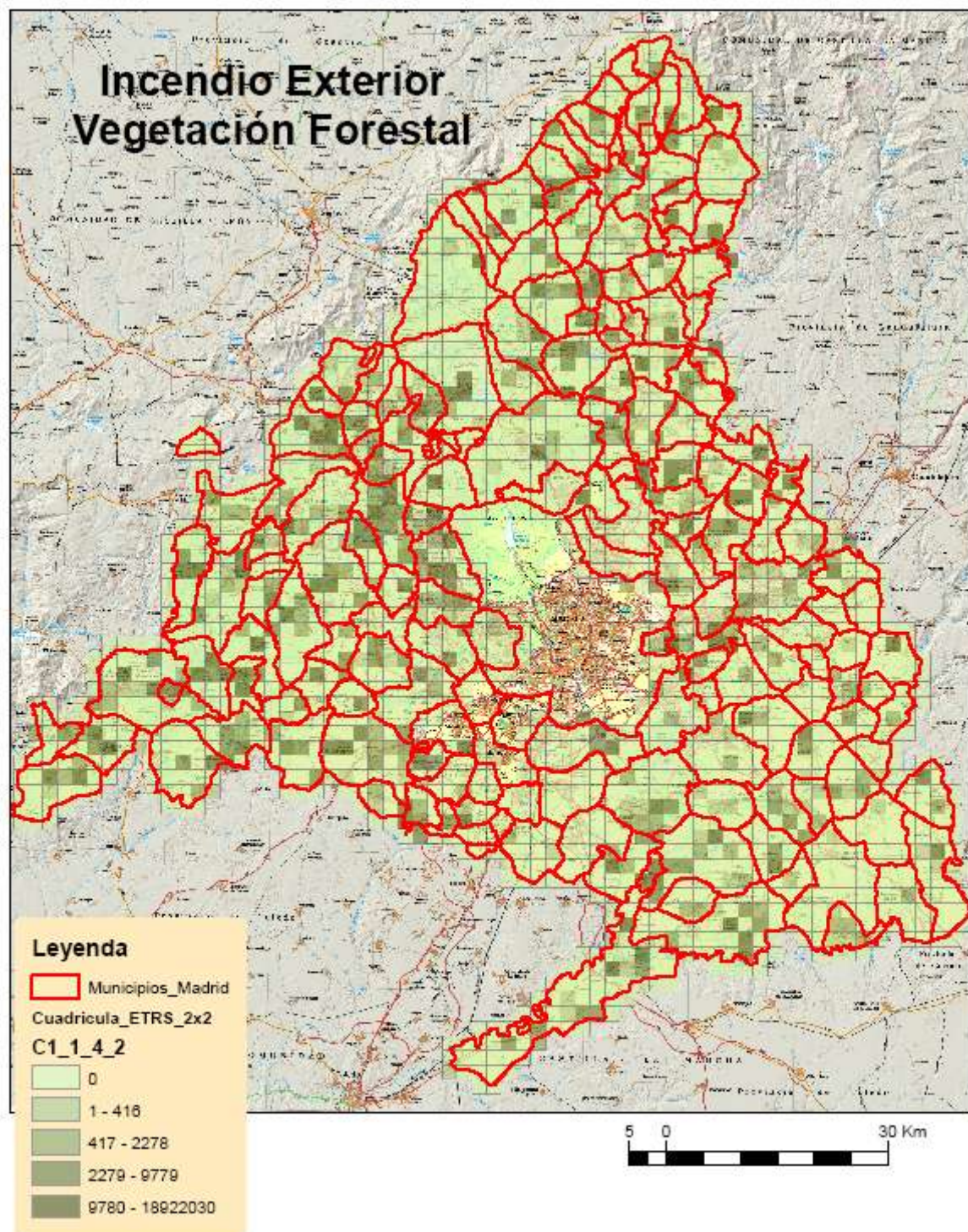


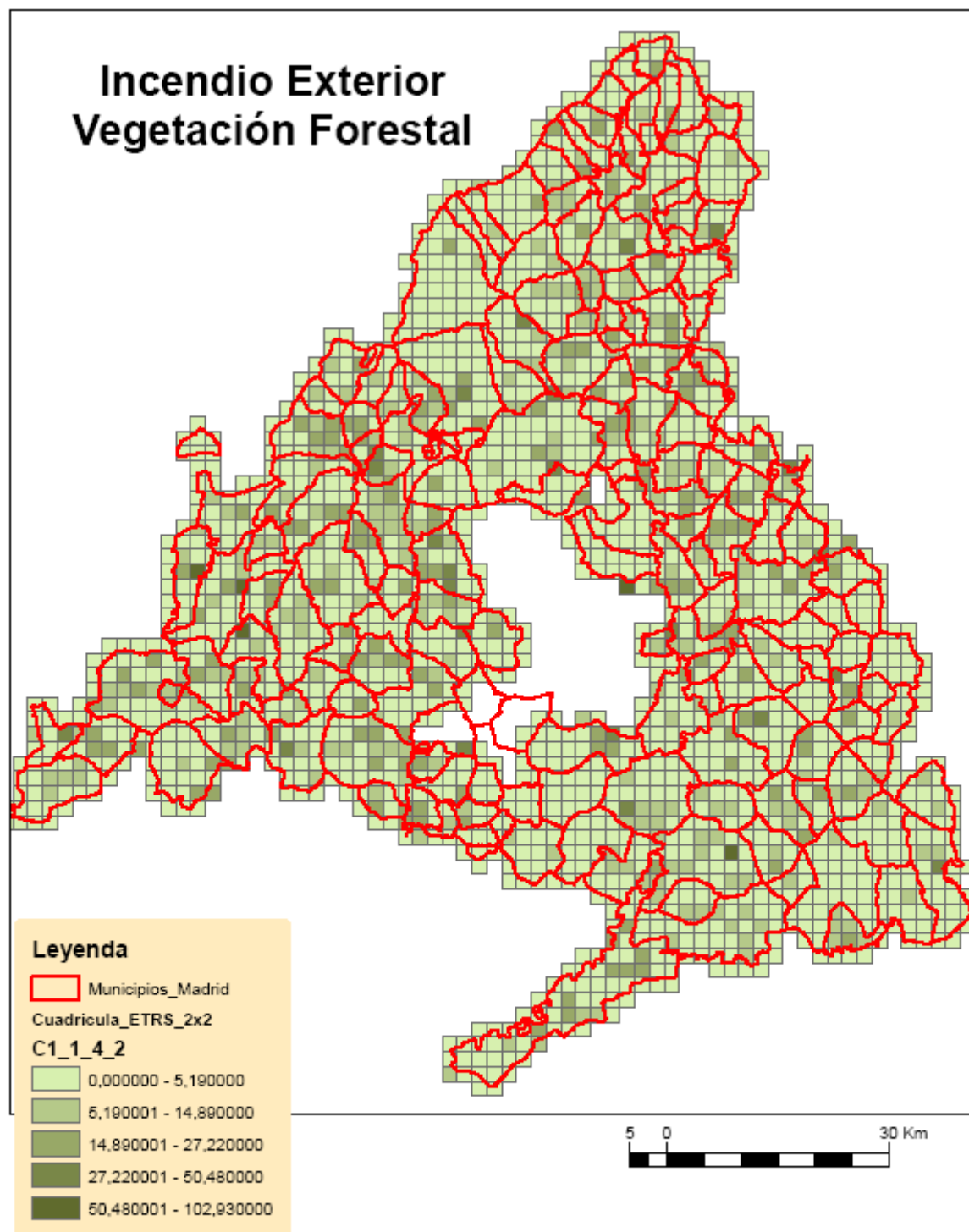


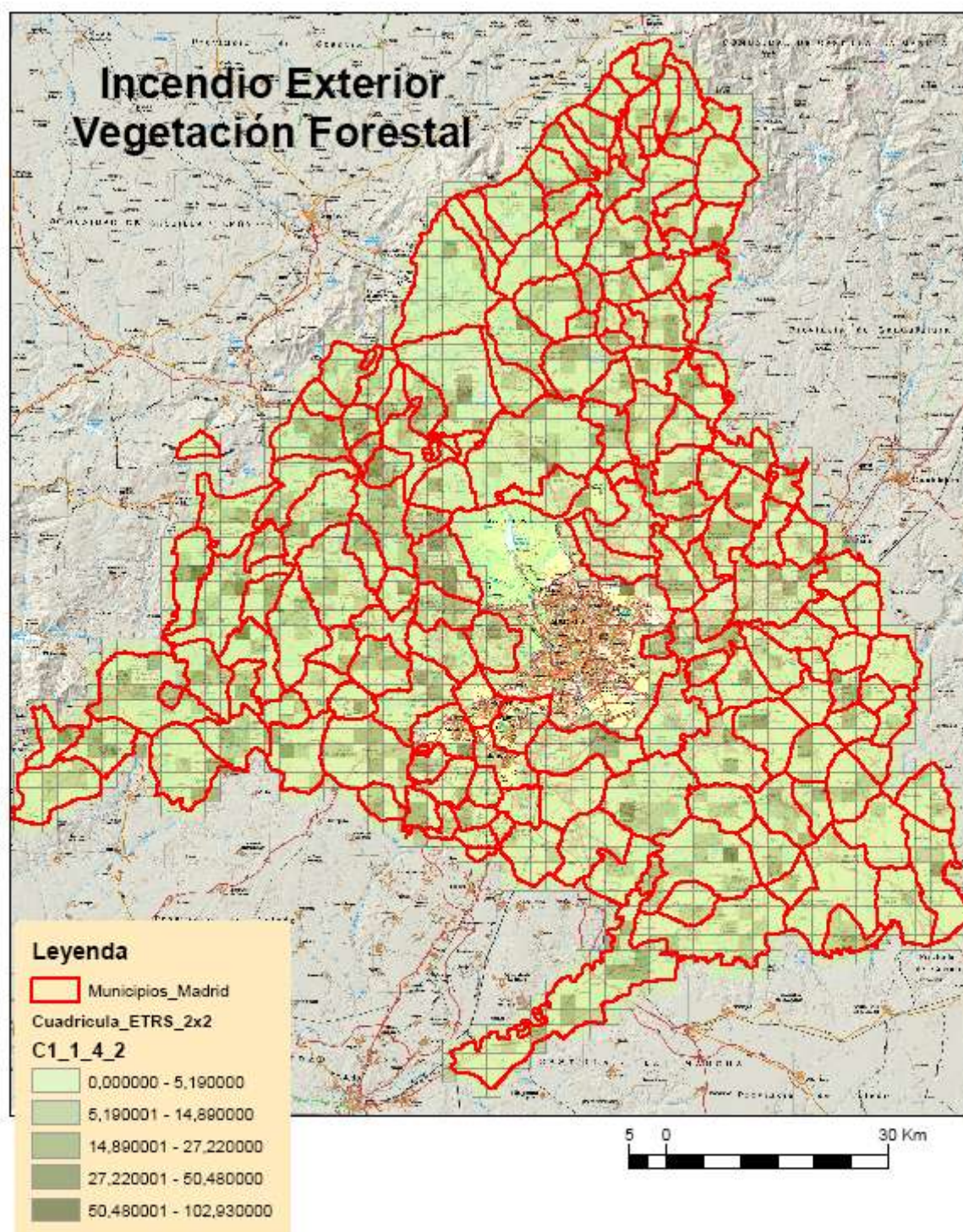


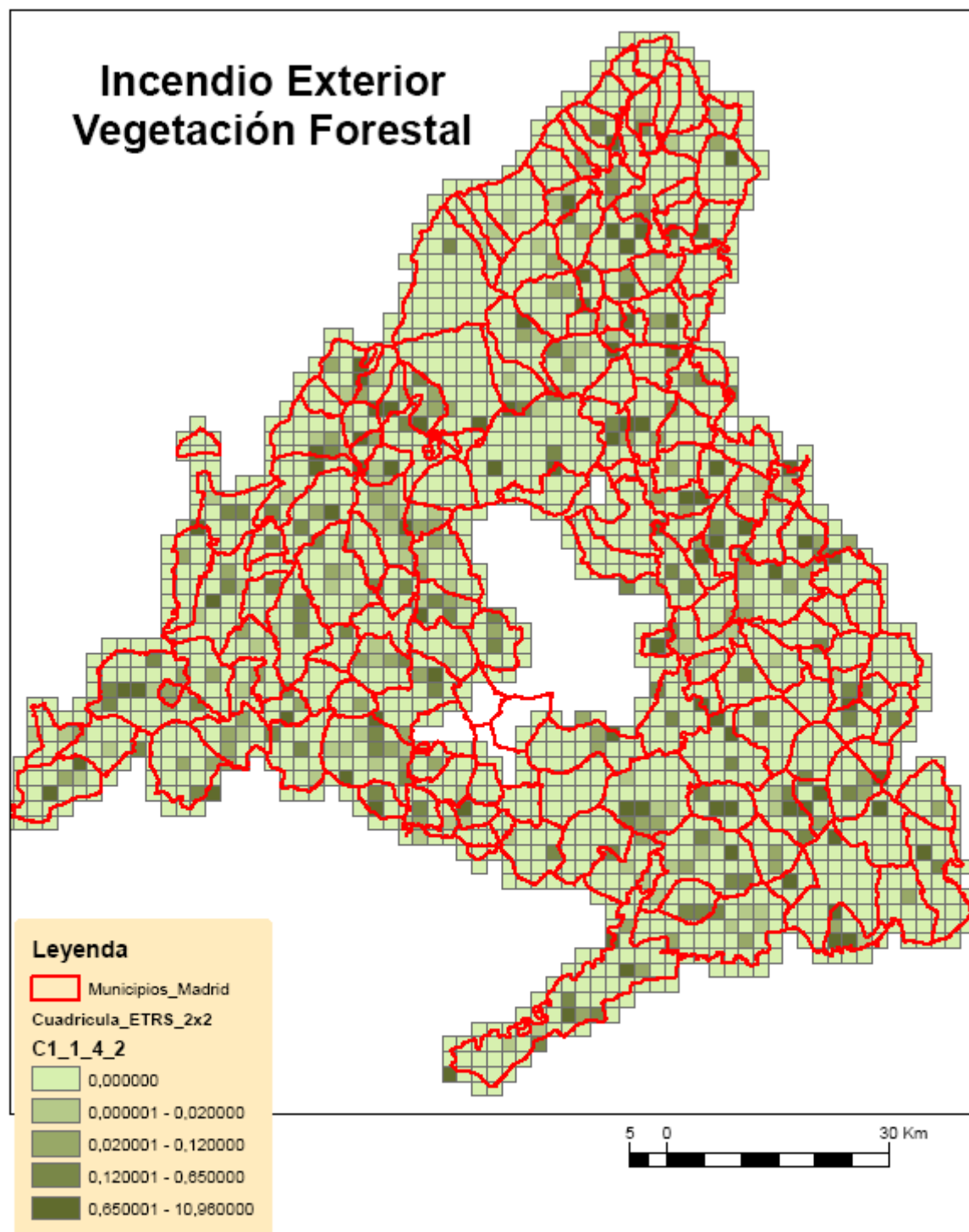


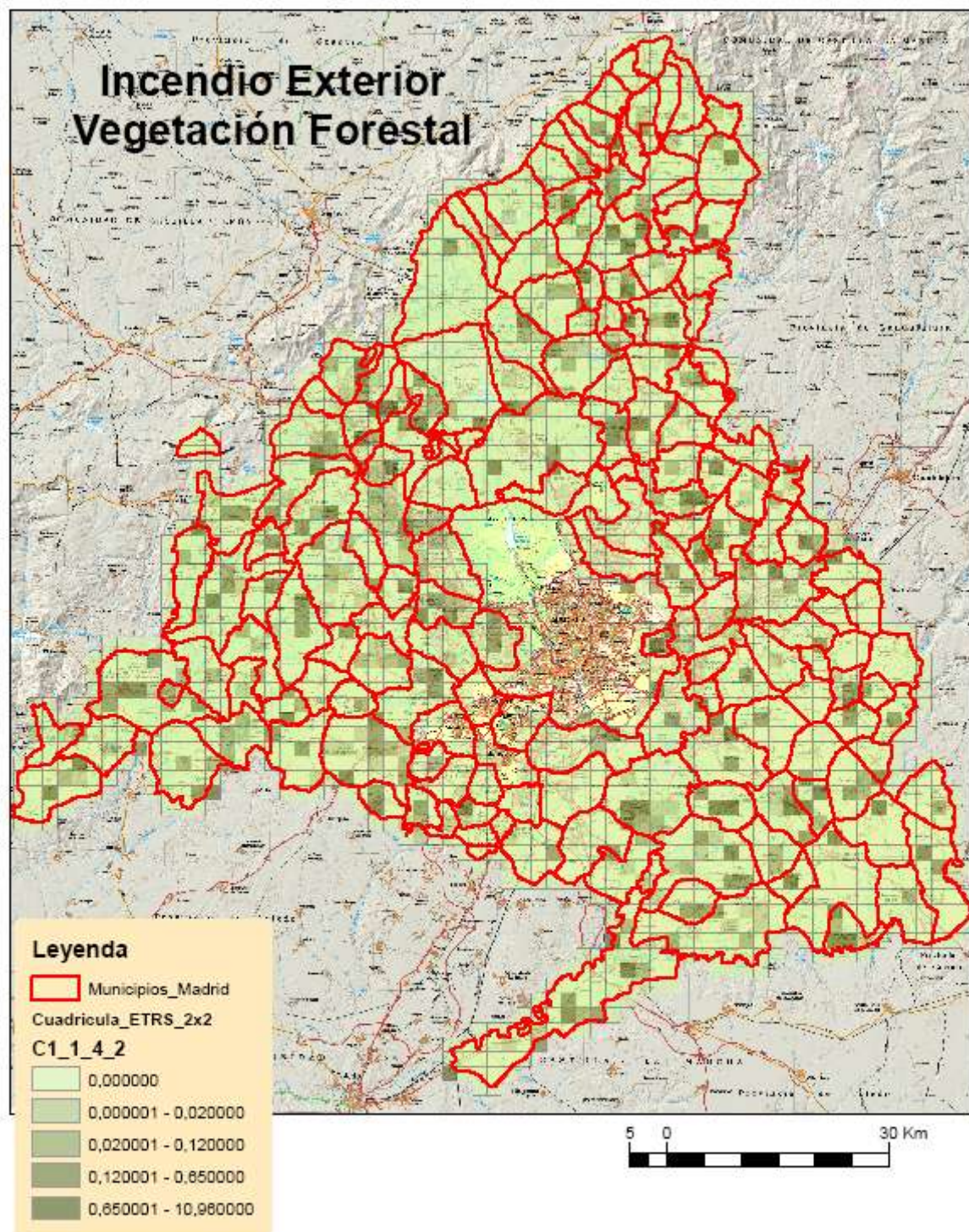


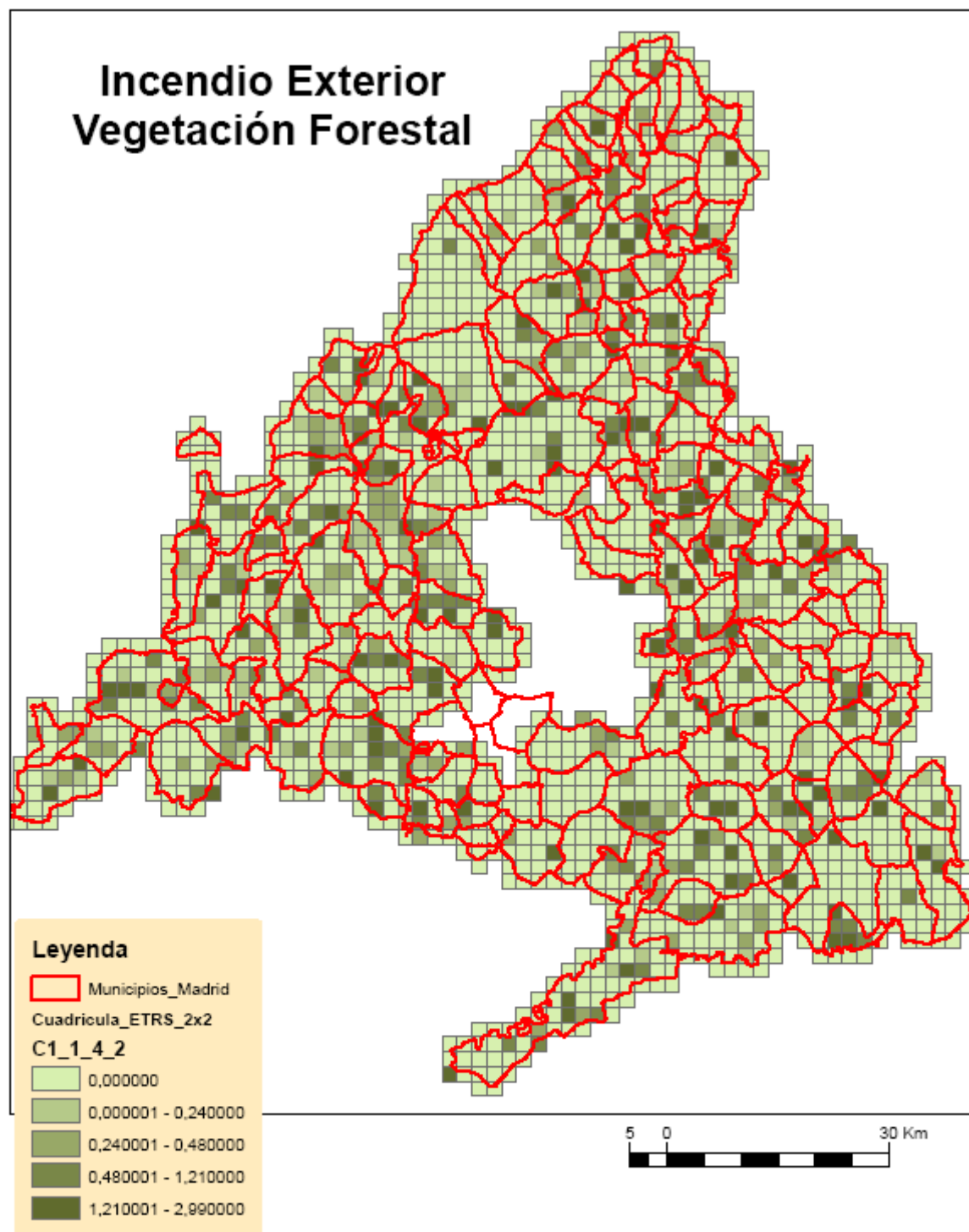


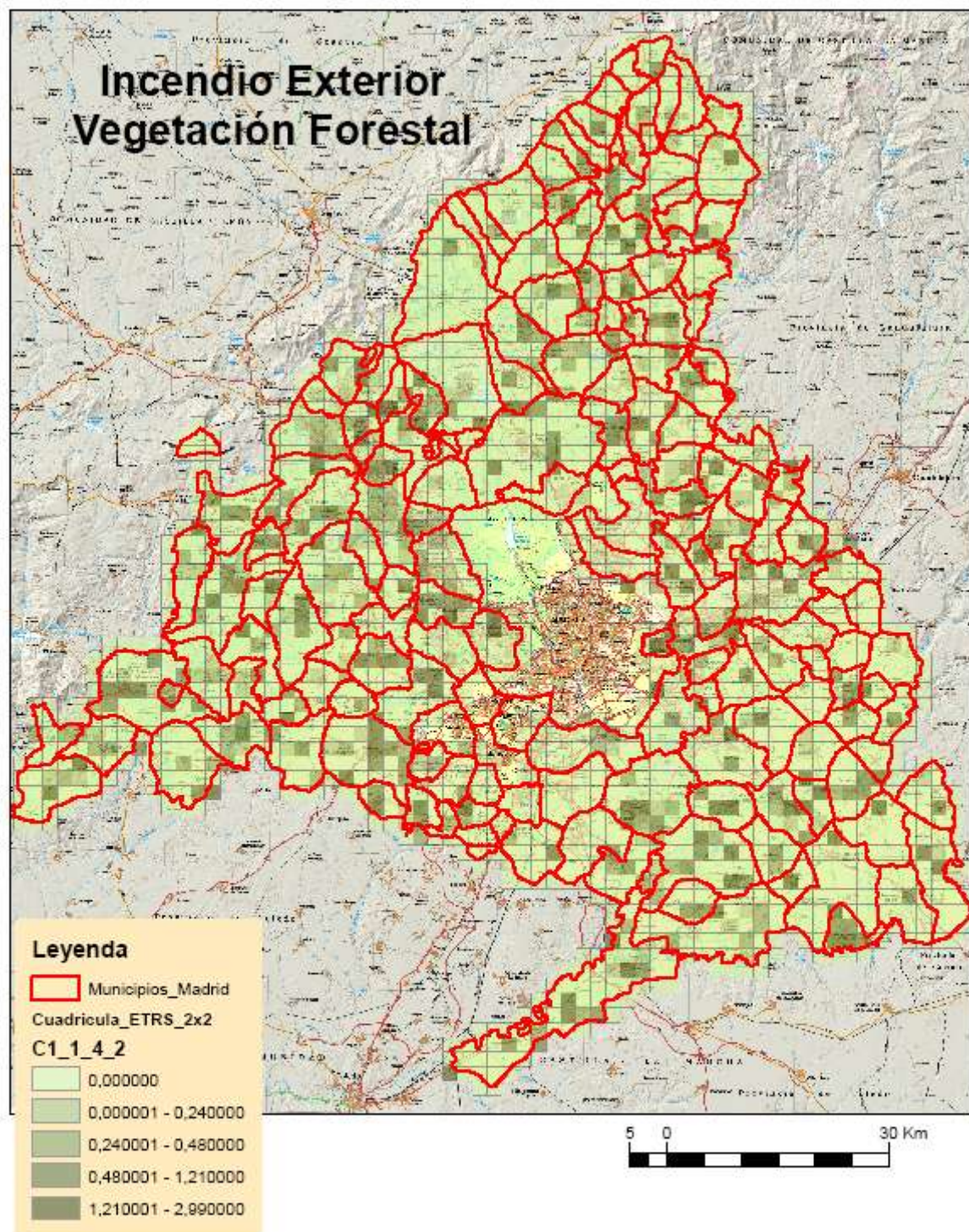




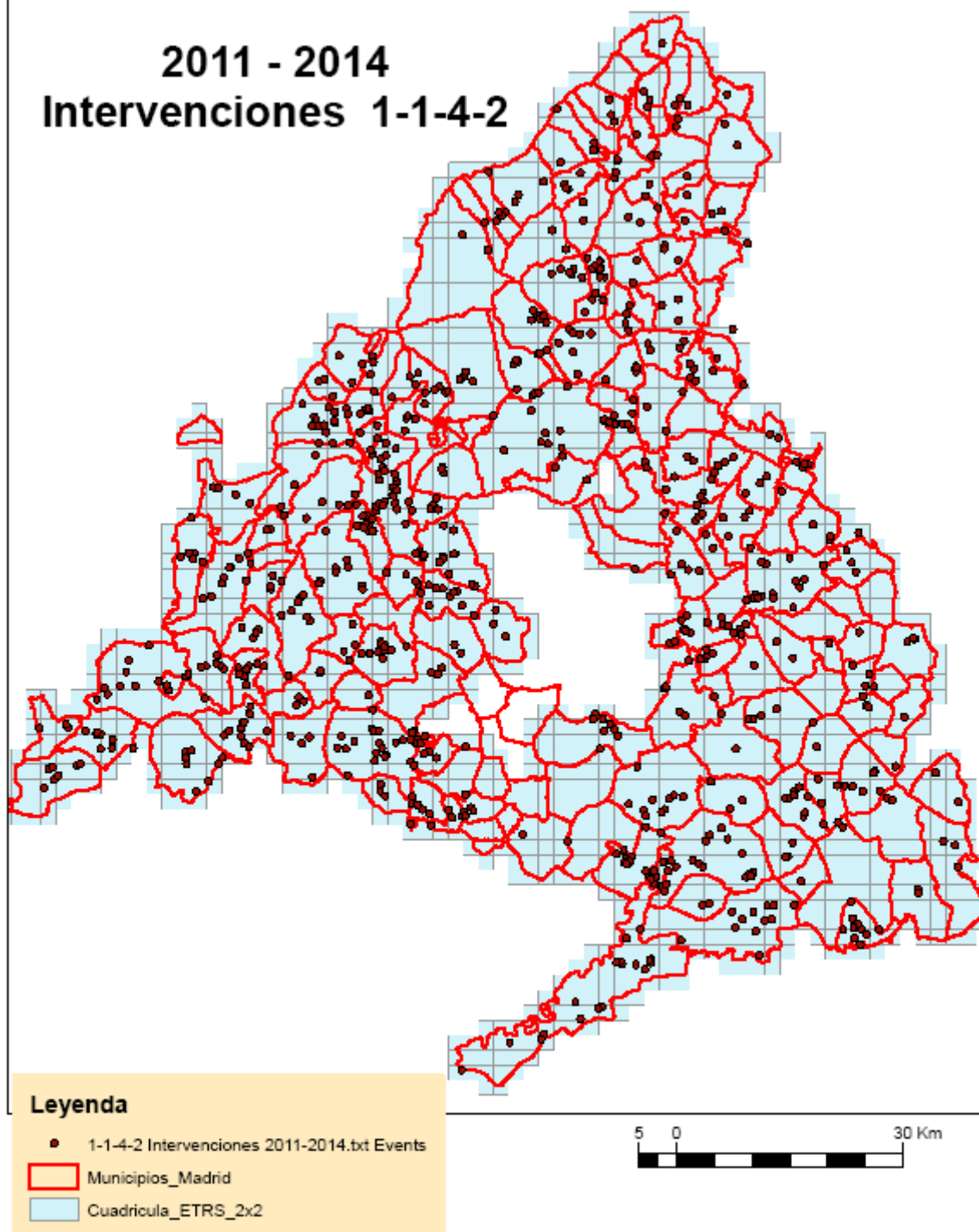


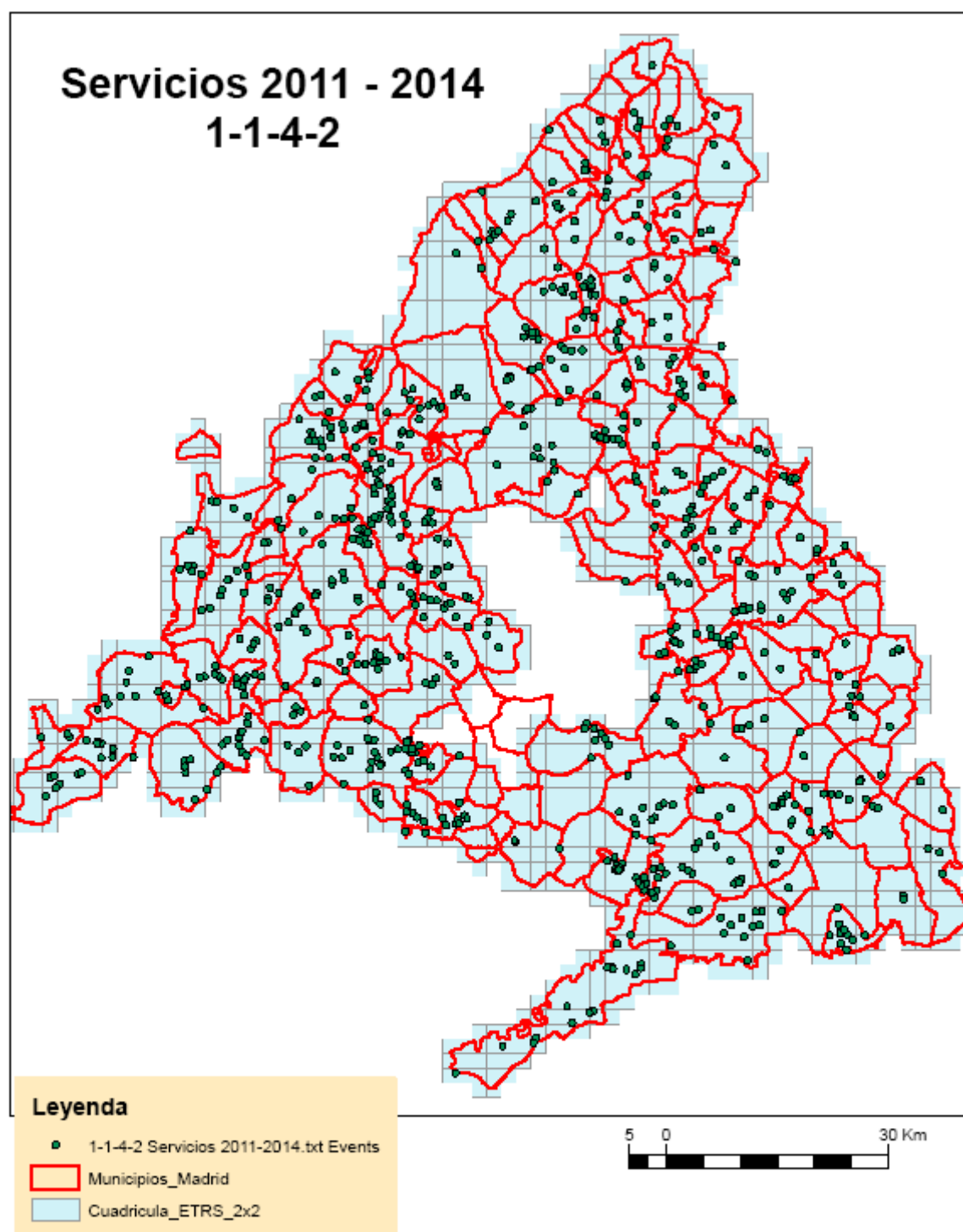




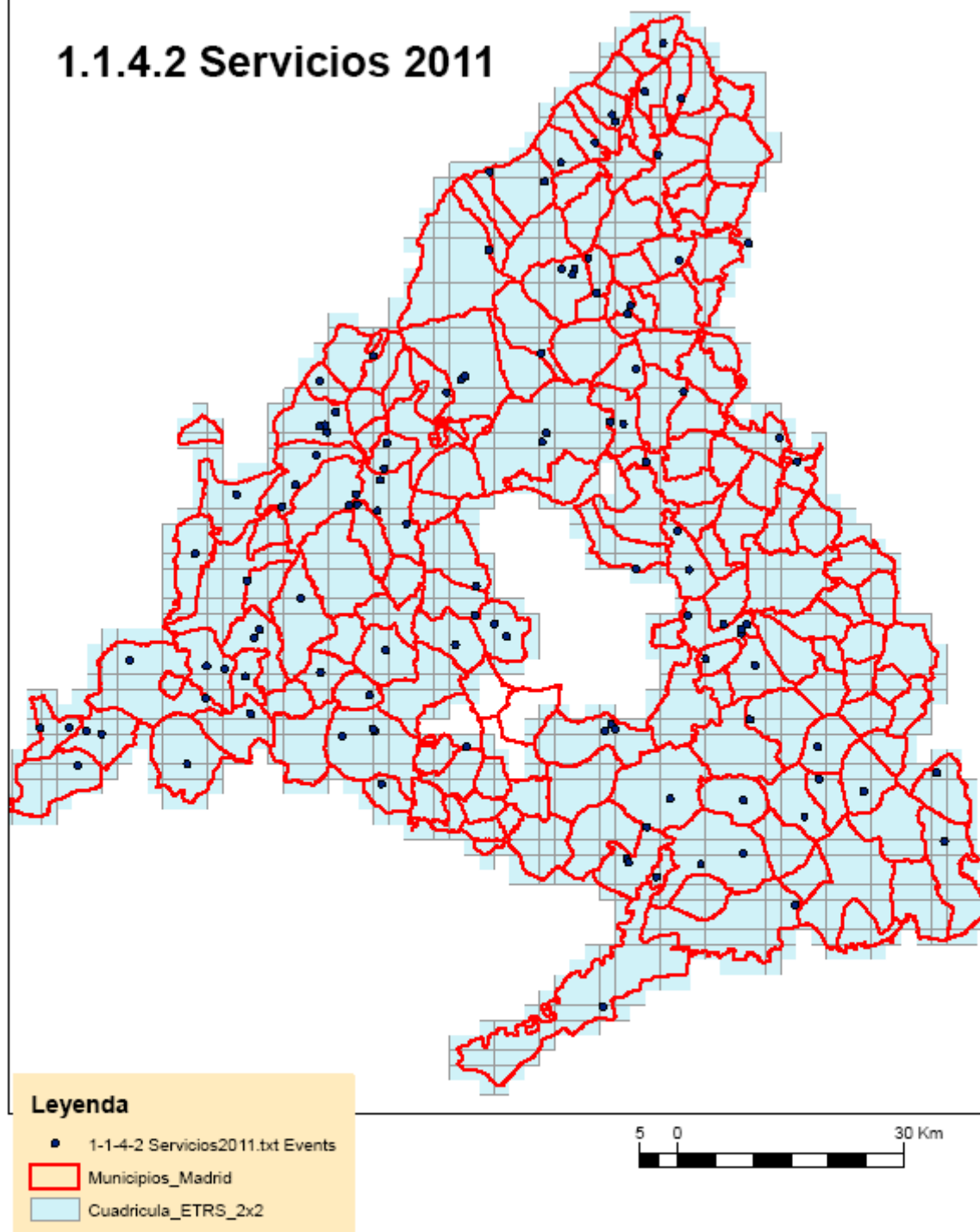


2011 - 2014 Intervenciones 1-1-4-2

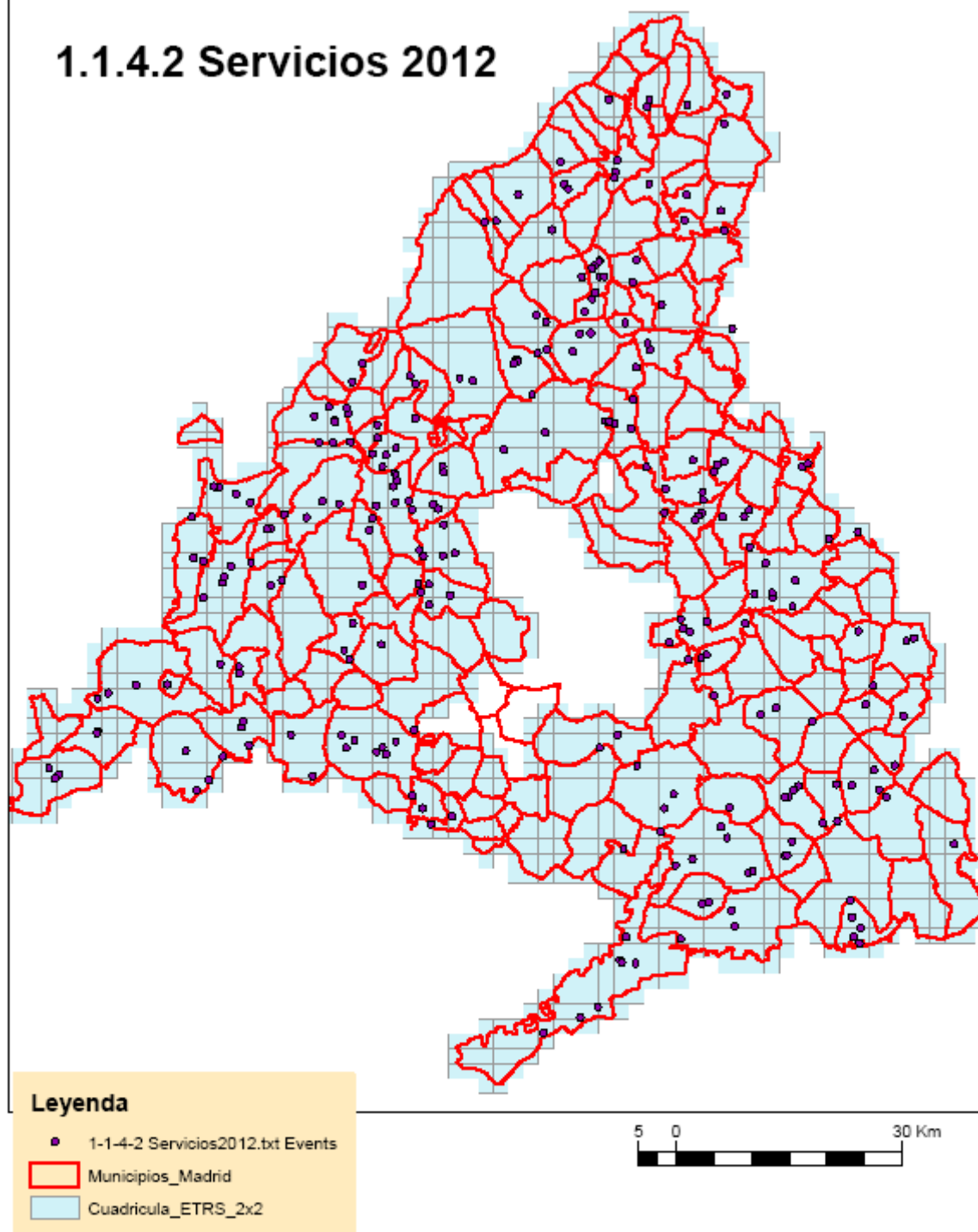




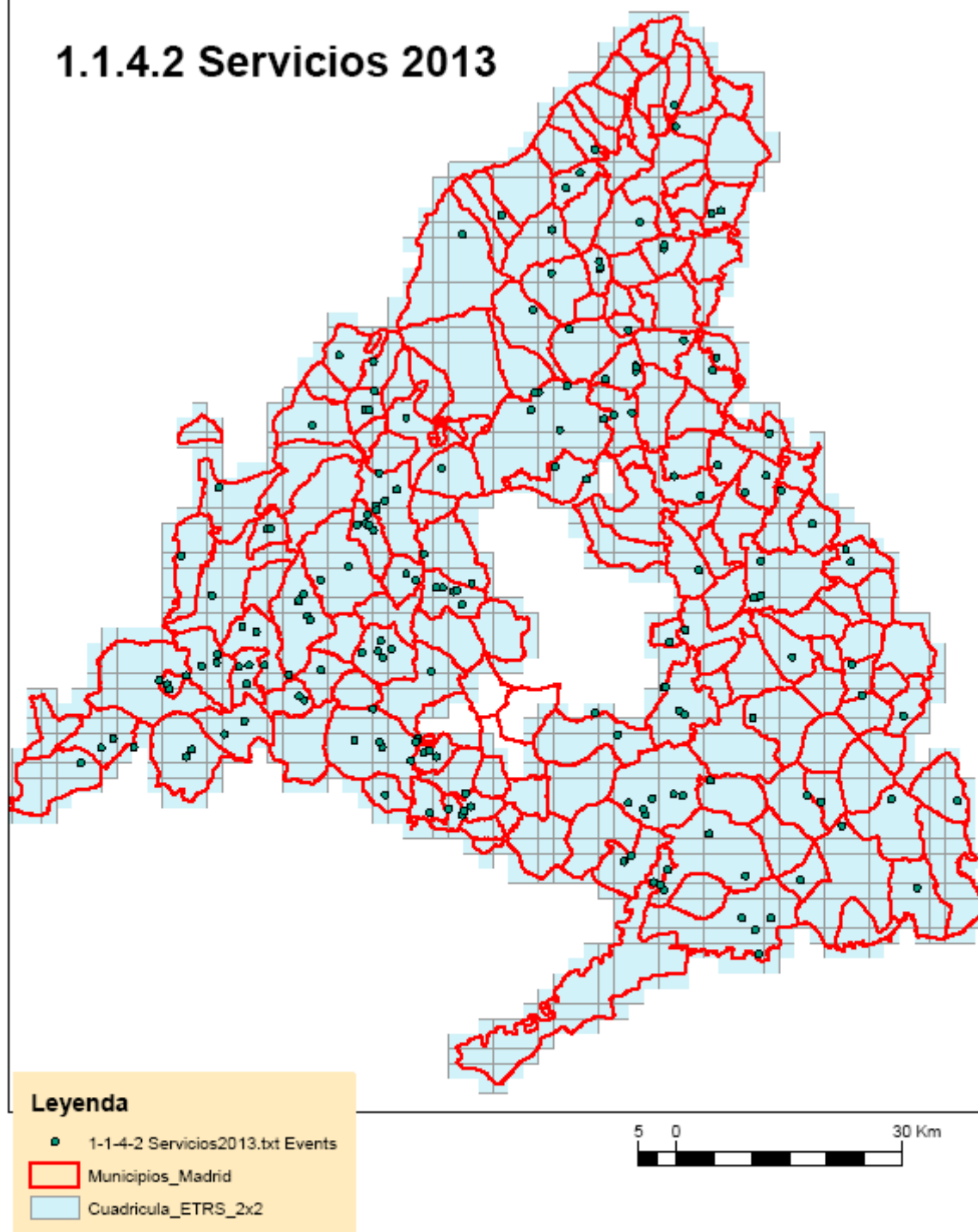
1.1.4.2 Servicios 2011



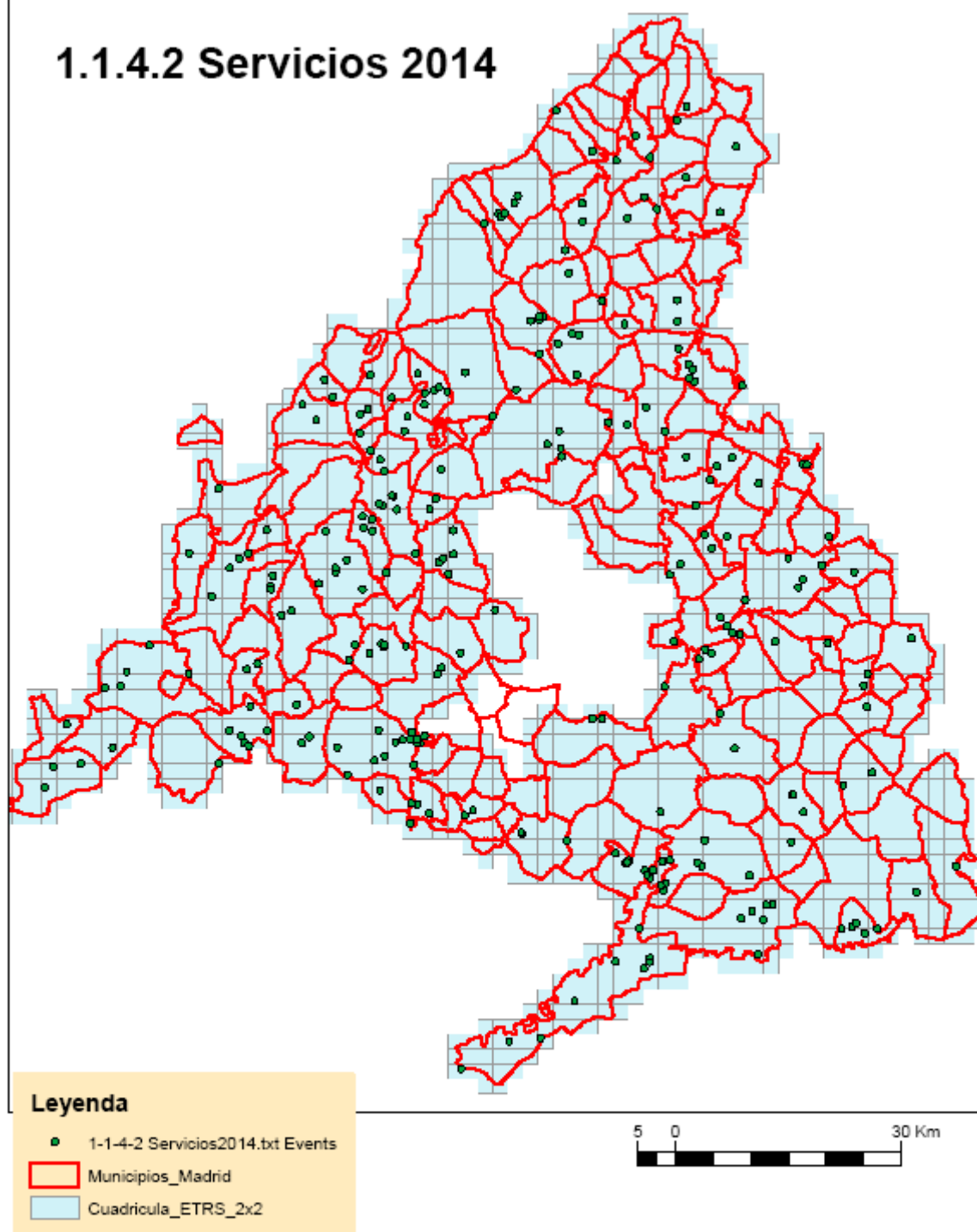
1.1.4.2 Servicios 2012



1.1.4.2 Servicios 2013



1.1.4.2 Servicios 2014



A.2.2.5 TIPOLOGÍA 1.1.4.1, INCENDIO EXTERIOR VEGETACIÓN AGRÍCOLA:

1.- Valor del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-1-4-1 tLlegada**

-cartografía 1:200.000: **1-1-4-1 tLlegada - 200mil**

2.- Valor del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:

- límites de términos municipales: **1-1-4-1 DuracionServicio**

-cartografía 1:200.000: **1-1-4-1 DuracionServicio - 200mil**

3.- Valor del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-1-4-1 IC**

- cartografía 1:200.000: **1-1-4-1 IC - 200mil**

4.- Valor del Coste unitario del sumando tiempo de llegada del I.C. representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-1-4-1 Coste Unitario por tLlegada**

-cartografía 1:200.000: **1-1-4-1 Coste Unitario por tLlegada - 200mil**

5.- Valor del Coste unitario del sumando Duración del Servicio del I.C. representado sobre:

- límites de términos municipales: **1-1-4-1 Coste Unitario por DS**

-cartografía 1:200.000: **1-1-4-1 Coste Unitario por DS - 200mil**

6.- Valor del Coste unitario del Índice de Colapso representado geográficamente sobre:

- límites de términos municipales: **1-1-4-1 Coste Unitario por IC**

- cartografía 1:200.000: **1-1-4-1 Coste Unitario por IC - 200mil**

7.- Representación total intervenciones: **Intervenciones 2011 - 2014 _ 1-1-4-1**

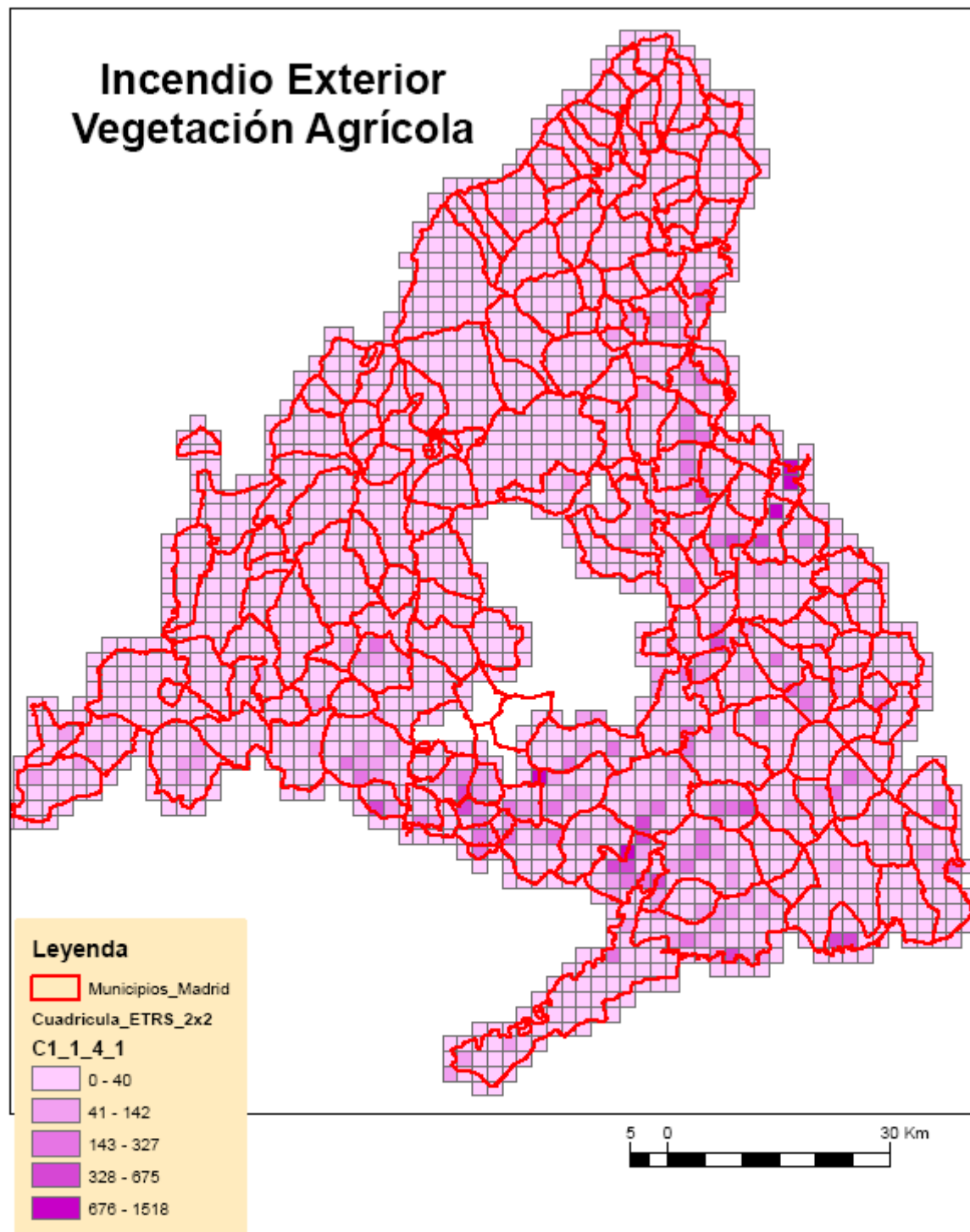
8.- Representación total servicios: **Servicios 2011-2014 _ 1-1-4-1**

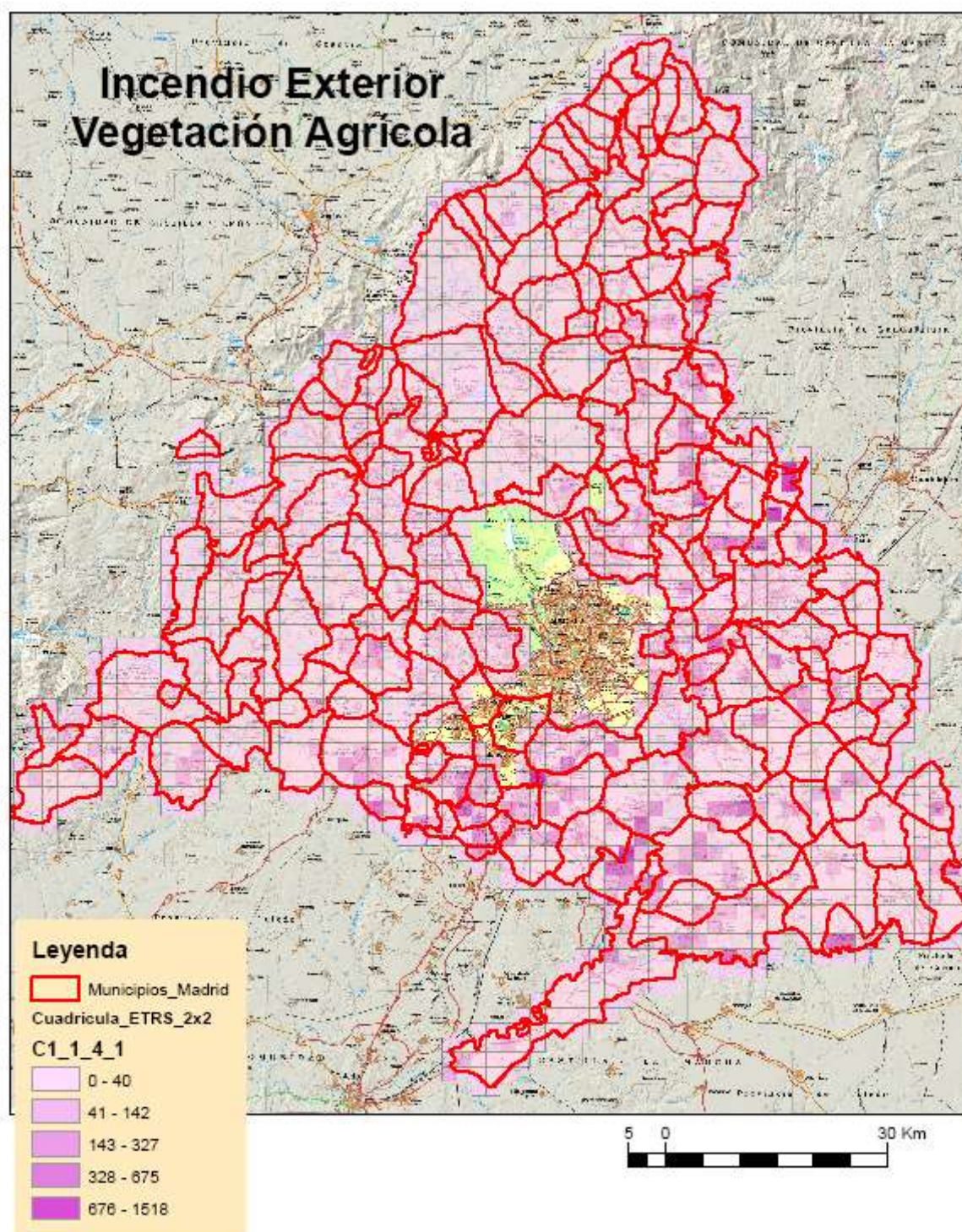
9.- Representación servicios 2011: **Servicios 2011 _ 1-1-4-1**

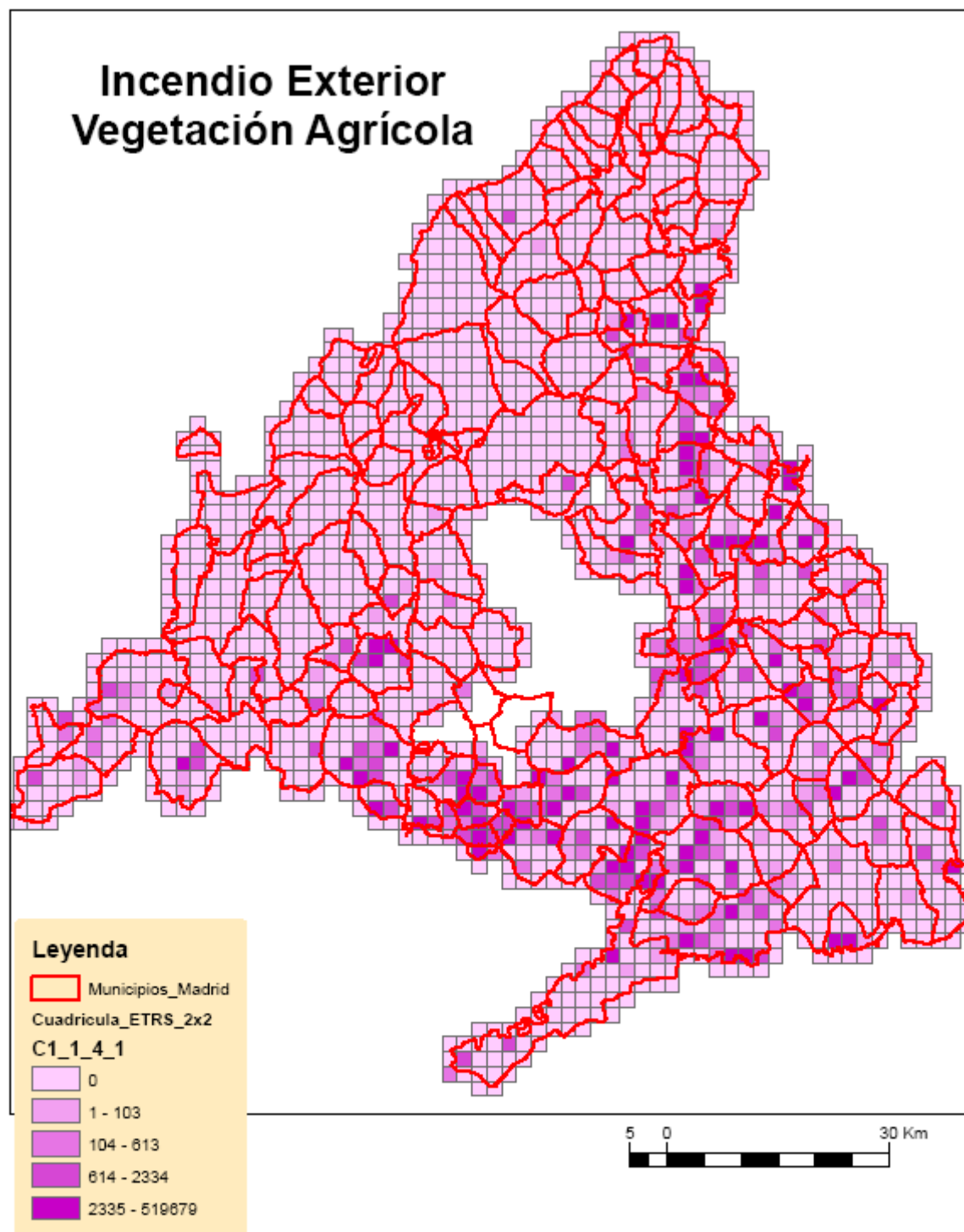
10.- Representación servicios 2012: **Servicios 2012 _ 1-1-4-1**

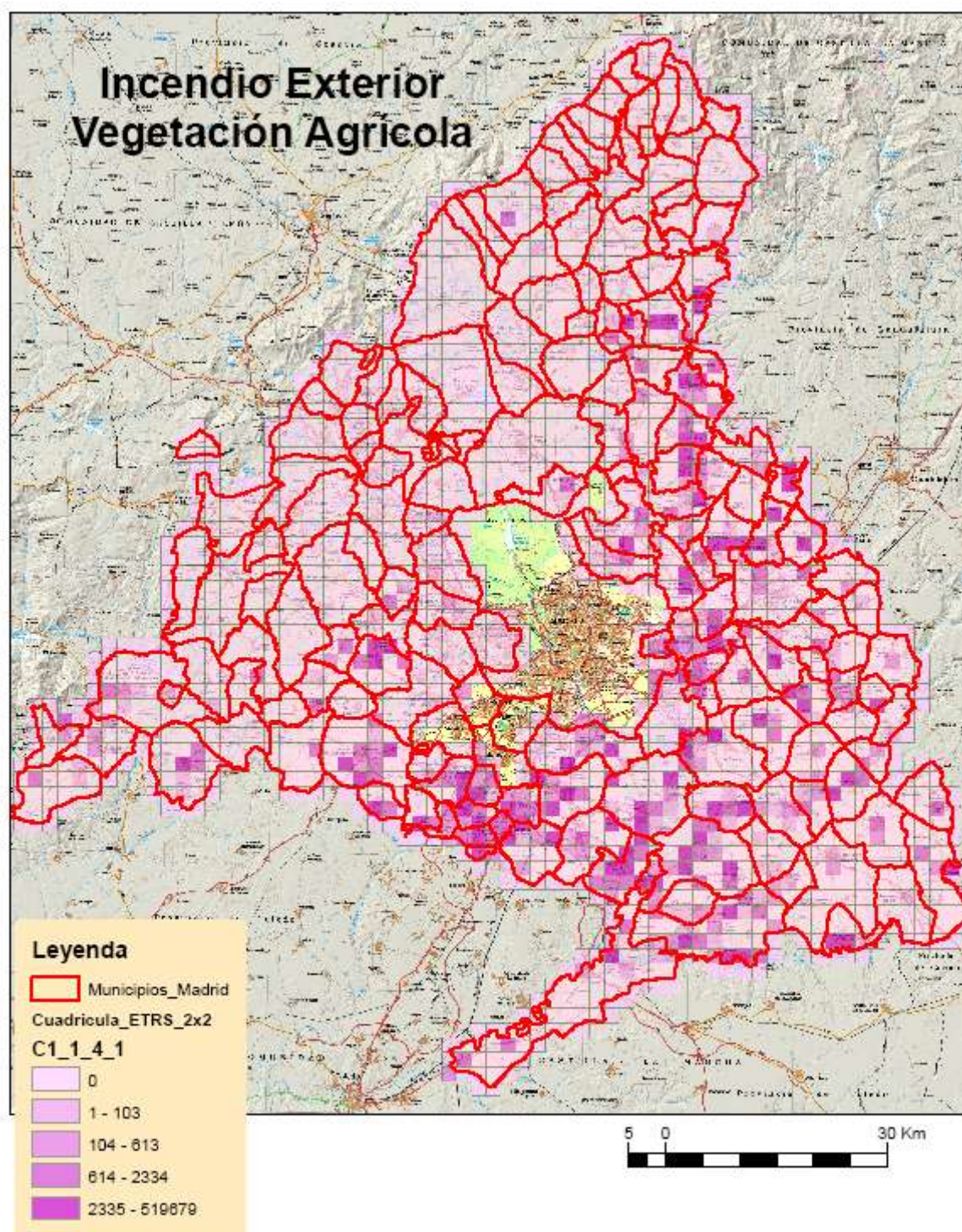
11.- Representación servicios 2013: **Servicios 2013 _ 1-1-4-1**

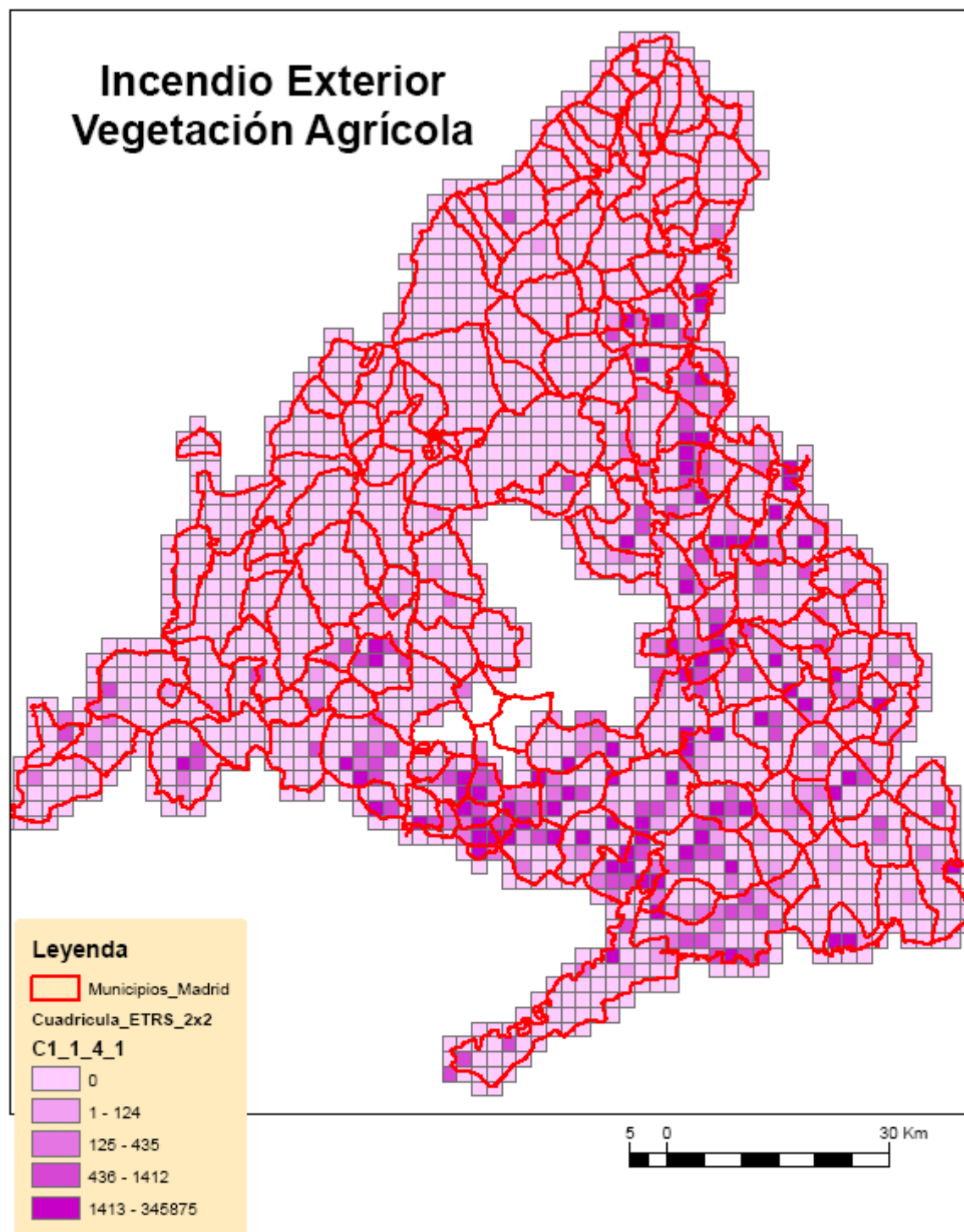
12.- Representación servicios 2014: **Servicios 2014 _ 1-1-4-1**

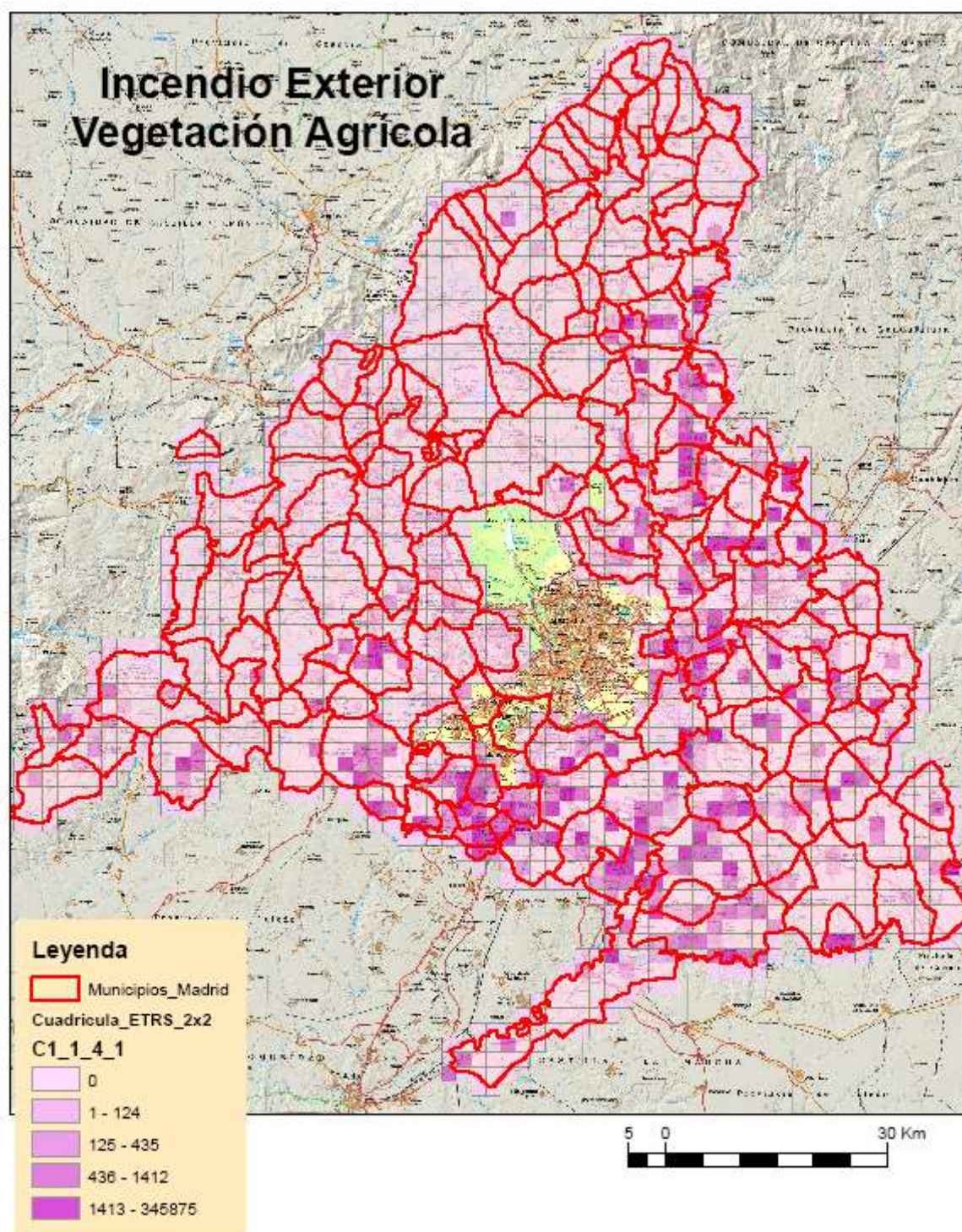


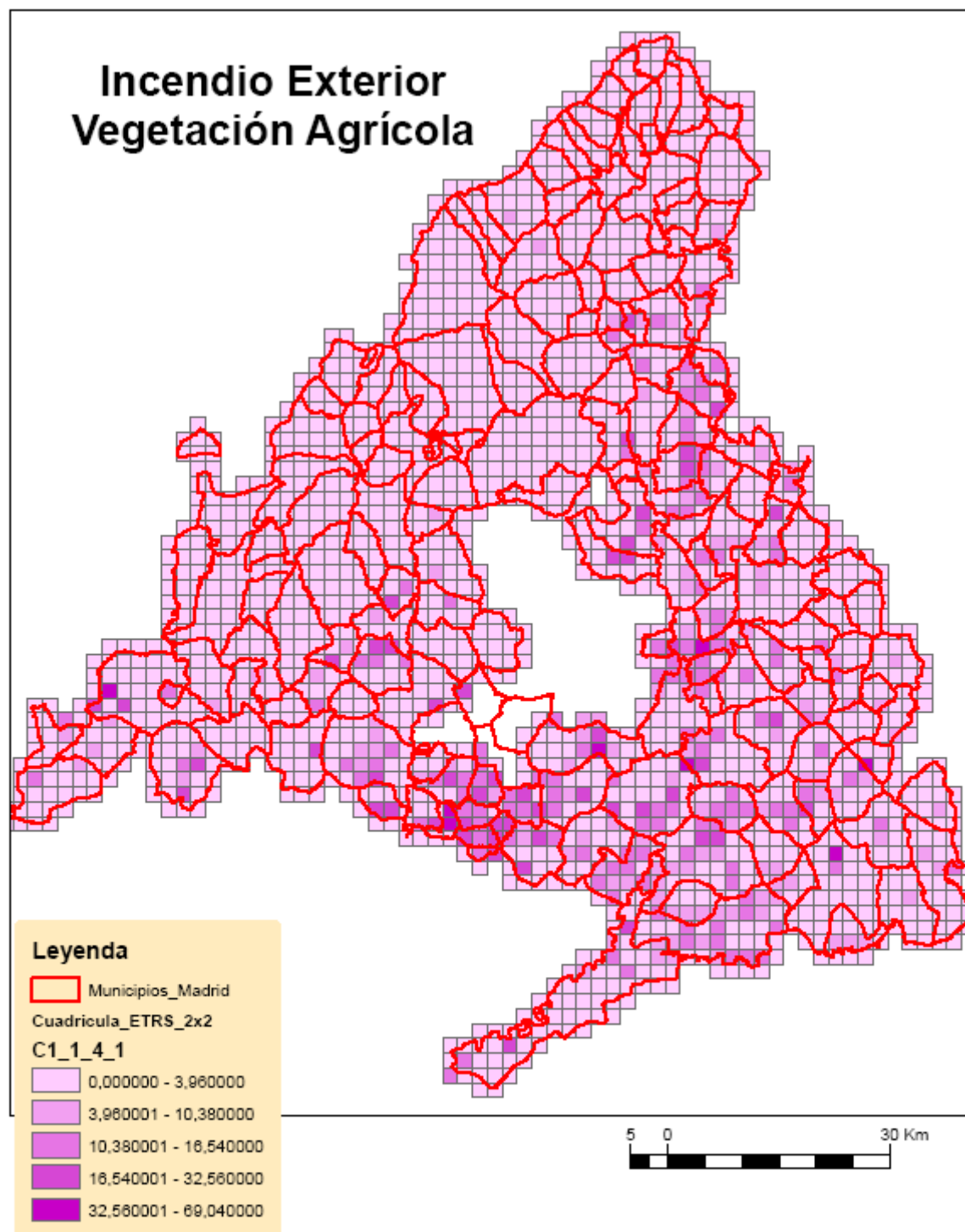


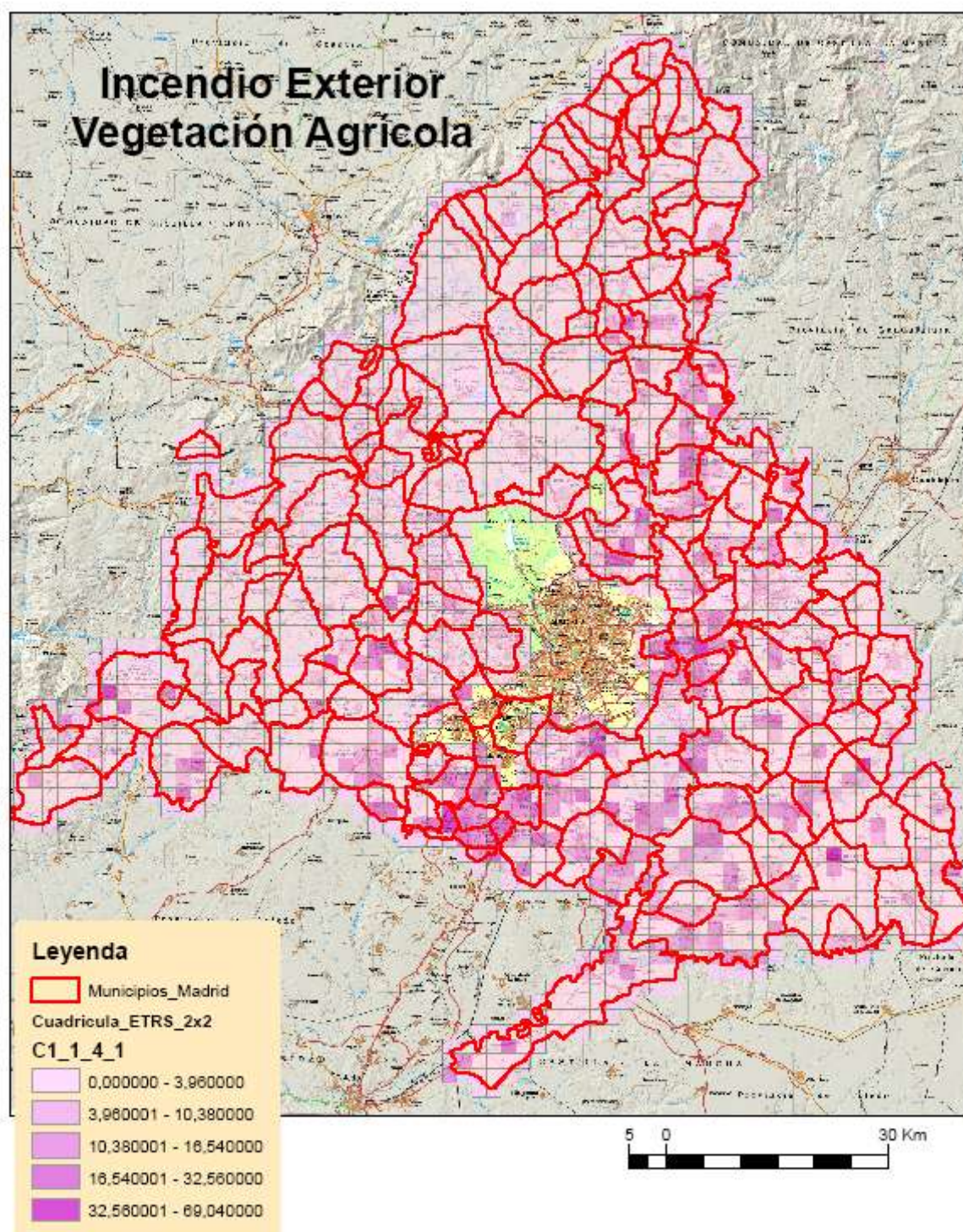


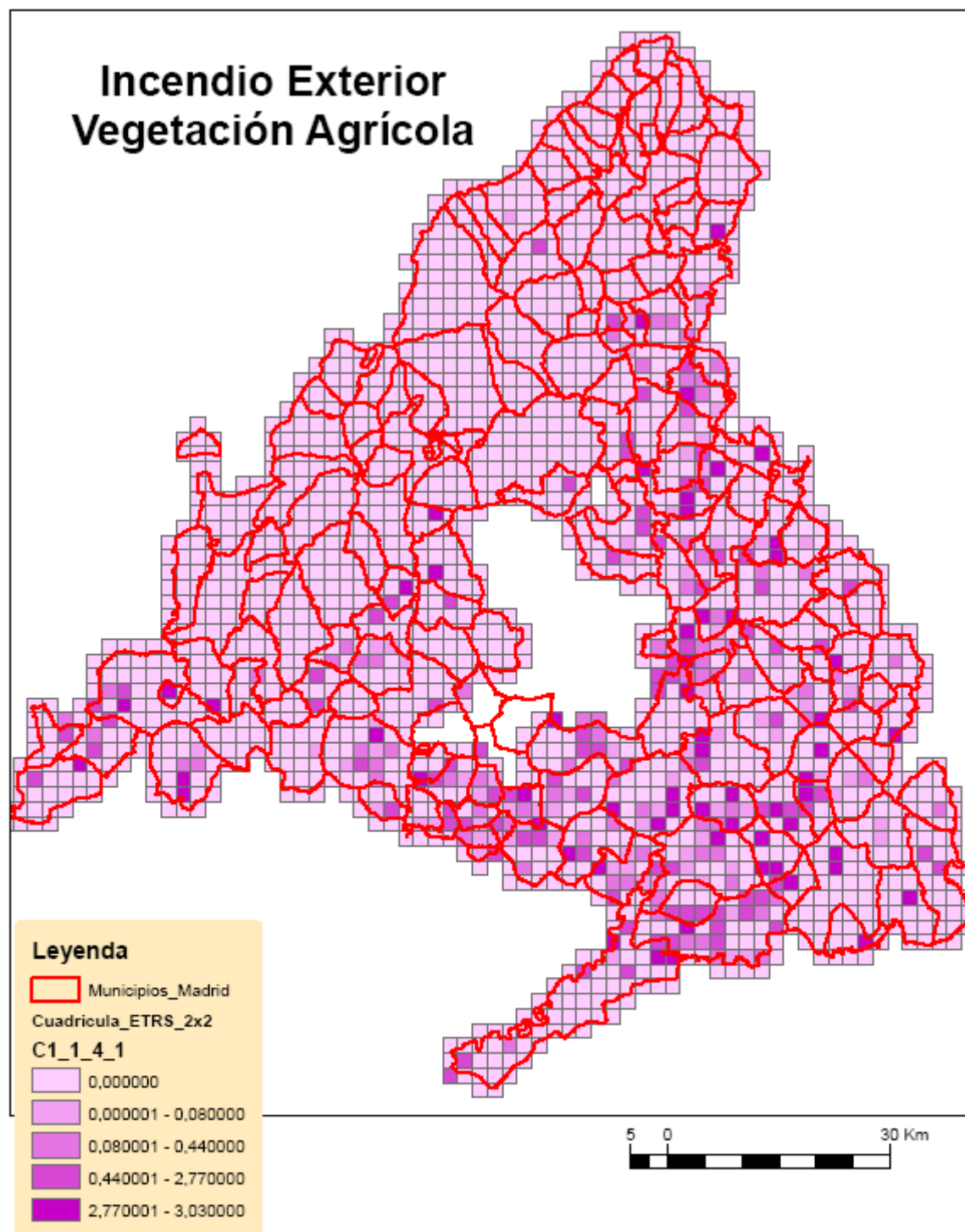


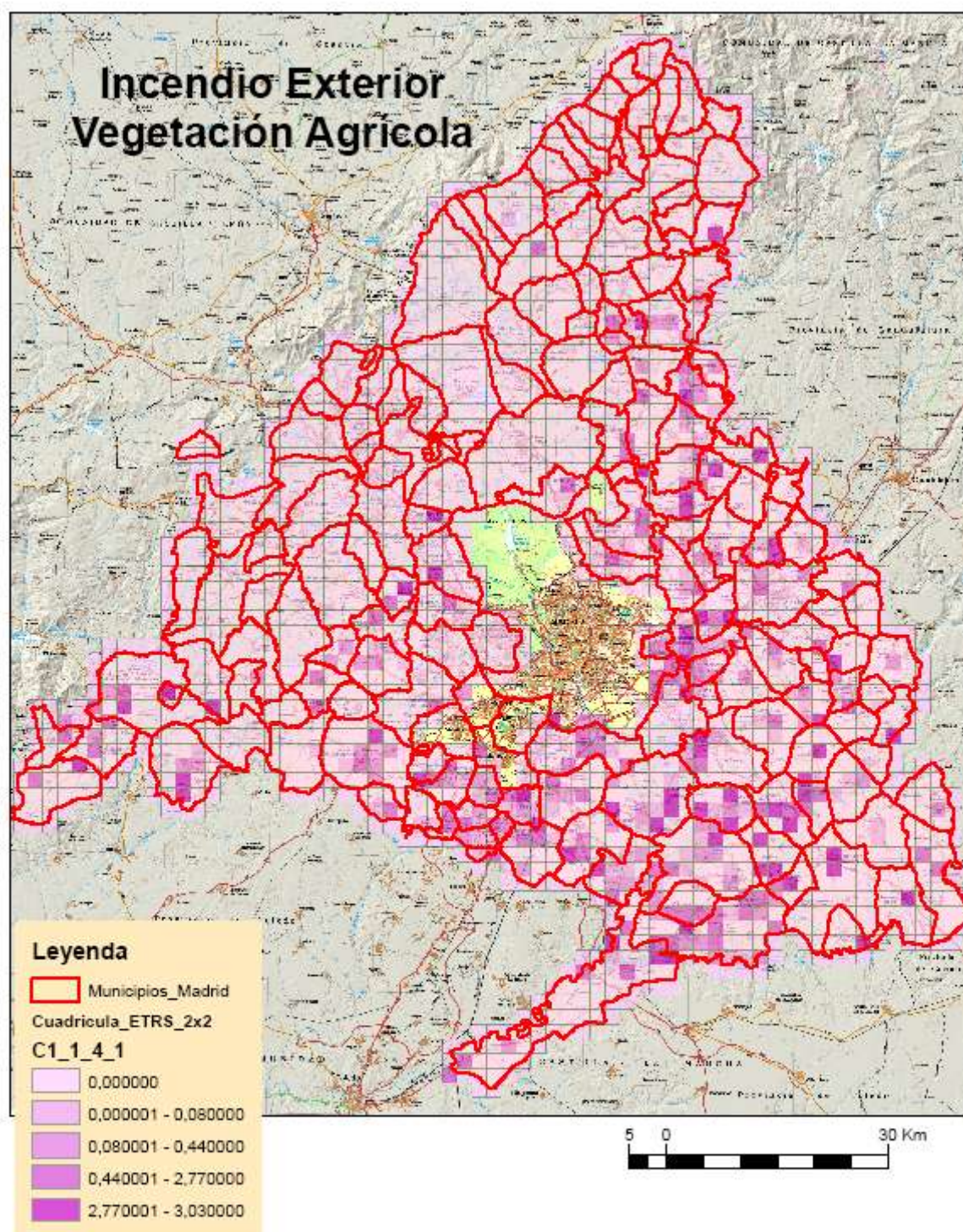


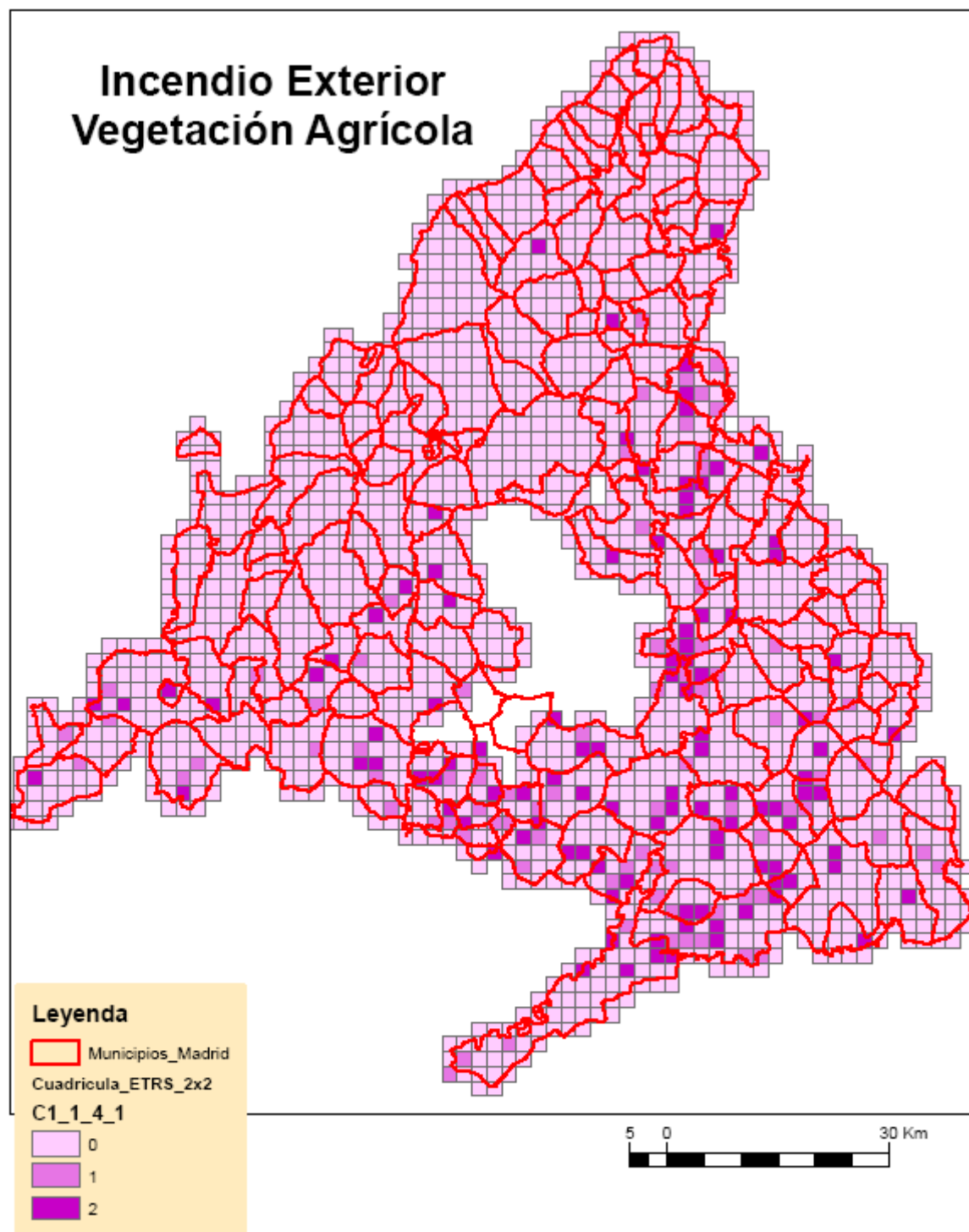


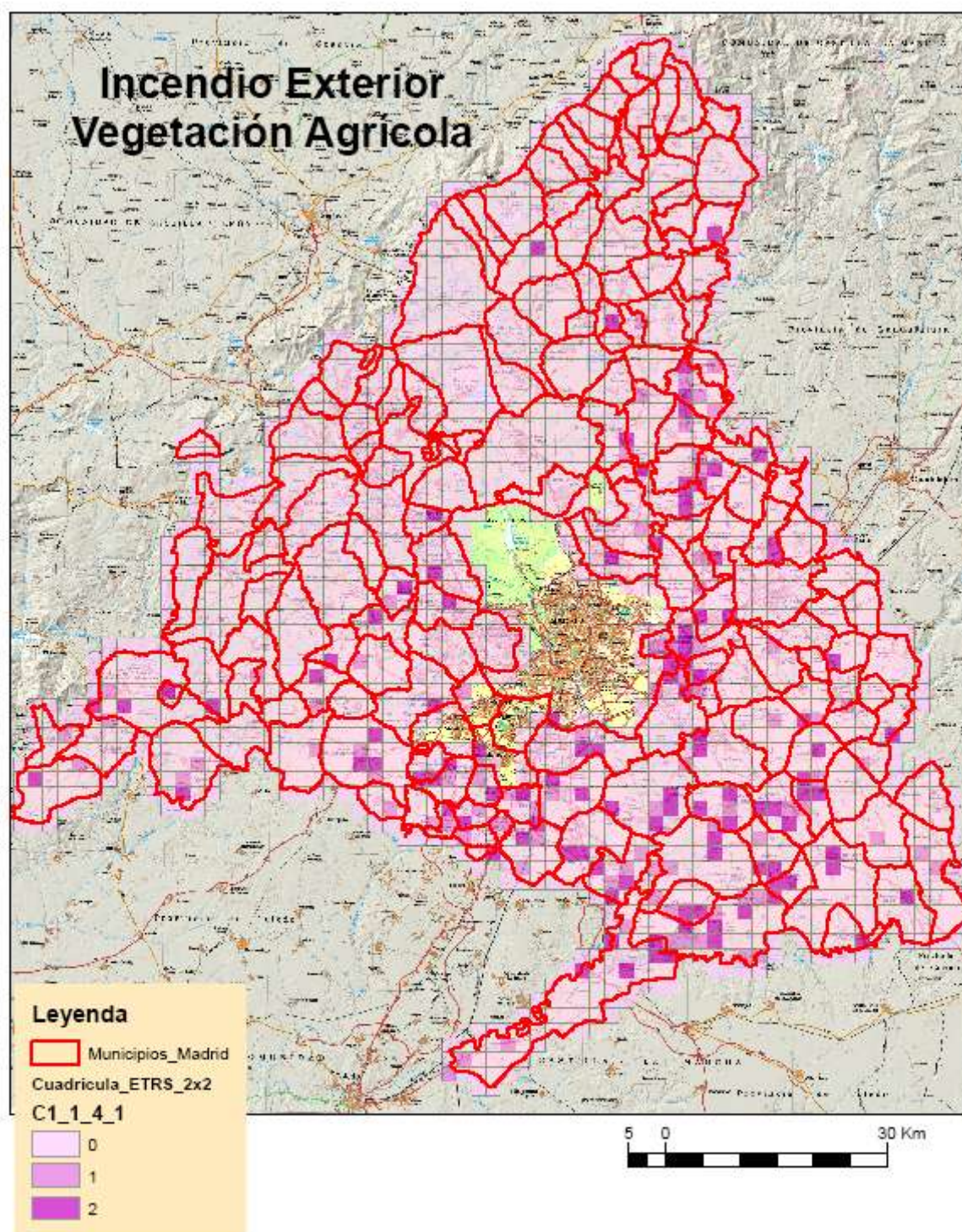




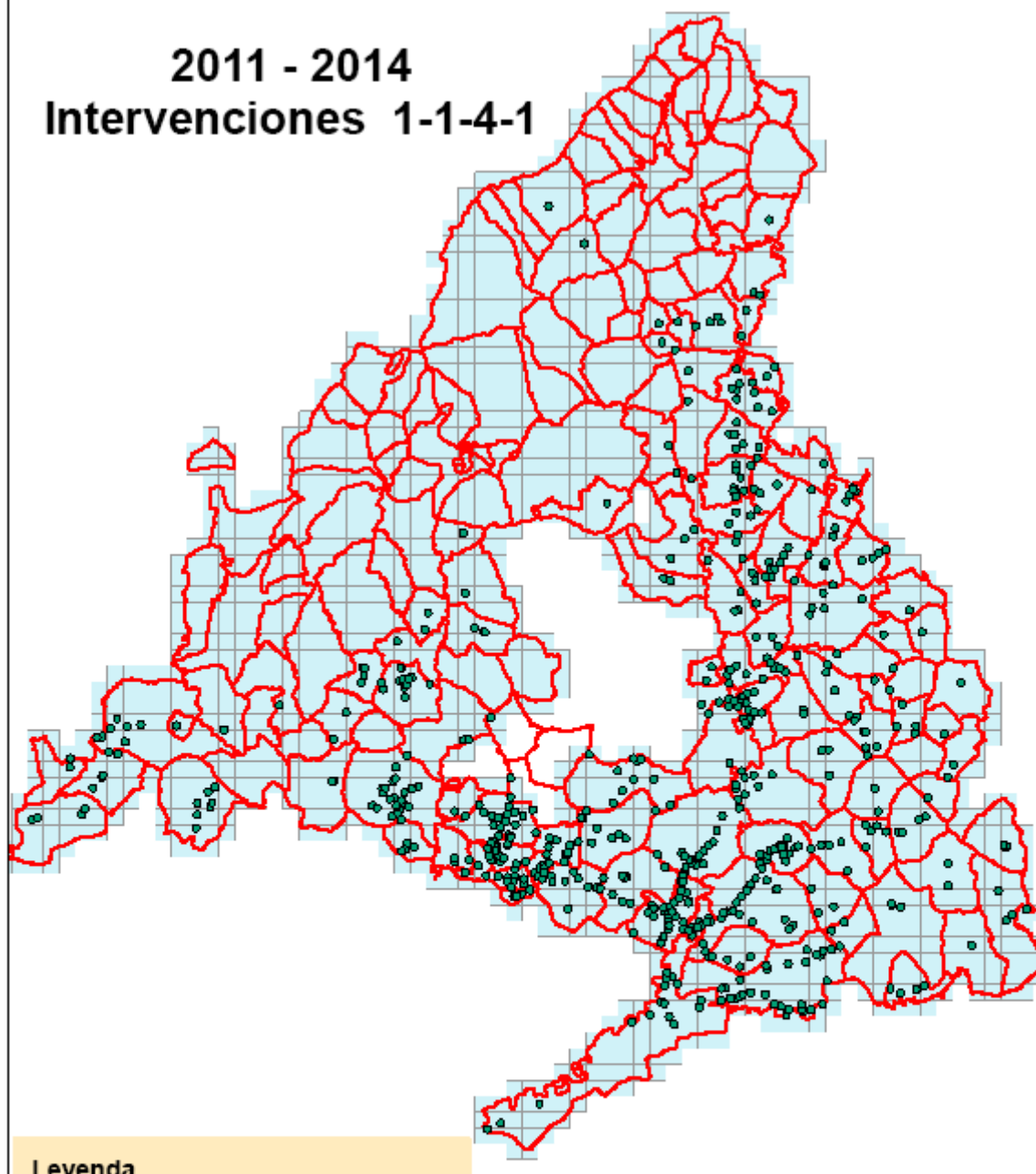








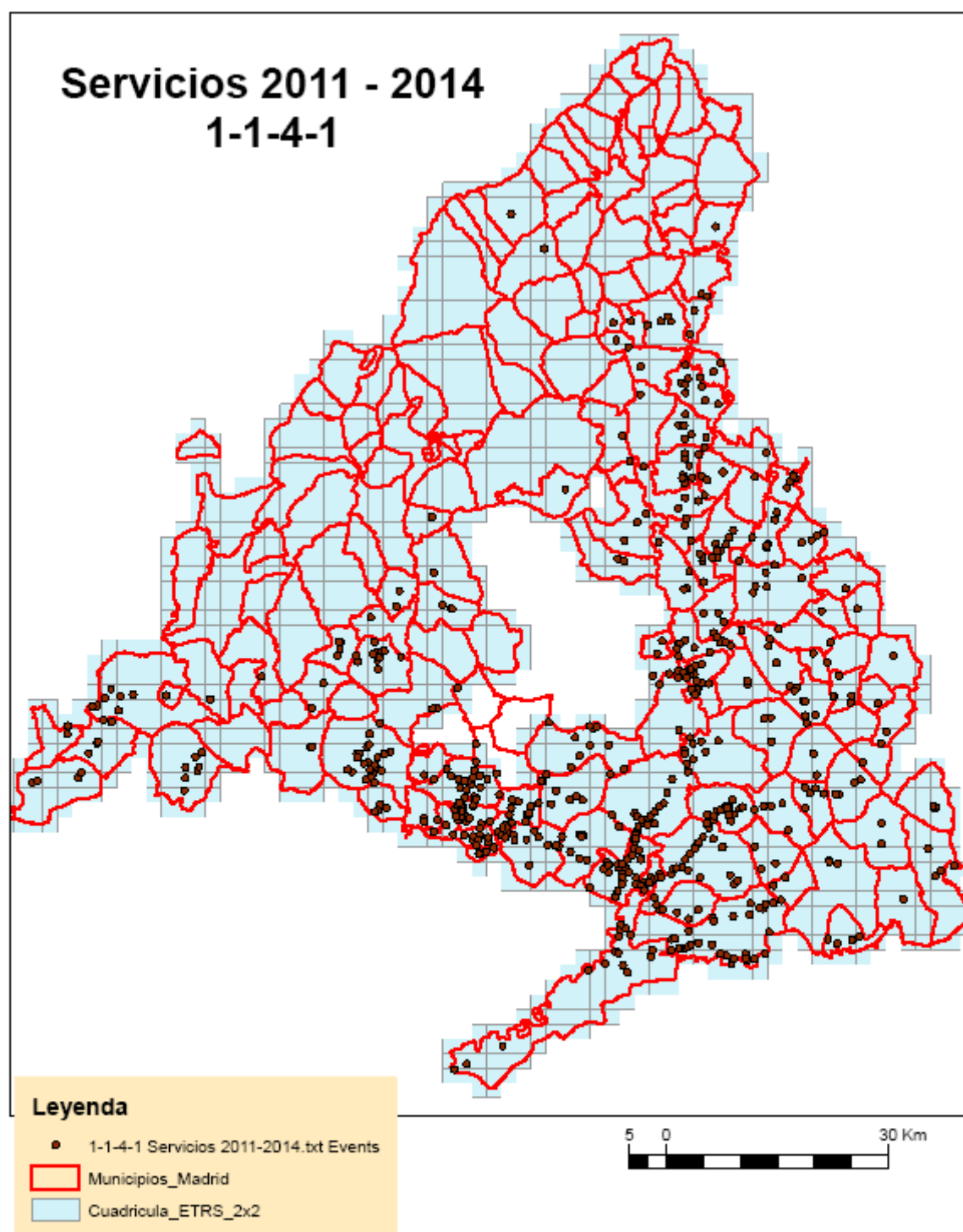
2011 - 2014 Intervenciones 1-1-4-1



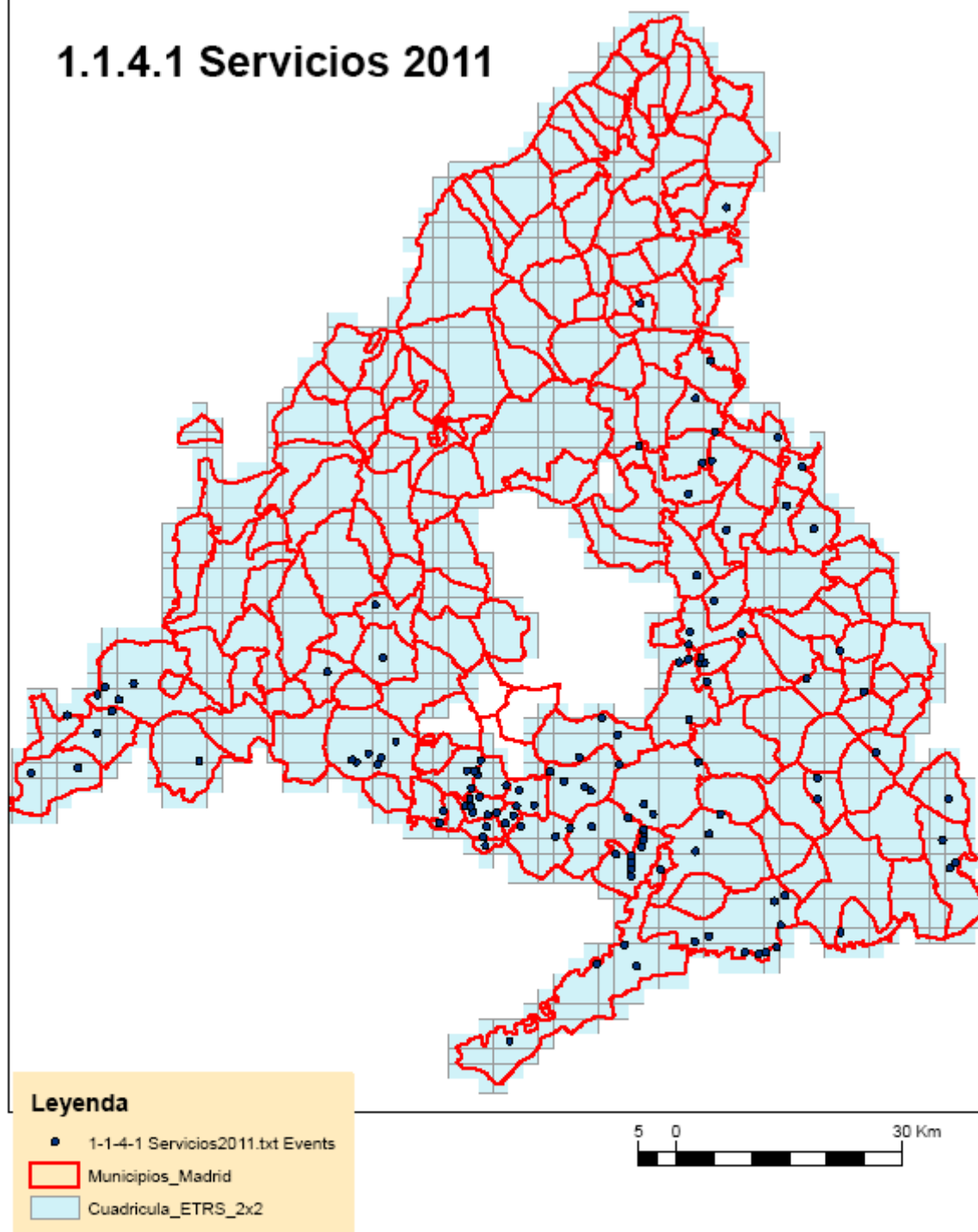
Leyenda

- 1-1-4-1 Intervenciones 2011-2014.txt Events
- ▭ Municipios_Madrid
- ▭ Cuadrícula_ETRS_2x2

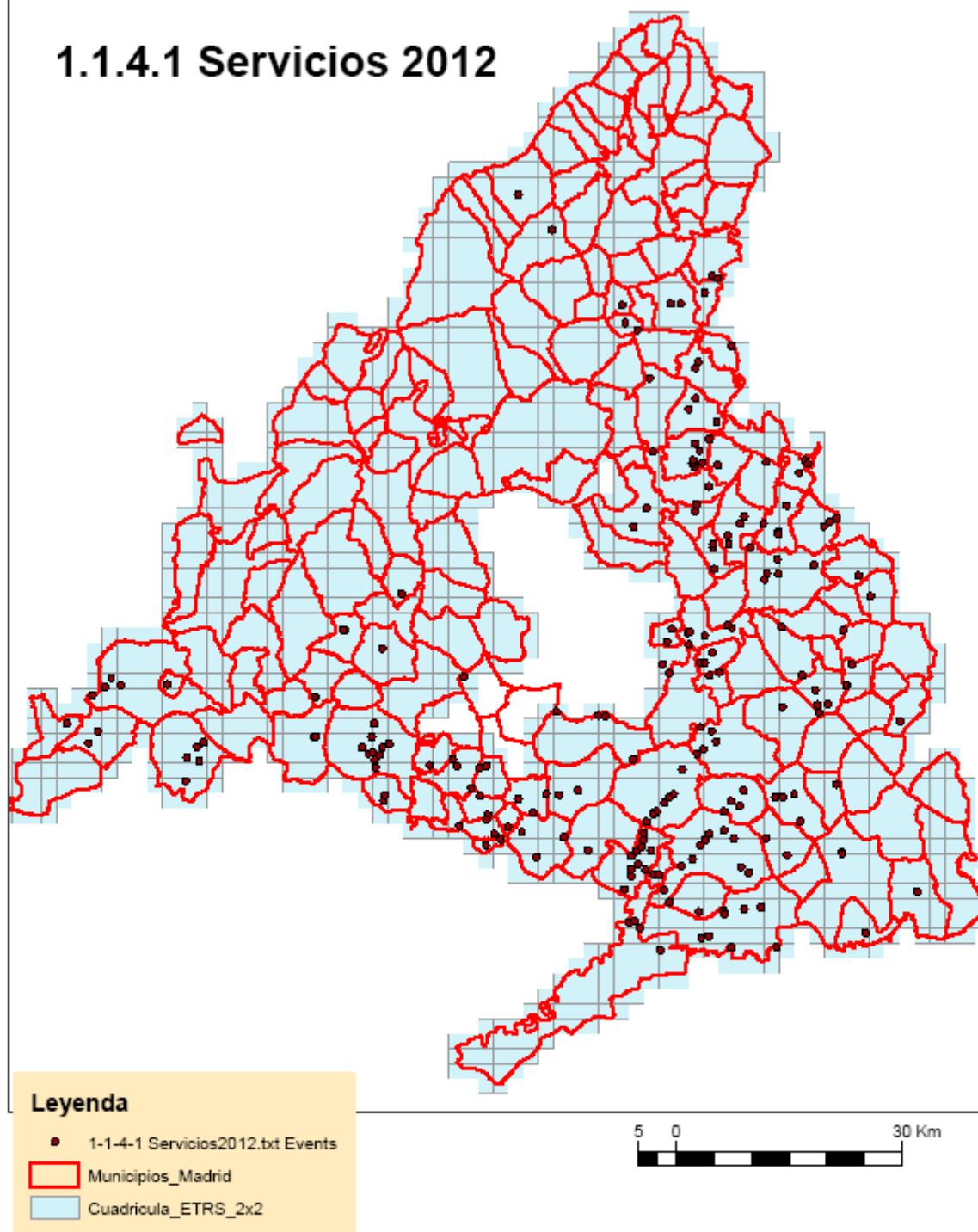
5 0 30 Km



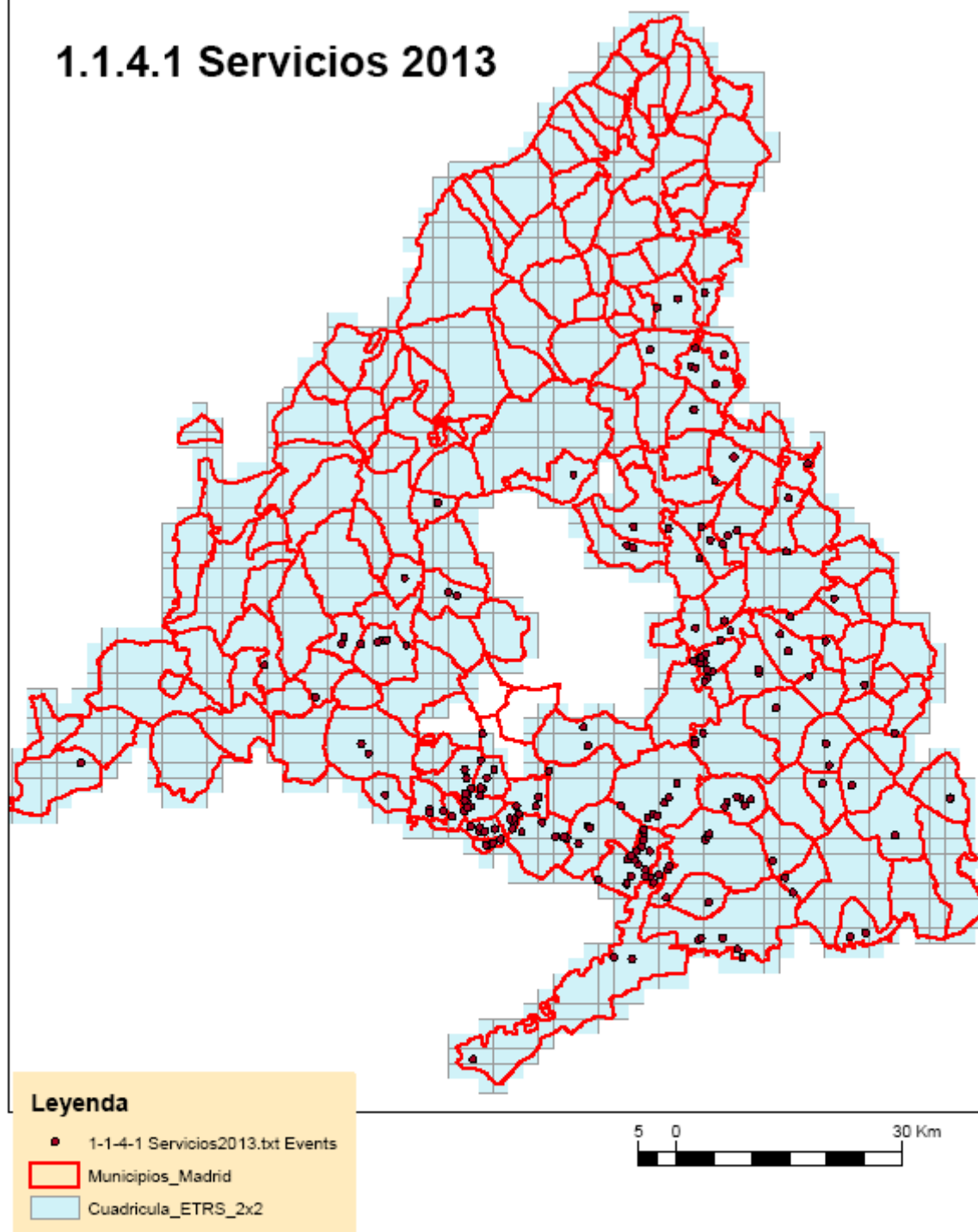
1.1.4.1 Servicios 2011



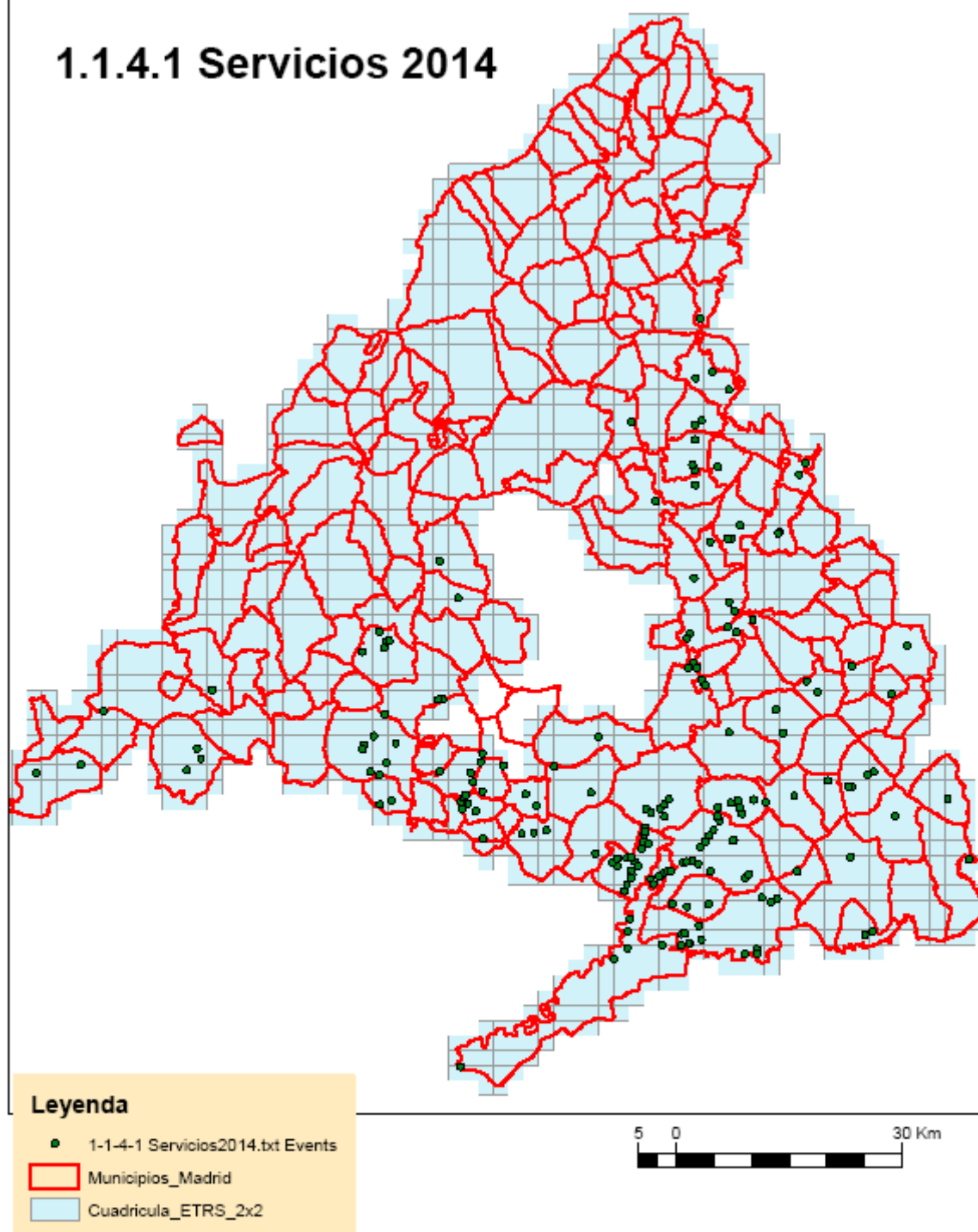
1.1.4.1 Servicios 2012



1.1.4.1 Servicios 2013



1.1.4.1 Servicios 2014



Anexo B

Publicaciones relativas a esta tesis

En el tiempo de desarrollo de esta tesis doctoral se ha obtenido la retroalimentación del trabajo en curso de la misma en distintos congresos y conferencias a los que el autor ha asistido y ha expuesto parte del trabajo desarrollado.

Estas conferencias y en su caso sus publicaciones derivadas han sido:

- Congreso Mundial sobre Incendios Forestales, Sevilla, 2007: "Índice de Respuesta Operativa del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid".
- Congreso Internacional de Seguridad contra Incendios (SCI 2009), Madrid, junio 2009: "Índice de Respuesta Operativa del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid".

Anexo C

Análisis de la Normativa legal aplicable en la Comunidad de Madrid.

D.1. Normativa estatal

D.2. Normativa autonómica

D.3. Normativa complementaria estatal

D.4. Normativa complementaria autonómica

D.5. Responsabilidades de los distintos organismos en materia de Protección Civil

D.6. Obligaciones y posibilidades de la población y autoridades del municipio en relación al plan de protección civil

D.1. NORMATIVA ESTATAL

NORMATIVA ESTATAL	CONTENIDO
Constitución Española de 27 de diciembre de 1978 (B.O.E. nº 311 de 29 de diciembre de 1978)	<p>Artº 15: obliga a los poderes públicos a garantizar el derecho a la vida y a la integridad física de las personas como primero y más importante de los derechos fundamentales.</p> <p>Artº 103: exigencias esenciales de eficacia y coordinación administrativas.</p> <p>Artº 30.4: establece que mediante Ley podrán regularse los deberes de los ciudadanos en los casos de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública.</p>
Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil (B.O.E nº 22, de 25 de enero) Sustituida por la Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil. Entrada en vigor el día 11 de enero de 2016	<p>Es la Norma esencial en materia de Protección Civil.</p> <p>En ella se fijan los principios básicos en materia de Protección Civil. Entre estos principios se señalan las responsabilidades de los diferentes organismos en materia de Protección Civil. En su Capítulo III señala la necesidad de elaborar Planes Territoriales de Protección Civil, cuya competencia a nivel municipal es de las Corporaciones Locales.</p>
Ley 7/1985, de 2 de abril, reguladora de las Bases del Régimen Local (B.O.E nº 80, de 3 de abril de 1985)	<p>El artículo 25 establece que los municipios ejercerán competencias en materia de Protección Civil, prevención y extinción de incendios, en los términos de la legislación del Estado y de las Comunidades Autónomas.</p> <p>En el artículo 26, apartado c) se señala que los municipios con población superior a 20.000 habitantes deberán prestar los servicios de Protección Civil y de Prevención y Extinción de Incendios.</p>
Orden de 29 de noviembre de 1984, del Mº del Interior por el que se aprueba el Manual de Autoprotección para el desarrollo del Plan de Emergencia contra Incendios y de Evacuación en Locales y Edificios	<p>Criterios orientadores para la elaboración de planes de emergencia con directrices básicas para la organización de la autoprotección.</p>
Ley Orgánica 2/1986, de 13 de marzo, de Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado (B.O.E nº 63, de 14 de marzo de 1986)	<p>Se establece que las Corporaciones Locales participarán en el mantenimiento de la seguridad pública, en los términos establecidos en la Ley reguladora de las Bases del Régimen Local y en el marco de esta Ley.</p> <p>El artículo 11 establece que “las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado tienen como misión proteger el libre ejercicio de los derechos y libertades, garantizar la seguridad ciudadana mediante el desempeño de las</p>

NORMATIVA ESTATAL	CONTENIDO
	<p>siguientes funciones:</p> <p>i) Colaborar con los Servicios de Protección Civil en los casos de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública, en los términos que se establezcan en la legislación de Protección Civil.</p>
Real Decreto 2568/1986, de 28 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Organización, Funcionamiento y Régimen Jurídico de las Entidades Locales (B.O.E nº 305, de 22 de diciembre de 1986)	En sus artículos 130 y 131 se establece que la constitución de la Comisión o Junta Local de Protección Civil, como Consejo Sectorial, requerirá el acuerdo plenario del Municipio.
Real Decreto 407/ 1992, de 24 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil (B.O.E nº 105, de 1 de mayo de 1992)	Contiene las directrices esenciales para la elaboración de los Planes de Emergencia, entre ellas, las directrices para la elaboración de los Planes Municipales a fin de que sean homologables
Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria (B.O.E. nº 176, de 23 de julio de 1992)	Desarrolla preceptos relativos a la seguridad y calidad industriales
Orden de 2 de abril de 1993, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros que aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales (B.O.E. nº 90, de 15 de abril de 1993)	Establece los criterios mínimos que habrán de seguir las distintas Administraciones Públicas para la confección de los Planes de Emergencia por Incendios Forestales, con el fin de prever un modelo nacional que facilite la coordinación de los servicios actuantes Igualmente por hace mención al traspaso de competencias en materia de conservación de la naturaleza
Resolución de 4 de julio de 1994, de la Secretaría de Estado de Interior, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros sobre Criterios de Asignación de Medios y Recursos de Titularidad Estatal a los Planes Territoriales de Protección Civil (B.O.E. nº 170, de 18 de julio, de 1994)	Establece los procedimientos para la asignación de medios y recursos de titularidad estatal a los planes territoriales de Protección Civil, determinando el órgano que llevará a cabo dicha asignación, así como las condiciones generales conforme a las cuales podrán quedar afectados a los planes, los medios y recursos.
Resolución de 31 de enero de 1995, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros, por el que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (B.O.E. nº 38, de 14 de febrero de 1995)	Establece los criterios en los que han de basarse los Planes Especiales ante el riesgo de inundaciones para ser homologados e implantados en cada uno de los diferentes ámbitos territoriales, entre ellos el municipal. Asimismo, recoge el Plan de Actuación Municipal

NORMATIVA ESTATAL	CONTENIDO
Resolución de 5 de mayo de 1995, de la Secretaría de Estado de Interior, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico (BOE de 25 de mayo de 1995). Modificado por Resolución de 17 de septiembre de 2004 (BOE de 2 de octubre de 2004)	Establece los criterios en los que han de basarse los Planes Especiales ante el riesgo sísmico para ser homologados e implantados en cada uno de los diferentes ámbitos territoriales, entre ellos el municipal.
Acuerdo del Consejo de Ministros de 31 de marzo de 1995, por el que se aprueba el Plan Estatal de Protección Civil para Emergencias por Incendios Forestales	Trata de asegurar una respuesta eficaz ante situaciones de emergencia por incendios forestales en las que esté presente el interés nacional, y garantizar el apoyo a los Planes de Comunidades Autónomas.
Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos (SAFEMA) (Plan Director aprobado el 1 de diciembre de 1996)	Su objetivo es la predicción y la vigilancia de los fenómenos meteorológicos adversos, entendiendo como tales todo evento atmosférico capaz de producir, directa o indirectamente, daños a las personas o daños materiales de consideración, así como cualquier fenómeno susceptible de alterar la actividad humana, de forma significativa, en un ámbito espacial determinado.
Real Decreto 1254/1999, del 16 de julio, por el que se aprueban las Medidas de Control de los Riesgos Inherentes a los Accidentes Graves en los que intervengan Sustancias Peligrosas (B.O.E. nº 172, de 20 de julio de 1999). Modificado por R.D. 119/2005, de 4 de febrero (B.O.E. nº 36 de 11 de febrero de 2005) y modificado por Real Decreto 948/2005, de 29 de julio (B.O.E. nº 181 de 30 de julio)	Norma cuyo objetivo es la prevención de accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, así como la limitación de sus consecuencias, con la finalidad de proteger a las personas, los bienes y el medio ambiente.
R.D. 1/2001 de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas	
Real Decreto 967/2002, de 20 de septiembre, que regula la composición y régimen de funcionamiento de la Comisión Nacional de Protección Civil (B.O.E. nº 236, de 2 de octubre de 2002)	Establece la composición y funcionamiento de la Comisión Nacional de Protección Civil, como prevé la Norma Básica de Protección Civil. Igualmente este Real Decreto prevé las competencias de la Comisión.
Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, por el que se aprueba la Directriz Básica de Protección Civil para el Control y Planificación ante el Riesgo de Accidentes Graves en los que intervengan	Tiene como objeto el establecimiento de los criterios mínimos que habrán de observar las distintas Administraciones Públicas y los titulares de los establecimientos para la prevención y control de los riesgos

NORMATIVA ESTATAL	CONTENIDO
Sustancias Peligrosas (B.O.E. nº 242, de 9 de octubre de 2003)	de accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. Deroga la Directriz Básica para la Elaboración y Homologación de los Planes Especiales del Sector Químico, aprobada mediante Resolución de 30 de enero.
Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido (B.O.E. nº 276, de 18 de noviembre de 2003)	Su objeto es la prevención, vigilancia y reducción de la contaminación acústica producida por emisores acústicos. Atribuye a los ayuntamientos competencias para aprobar ordenanzas sobre ruido
Resolución de 7 de junio de 2004, que hace pública la nueva relación de números telefónicos a utilizar para la notificación de accidentes y otros datos de interés en los transportes de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril (B.O.E. nº 152, de 24 de junio de 2004)	Indica los teléfonos que corresponden a los Centros de Coordinación Operativa que tienen dispuestos las Comunidades Autónomas o las Delegaciones o Subdelegaciones del Gobierno.
Orden del Mº del Interior 3716/2004 de 28 de octubre, por la que se publican las fichas de intervención para la actuación de los servicios operativos en iones de emergencia provocados por accidentes en el transporte de mercancías peligrosas por carretera ferrocarril (BOE 276, de noviembre de 2004)	Indica las medidas a adoptar por los servicios operativos (bomberos, sanitarios, etc.,) en caso de accidente con mercancías peligrosas
Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (B.O.E. nº 307 de 17 de diciembre de 2004)	Criterios generales respecto a medidas de seguridad de las industrias, fijando los criterios de las que deban disponer de sistemas de autoprotección y plan de emergencia para la prevención de riesgos, alarma, evacuación y socorro
Real Decreto 307/2005, de 18 de marzo, por el que se regulan las subvenciones en atención a determinadas necesidades derivadas de situaciones de emergencia o de naturaleza catastrófica, y se establece el procedimiento para su concesión.	Regula las subvenciones en atención a determinadas necesidades derivadas de situaciones de emergencia o de naturaleza catastrófica y se establece el procedimiento para su concesión.

D.2. NORMATIVA AUTONÓMICA

NORMATIVA AUTONÓMICA	CONTENIDO
Estatuto de Autonomía de la Comunidad de Madrid, aprobado por L.O. 3/1983, de 25 de febrero, modificado por L.O. 2/1991 de 13 de marzo, por L.O. 10/1994, de 24 de marzo y por L.O. 5/1998, de 7 de julio.	Norma institucional básica de la Comunidad de Madrid.
Decreto 9/1985, de 14 de febrero, por el que se regula la Coordinación de Servicios y Recursos de la Comunidad de Madrid en materia de Protección Civil y se crea la Junta de Recursos de Protección Civil de la Comunidad de Madrid (BOCM nº 44, de 21 de febrero de 1985)	<p>Su artículo 1º establece que en situaciones de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública, corresponde al Presidente de la Comunidad o por delegación, al Consejero responsable en materia de Protección Ciudadana, la dirección única en la organización de servicios y recursos de la CM en materia de Protección Civil, con independencia de su adscripción departamental.</p> <p>Corresponde al Consejero responsable en materia de Protección Civil o por delegación al Director General de Protección Ciudadana, la coordinación de las actuaciones de carácter preventivo y de rehabilitación de los bienes y servicios dependientes de la CM o relacionados con su competencia, de acuerdo con los Planes aprobados por el Consejo de Gobierno de la CM en materia de Protección Civil.</p>
Decreto 61/1989, de 4 de mayo, por el que se crea la Comisión de Protección Civil de la Comunidad de Madrid, se establece su composición y se determinan sus funciones y su régimen de funcionamiento (BOCM nº 115, de 16 de mayo de 1989)	Se establece la composición de la Comisión de Protección Civil, determinando sus funciones y su régimen de funcionamiento.
Decreto 40/1992, de 28 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de los Bomberos Voluntarios de la Comunidad de Madrid (BOCM nº 143, de 17 de junio de 1992)	Regula el desempeño de la actividad de bombero voluntario dentro de la Comunidad de Madrid
Ley 4/1992, de 8 de julio, de Coordinación de Policías Locales de la Comunidad de Madrid (BOCM nº 172, de 21 de julio de 1992)	<p>El objeto de esta Ley es la coordinación de la actuación de las Policías Locales en el ámbito territorial de la CM, estableciendo sus funciones y principios básicos de actuación.</p> <p>El artículo 10.7 establece como función de los Cuerpos de Policía Local “prestar auxilio en los casos de accidentes, catástrofes o calamidad pública participando, en la forma prevista en las Leyes, en la ejecución de los planes de Protección Civil”.</p> <p>Igualmente se señala que “los Cuerpos de Policía Local podrán actuar fuera del ámbito territorial de su municipio siempre que sean requeridos por la autoridad competente y siempre en</p>

NORMATIVA AUTONÓMICA	CONTENIDO
	situaciones de emergencia”
Decreto 85/1992, de 17 de diciembre, por el que se aprueba el Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad de Madrid (PLATERCAM) (BOCM, nº 12, de 15 de enero de 1993)	El PLATERCAM materializa la previsión del marco orgánico-funcional y de los mecanismos que permiten la movilización de los recursos humanos y materiales necesarios para la protección de personas y bienes en caso de grave riesgo colectivo, catástrofe o calamidad pública, así como el esquema de coordinación entre las distintas Administraciones Públicas llamadas a intervenir. A partir de su configuración como Plan Director, fija el marco organizativo general en relación con su correspondiente ámbito territorial, de manera que permite la integración de los Planes Territoriales de ámbito inferior al definir los elementos esenciales y permanentes del proceso de planificación y establecer directrices para la planificación local.
Decreto 112/1993, de 28 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento Marco de Organización de las Policías Locales de la Comunidad de Madrid (BOCM nº 280, de 25 de noviembre de 1993)	Dicta las Normas Marco a las que habrán de ajustar su contenido los reglamentos de organización y funcionamiento de los Cuerpos de Policía Local en el ámbito de la Comunidad de Madrid.
Ley 3/1994, de 19 de mayo, de Voluntariado Social en la Comunidad de Madrid (BOCM nº 121, de 24 de mayo de 1994)	Regula la ordenación y promoción del voluntariado social que se ejerza en el ámbito territorial de la CM, y la regulación de las relaciones que se entablen entre las Administraciones Públicas, las organizaciones que desarrollen actividades de aquella naturaleza y los voluntarios sociales.
Ley 14/1994, de 28 de diciembre, por la que se regulan los Servicios de Prevención y Extinción de Incendios y Salvamentos de la Comunidad de Madrid (BOCM nº 9, de 11 de enero de 1995), modificada por Ley 19/1999, de 29 de abril (BOCM nº 117, de 19 de mayo de 1999)	El artículo 1º establece que es objeto de la presente Ley regular la actividad de la CM en materia de prevención y extinción de incendios y salvamentos, así como la organización funcional, financiación y régimen estatutario del personal de los Servicios de Extinción de Incendios y Salvamentos de la CM.
Ley 16/1995, de 4 de mayo, Forestal y de Protección de la Naturaleza de la Comunidad de Madrid (BOCM nº 127, de 30 de mayo de 1995)	Ley de protección forestal y de la naturaleza
Decreto 168/1996, de 15 de noviembre, por el que se regula la prestación del servicio público de atención de urgencias a través de un número telefónico único (BOCM nº 275 de 18 de noviembre de 1996)	<p>El Decreto establece la prestación de un servicio público que recoja y trate las llamadas de urgencias realizadas por los ciudadanos en el ámbito geográfico de la CM.</p> <p>Este servicio se prestará a través del número telefónico 112.</p>

NORMATIVA AUTONÓMICA	CONTENIDO
Orden 1647/1996 de 29 de noviembre, por la que aprueba el Plan de Protección Civil ante Inclemencias Invernales en la Comunidad de Madrid (BOCM nº 301, de 19 de diciembre de 1996), modificado por la Orden 1624/2000, de 18 de abril (BOCM nº 104, de 3 de mayo de 2000)	Tiene por objeto coordinar las actuaciones y los medios necesarios para el control de las emergencias por grandes nevadas o temperaturas mínimas extremas.
Plan de Actuación en caso de Inundaciones de la Comunidad de Madrid, aprobado por la Comisión de Protección Civil de la Comunidad de Madrid el 25 de abril de 1997.	Recoge los puntos potencialmente inundables en caso de lluvias intensas y/o desembalses de presas, por cuencas fluviales. Hace una relación de los elementos vulnerables dentro de cada municipio.
Ley 17/1997 , de 4 de julio, de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas de la Comunidad de Madrid (BOCM nº 159, de 7 de julio de 1997)	Regula todo lo referente a las normas que deben de cumplir los locales de espectáculos públicos y actividades recreativas, para que se les otorguen las licencias de apertura. Fija las competencias para la expedición de dichas licencias y regula las sanciones a imponer ante las infracciones cometidas.
Ley 25/1997, de 26 de diciembre, que regula el servicio de atención de urgencias 112 (BOCM nº 309, de 30 de diciembre de 1997)	Tiene por objeto la regulación del servicio de atención de llamadas de urgencia a través del número telefónico único 112 en el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid.
Decreto 125/1998, de 2 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Organización y Funcionamiento del Voluntariado Municipal de Protección Civil (BOCM nº 165 de 14 de julio de 1998)	El objeto de este Reglamento es regular la organización y funcionamiento de las Agrupaciones de Voluntarios de Protección Civil en la CM así como fijar los requisitos para adquirir la condición de Voluntario de Protección Civil.
Ley 4/2000, de 8 de mayo, reguladora de las escalas y funciones del personal de emergencias sanitarias de la Comunidad de Madrid	Modificaciones de la Ley 14/1994 de 28 de diciembre
Decreto 58/2009, de 4 de junio, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad de Madrid (INFOMA).	Plan de Protección Civil ante los incendios forestales que afecten al ámbito de la Comunidad de Madrid. Se citan aquellos municipios del territorio de la CM con peligro por incendios forestales. Se hace una previsión de la respuesta que se debe dar ante la ocurrencia de un siniestro de este tipo
Decreto Legislativo 1/2006, de 28 de	Texto refundido

NORMATIVA AUTONÓMICA	CONTENIDO
septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley por la que se regulan los Servicios de Prevención, Extinción de Incendios y Salvamentos de la Comunidad de Madrid.	

D.3. NORMATIVA COMPLEMENTARIA ESTATAL

NORMATIVA COMPLEMENTARIA ESTATAL

- Texto Refundido de las disposiciones legales en materia de Régimen Local, aprobado por R. D. Legislativo de 18 de abril de 1986.
- Plan Básico de Emergencia Nuclear (PLABEN) aprobado por Real Decreto 1546/2004. (B.O.E de 14 de julio de 2004)
- Ley 4/1989, de 27 de marzo de Conservación de Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres. Modificada por Ley 40/1997, de 5 de noviembre y Ley 41/1997 de 5 de noviembre de Conservación de Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres.
- Ley Orgánica 1/1992, de 21 de enero, de Seguridad Ciudadana. (B.O.E. nº 285 de 27 de noviembre de 1992)
- Ley 30/1992, de 26 de noviembre de Régimen Jurídico y Procedimiento Administrativo Común. (B.O.E. nº 285, de 27 de noviembre de 1992)
- Resolución de 4 de julio de 1994, de la Secretaría de Estado de Interior, sobre criterios de asignación de medios y recursos de titularidad estatal a los planes territoriales. (B.O.E. nº 170 de 18 de julio de 1994)
- Resolución de 30 de diciembre de 1994, relativa a la relación de Planes Territoriales y Especiales homologados por la Comisión Nacional de Protección Civil.
- Orden Interior/1200/2006, de 6 de abril, que desarrolla el Real Decreto 307/2005, de 18 de marzo de 2005 que regula las subvenciones en atención a determinadas necesidades de situaciones de emergencia o de naturaleza catastrófica. (B.O.E. nº 99, de 26 de abril de 1996)
- Ley 6/1996, de 15 de enero, del Voluntariado (B.O.E. nº 15, de 17 de enero de 1996).
- Resolución de 21 de febrero de 1996, de la Secretaría de Estado de Interior disponiendo la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo volcánico.
- Real Decreto 967/2002, de 20 de septiembre por el que se modifica el Real Decreto 888/1986, de 21 de marzo, sobre composición, organización y régimen de funcionamiento de la Comisión Nacional de Protección Civil. (B.O.E. nº 236, de 2 de octubre de 2002)
- Real Decreto 903/1997, de 16 de junio, por el que se regula el acceso mediante redes de telecomunicaciones al servicio de atención de llamadas de urgencia a través del número de teléfono 112. (B.O.E. nº 153, de 27 de junio de 1997)
- Real Decreto 835/2003, de 27 de junio, por el que se regula la cooperación económica del Estado a las inversiones de las Entidades Locales.
- Ley 25/1997, de 26 de diciembre, de Regulación del Servicio de Atención de Urgencias 1-1-2. (B.O.E. 151 25 de junio de 1998)
- Real Decreto 551/2006, de 5 de mayo de Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera.(B.O.E 113 de 12 de mayo de 2006)
- Real Decreto 412/2001, de 20 de abril por el que se extiende la aplicación de las normas del Reglamento relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID) al transporte interno.
- Resolución de 30 de diciembre de 1998, por la que se ordena la publicación del Convenio de colaboración suscrito entre el Ministerio del Interior, el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales y el Ministerio de Administraciones Públicas, en materia de formación y empleo para tareas de protección civil. (B.O.E. mº 14, de 16 de enero de 1999).

- Orden de 16 de julio de 1999, por la que se modifican los Anexos I y V, del Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo. (B.O.E. nº 178, de 27 de julio de 1999)
- Orden Interior 3716/2004 de 28 de octubre, por la que se publican las fichas de intervención para la actuación de los servicios operativos en situaciones de emergencia provocadas por accidentes en el transporte de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril.(B.O.E nº 276 de 16 de noviembre)
- Resolución de 20 de octubre de 1999, por la que se aprueba el Acuerdo relativo a la información del público sobre medidas de protección sanitaria aplicables y sobre el comportamiento a seguir en caso de emergencia radiológica.

D.4. NORMATIVA COMPLEMENTARIA AUTONÓMICA

NORMATIVA COMPLEMENTARIA AUTONÓMICA

- Real Decreto 3351/1983, de 20 de julio, sobre traspaso de funciones y servicios de la Administración del Estado a la Comunidad Autónoma de Madrid en materia de Administración Local (B.O.E. de 27 de enero de 1984).
- Ley 1/1983 de 13 de diciembre, de Gobierno y Administración de la Comunidad de Madrid (B.O.C.M. de 20 de diciembre de 1983), modificada sucesivamente por la Ley 167/1984, Ley 6/1989, Ley 9/1990, Ley 7/1993, Ley 18/1995 y Ley 28/1997.
- Real Decreto 1703/1984, de 1 de agosto, sobre traspaso de funciones y servicios del Estado a la Comunidad Autónoma de Madrid en materia de Protección a la Naturaleza.
- Decreto 9/1985, de 14 de febrero, por el que se regula la Coordinación de Servicios y Recursos de la Comunidad de Madrid en materia de Protección Civil y se crea la Junta de Recursos de Protección Civil de la Comunidad de Madrid (B.O.C.M. de 21 de febrero de 1985).
- Ley 9/1986, de 20 de noviembre, por la que se crea el Patronato Madrileño de Áreas de Montaña (PAMAM) (B.O.C.M. de 29 de noviembre de 1986).
- Orden 5130/2000 de 25 de octubre de la Consejería de Medio Ambiente, sobre uniformidad del personal de vigilancia y protección de edificios e instalaciones de la Comunidad de Madrid (B.O.C.M. de 19 de diciembre de 1987).
- Ley 7/1990, de 28 de junio, de Protección de Embalses y Zonas Húmedas de la Comunidad de Madrid (B.O.C.M. de 11 de julio de 1990).
- Ley 2/1991, de 14 de febrero, para la Protección y Regulación de la Flora y Fauna Silvestres en la Comunidad de Madrid (B.O.C.M. de 5 de marzo de 1991).
- Decreto 62/1992, de 24 de septiembre, por el que se crea la Medalla al Mérito Ciudadano de la Comunidad de Madrid (B.O.C.M. de 25 de septiembre de 1992) y Orden 1830/1992, de 24 de septiembre, por la que se desarrolla el Decreto anterior (B.O.C.M. de 1 de octubre de 1992).
- Ley 10/1993, de 26 de octubre, sobre Vertidos Líquidos Industriales al Sistema Integral de Saneamiento (B.O.C.M. de 12 de noviembre de 1993).
- Ley 3/1994, de 19 de mayo, del Voluntariado Social en la Comunidad de Madrid (B.O.C.M. de 24 de mayo de 1994).
- Ley 16/1995, de 4 de mayo, Forestal y de Protección a la Naturaleza en la Comunidad de Madrid (B.O.C.M. de 30 de mayo de 1995).
- Decreto 42/1996, de 28 de marzo, por el que se establece la adscripción y composición del Consejo del Fuego de la Comunidad de Madrid y se regula su funcionamiento.
- Decreto 168/1996, de 15 de noviembre, por el que se regula la prestación del servicio público de atención de urgencias a través de un número telefónico único (B.O.C.M. nº 275 de 18 de noviembre de 1996).
- Ley 17/1997, de 4 de julio, de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas de la Comunidad de Madrid (B.O.C.M. de 7 de julio de 1997).
- Decreto 47/1998, de 26 de marzo, por el que se asignan competencias en relación con el R. D. 886/1988, de 15 de julio, modificado por el R. D. 952/1990, de 29 de junio, sobre Prevención de Accidentes Mayores en determinadas actividades industriales (B.O.C.M. de 2 de abril de 1998).

- Decreto 125/1998, de 2 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Organización y Funcionamiento del Voluntariado Municipal de Protección Civil (B.O.C.M. de 14 de julio de 1998).
- Ley 19/1999, de 29 de abril, de modificación de la Ley 14/1994, de 28 de diciembre, por la que se regulan los Servicios de Prevención, Extinción de Incendios y Salvamentos de la Comunidad de Madrid (B.O.C.M. de 19 de mayo de 1999).
- Resolución de 6 de mayo de 1999, de la Academia Regional de Estudios de Seguridad, por la que se establecen las pruebas de aptitud física y psicotécnica para comprobar la idoneidad de los aspirantes voluntarios de Protección Civil, establecidas en el Decreto 125/1998, de 2 de julio (B.O.C.M. nº 115 de 7 de mayo de 1999).
- Decreto 78/1999, por el que se regula el régimen de Protección contra la Contaminación Acústica de la Comunidad de Madrid (B.O.C.M. de 8 de junio de 1999).
- Decreto 279/1999, de 9 de septiembre, por el que se crea, el Fichero automatizado de datos de carácter personal de Agrupaciones Municipales de Voluntarios de Protección Civil (B.O.C.M. nº 230, de 28 de septiembre de 1999).
- Decreto 327/1999, de 18 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento para adoptar la acreditación personal de los servicios de vigilancia, seguridad, protección y lucha contra incendios de las empresas públicas y privadas de la Comunidad de Madrid.
- Decreto 109/2000, de 1 de junio por el que se crea la Oficina Regional de Control de Organismos Modificados Genéticamente y la Comisión Regional de Bioseguridad.
- Ley 15/2000, de 21 de diciembre, por el que se crea el Instituto Superior de Estudios de Seguridad de la Comunidad de Madrid (ISES) (B.O.C.M. de 27 de diciembre de 2000).
- Ley 12/2001, de 21 de diciembre, de Ordenación Sanitaria de la Comunidad de Madrid.
- Orden 439/2002, de 12 de marzo, del Consejero de Justicia e Interior, por la que se aprueba el procedimiento y los criterios para la homologación de cursos impartidos por Centros Municipales de Formación de Policías Locales.
- Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación Ambiental.

D.5. RESPONSABILIDADES DE LOS DISTINTOS ORGANISMOS EN MATERIA DE PROTECCIÓN CIVIL

ORGANISMOS	LEGISLACIÓN	RESPONSABILIDADES
<p>COMISIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL:</p> <p><u>Composición:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Presidente: Ministro del Interior. • Vicepresidente: Subsecretario del Mº del Interior. • Vocales: <ul style="list-style-type: none"> - Representantes de cada uno de los Departamentos ministeriales siguientes: Economía, Ciencia y Tecnología; Fomento; Educación, Cultura y Deporte; Trabajo y Asuntos Sociales; Agricultura, Pesca y Alimentación; Administraciones Públicas; Sanidad y Consumo; Hacienda y Presidencia - Un vocal en representación de la Secretaría General de la Presidencia del Gobierno - Dos vocales en representación del Mº de Defensa - Dos vocales en representación del Mº de Medio Ambiente - Cuatro en representación del Consejo de Seguridad Nuclear - Un vocal en representación de cada una de las Comunidades Autónomas y de las ciudades de Ceuta y Melilla. - Exclusivamente a efectos de funcionamiento como Comité Español de la Estrategia Internacional para la reducción de Desastres, se integrará en el Pleno de la Comisión, como vocal, un representante del Mº de Asuntos Exteriores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Artº 17 de la Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil. • R.D. 888/1986, de 21 de marzo, sobre composición, organización y régimen de funcionamiento de la Comisión Nacional de Protección Civil • Real Decreto 967/2002, de 20 de septiembre por el que se regula la composición y régimen de funcionamiento de la Comisión Nacional de Protección Civil 	<ul style="list-style-type: none"> a) Informar las normas técnicas que se dicten en el ámbito nacional en materia de protección civil. b) Elaborar los criterios necesarios para establecer el Catálogo Nacional de Recursos Movilizables en casos de emergencia, sean públicos o privados. c) Participar en la coordinación de las acciones de los órganos relacionados con la protección civil. d) Informar las disposiciones y normas reglamentarias que, por afectar a la seguridad de las personas y bienes, tengan relación con la protección civil. e) Proponer la normalización y homologación de las técnicas y medios que puedan utilizarse para los fines de la protección civil. f) Homologar los planes de protección civil cuya competencia tenga atribuida. g) Cualesquiera otras que le vengan legalmente encomendadas.

<p>- Como secretario actuará el Director General de Protección Civil.</p>		
<p>COMISIÓN AUTONÓMICA DE PROTECCIÓN CIVIL DE LA COMUNIDAD DE MADRID:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Constituye el órgano de participación, coordinación e integración de la Administración pública de Madrid en materia de Protección Civil, en el marco de las normas básicas aplicables. • <u>Composición:</u> <ol style="list-style-type: none"> a) Presidente: el Consejero responsable en materia de Protección Civil en la Comunidad de Madrid. b) Vicepresidente Primero: el Director General de Protección Ciudadana de la Comunidad de Madrid. c) Vicepresidente Segundo: un Concejal del excelentísimo Ayuntamiento de Madrid, designado por el Pleno de la Corporación. d) Cinco representantes de la Administración del Estado, designados por el Delegado del Gobierno en la Comunidad de Madrid. e) Tres representantes de la Comunidad de Madrid, designados por el Consejero responsable de la materia de Protección Civil de la misma, recayendo dichos cargos, según la Orden 3052/2000, de 24 de julio, en el Director General de Carreteras, Director General de Salud Pública y en el Inspector del área de Prevención del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid. f) Cuatro representantes de los municipios de la región, designados por la Federación Madrileña de Municipios, con criterios territoriales de diferenciación de los radicados en 	<ul style="list-style-type: none"> • Artº. 18 de la Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil. • Decreto 61/89, de 4 de mayo, por el que se crea la Comisión de Protección Civil de la COMUNIDAD DE MADRID, se establece su composición y se determinan sus funciones y régimen de funcionamiento. 	<p>Las competencias en materia de Protección Civil, dentro de la Comunidad Autónoma son asumidas por el Consejero de Medio Ambiente y delegadas en el Director General de Protección Ciudadana.</p> <p>A la Comisión de Protección Civil, corresponde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actuar como órgano de consulta y asesoramiento respecto a las decisiones que hayan de adoptarse por la Administración de la Comunidad Autónoma respecto a la programación de recursos y actividades en materia de protección civil. • Homologar los Planes y coordinar las actuaciones • El resto de competencias a que hace referencia el art. 3 del Decreto 61/1989, tales como informar las normas técnicas que se dicten en su ámbito territorial en materia de protección civil, proponer a las Administraciones Públicas, en el ámbito de la Comunidad, la adopción de medidas de protección civil, formular iniciativas en orden a conseguir un sistema de información y comunicación que facilite la necesaria eficacia en las acciones de protección civil, fomentar la relación y colaboración con la Comisión Nacional de Protección Civil y otras Comisiones de ámbito autonómico con funciones equivalentes y, en definitiva, las demás funciones que le sean atribuidas por disposición legal o reglamentaria.

D.6. OBLIGACIONES Y POSIBILIDADES DE LA POBLACIÓN Y AUTORIDADES DEL MUNICIPIO EN RELACIÓN AL PLAN DE PROTECCIÓN CIVIL.

RESPONSABILIDADES	BASE LEGAL
<p>CIUDADANOS DEL MUNICIPIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A partir de la mayoría de edad estarán sujetos a la obligación de colaborar, personal y materialmente, en la protección civil, en caso de requerimiento por el Alcalde. • La obligación se concretará en el cumplimiento de las medidas de prevención y protección oportunas, en la realización de prácticas y en la intervención operativa en las situaciones de emergencia que las circunstancias requieran. • Estarán especialmente obligados a colaborar en las actividades de la protección civil del Municipio: <ul style="list-style-type: none"> a) Las personas en situación legal de desempleo y que estén percibiendo la correspondiente prestación económica por esta causa. b) Quienes estén sometidos al régimen de prestación social sustitutoria del servicio militar, y que se encuentren realizando esta prestación social en el municipio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Artº. 4.1 y 4.2. de la Ley 2/1985, de 21 de enero.
<p>DEMÁS PODERES PÚBLICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Promoverán actividades que sensibilicen a la población acerca de sus responsabilidades públicas en materia de protección civil. 	<ul style="list-style-type: none"> • Artº. 4.3. de la Ley 2/1985, de 21 de enero.
<p>MEDIOS DE COMUNICACIÓN SOCIAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los medios de comunicación social existentes en el municipio vendrán obligados a colaborar con las autoridades municipales respecto a la divulgación de informaciones dirigidas a la población del municipio y relacionadas con dichas situaciones. <p>SERVICIOS TÉCNICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tendrán como actuaciones básicas la aplicación de las técnicas correspondientes para la mejor operatividad de las acciones y para la rehabilitación inmediata de los servicios públicos esenciales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Artº. 4.6. de la Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil (B.O.E. nº 22, de 25 de enero de 1985). • Artº. 7 del Real Decreto 1378/1985, sobre medidas provisionales para la actuación en situaciones de emergencia (B.O.E. nº 191, de 10 de agosto de 1985). • Apartado 31 del Capítulo II del Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil (B.O.E. nº 105, de 1 de mayo de 1992). • Resolución de la Secretaría de Estado de Interior de 4 de julio de 1994, sobre criterios de asignación de medios y recursos de titularidad estatal a los planes territoriales (B.O.E. nº 170, de 18 de julio de 1994).

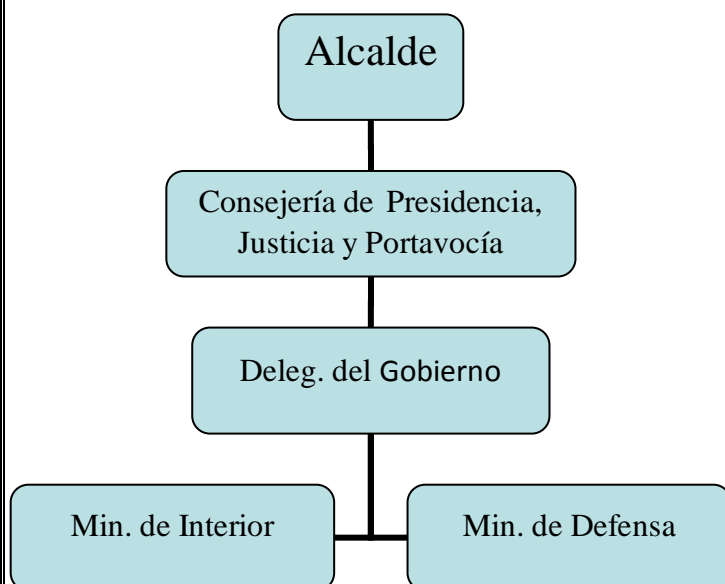
<p>ENTIDADES COLABORADORAS O PARTICULARES:</p> <p>Realizarán las actividades previstas en las normas estatutarias respectivas y las correspondientes a la profesión de los particulares que se correspondan con las previsiones de los planes.</p>	
<p>FUERZAS Y CUERPOS DE SEGURIDAD DEL ESTADO.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El Alcalde solicitará su colaboración a través de la Consejería de Medio Ambiente. • En caso de notoria urgencia, la intervención de estas Fuerzas y Cuerpos podrá ser autorizado por sus mandos naturales a requerimiento del Alcalde (incluso en caso de emergencia imprevista por su propio impulso de servidor de los ciudadanos), sin menoscabo de la posterior concreción con la Consejería de Medio Ambiente y con el Delegado del Gobierno. • Las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado deberán : <ul style="list-style-type: none"> - Auxiliar y proteger a las personas y asegurar la conservación y custodia de los bienes que se encuentren en situación de peligro por cualquier causa. - Vigilar y proteger los edificios e instalaciones públicas que lo requieran. - Mantener y restablecer, en su caso, el orden y la seguridad ciudadana. - Colaborar con los Servicios de Protección Civil en casos de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública, en los términos que se establezcan en la legislación de Prot. Civil. 	<ul style="list-style-type: none"> • R.D. 1378/1985, de 1 de agosto, sobre medidas provisionales para la actuación en situaciones de emergencia en los casos de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública (Artº. 9). • Decreto 85/1992, de 17 de diciembre, por el que se aprueba, con carácter de Plan Director, el Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad de Madrid (PLATERCAM) (B.O.C.M. nº 12, de 15 de enero de 1.993), en su capítulo sexto referente a "Determinación de Medios y Recursos". • Artículos 11 y 53 de la Ley Orgánica 2/1986, de 13 de marzo, de Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado (B.O.E. nº 63, de 14 de marzo de 1986). • Resolución de 4 de julio de 1994, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros sobre Criterios de asignación de medios y recursos de titularidad estatal a los Planes Territoriales (B.O.E. nº 170, de 18 de julio de 1994).
<p>POLICÍA LOCAL.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deberán prestar auxilio, en los casos de accidente catástrofe o calamidad pública, participando en la forma prevista en las leyes, en la ejecución de los Planes de Protección Civil. • Vigilar los espacios públicos y colaborar con las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado en la protección de las manifestaciones y el mantenimiento del orden en grandes concentraciones humanas, cuando sean requeridos para ella. 	<ul style="list-style-type: none"> • Art.º 11 y 53 de la L. O. 2/1986, de 13 de marzo de Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado.

<p>OTROS MEDIOS DE TITULARIDAD ESTATAL.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Serán susceptibles de asignación al Plan de Protección Civil Municipal, los medios y recursos de la Administración General del Estado que puedan contribuir a las actividades de protección de personas y bienes, y que permanentemente realicen sus funciones o se encuentren ubicados en el término municipal. • Las funciones a desempeñar por los medios o recursos asignados deben corresponderse con la especialización funcional que tengan atribuidas (es decir no puede cambiarse la función ordinaria que realicen; Ej. la Guardia Civil realizaría funciones de protección, encauzamiento del tráfico, etc., pero no podría encomendársele realizar trabajos de desescombro). • La asignación se efectuará a solicitud del Alcalde, a través de la Consejería de Justicia e Interior. • En la solicitud de asignación se deberá de especificar: <ul style="list-style-type: none"> ◆ Funciones a desempeñar, dentro de las previstas en el Plan de Protección Civil Municipal. ◆ Procedimientos de activación de los medios y recursos. ◆ Encuadre en la organización del Plan de Protección Civil Municipal. ◆ Período de vigencia de la asignación. ◆ 	<ul style="list-style-type: none"> • R.D. 407/1992, de 24 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil (apartado 3.1.). • Resolución de la Secretaría de Estado de Interior de 4 de julio de 1994 (BOE nº. 170).
<p>SERVICIOS CONTRA INCENDIOS Y DE SALVAMENTO, SERVICIOS SANITARIOS, SERVICIOS SOCIALES Y SERVICIOS DE PROTECCIÓN CIVIL.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El Alcalde podrá solicitar, a través de la Consejería de Medio Ambiente, del Delegado del Gobierno, la intervención de unidades especiales de salvamento y rescate, las cuales estarán dirigidas por sus mandos naturales y coordinadas por el Alcalde, como Director del Plan de Protección Civil Municipal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Art.º 7 de Real Decreto 1378/1985, sobre medidas provisionales para la actuación en situaciones de emergencia en los casos de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública (B.O.E. nº 191, de 10 de agosto de 1985). • Art.º 16 del Decreto 125/1998, de 2 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Organización y Funcionamiento del Voluntariado Municipal de Protección Civil (B.O.C.M. nº 16, de 14 de julio de 1998). • Art.º 7 de la Ley 6/1996, de 15 de enero, del Voluntariado (B.O.E. nº 15, de 17 de enero de 1996).

- Los Servicios de Protección Civil desarrollaran su labor con la máxima diligencia, esfuerzo e interés, en los términos del compromiso aceptado en su incorporación a los Servicios de Protección Civil, respetando los fines y la normativa aplicable.

FUERZAS ARMADAS

- La colaboración de las Fuerzas Armadas en la prevención inmediata y en el control de las situaciones de emergencia será solicitada por el Ministro del Interior, del Ministro de Defensa, según lo dispuesto en el apartado f) del artº. 16 de la Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil.
- El cauce normal será.



- Si el Alcalde no pudiera comunicar con el Consejero de Justicia e Interior o éste no pudiera comunicar con el Delegado y la urgencia lo requiriese recabará de la Autoridad Militar la colaboración de las unidades (posteriormente lo comunicará al Delegado).
- La colaboración de las Fuerzas Armadas será requerida cuando la gravedad de la situación de emergencia lo exija.
- Las Unidades actuarán encuadradas y dirigidas por sus mandos naturales.

- R.D. 1378/1985, de 1 de agosto, sobre medidas provisionales para la actuación en situaciones de emergencia en los casos de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública (artº. 10).
- R.D. 1125/1976, de 8 de abril, sobre colaboración de las autoridades militares con las gubernativas en estados de normalidad y excepción.