



Estrategia de Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid **2023-2030**



**Comunidad
de Madrid**

Anexo 6. Análisis de impacto y vulnerabilidad ante el
cambio climático de los municipios madrileños





Índice de contenido



Índice de contenido	2
Índice de tablas	3
Índice de figuras	6
1 Introducción. Objeto y alcance	8
2 Antecedentes	10
3 Enfoque y metodología	19
4 Caracterización de la amenaza	20
5 Caracterización de la exposición y de la vulnerabilidad	59
6 Evaluación del riesgo	73
7 Maladaptación y costes de la inacción	97
8 Conclusiones	100
9 Referencias	101
10 Índice de abreviaturas	103
Anejo I	104





Índice de tablas

Tabla 1. Ejes y líneas de actuación de la Estrategia Europea de Adaptación (Comisión Europea, 2021)	11
Tabla 2. Principios orientadores adoptados por el PNACC (MITECO, 2021)	13
Tabla 3. Avances en materia de adaptación climática en regiones españolas (Elaboración propia).....	14
Tabla 4. Registro histórico de olas de calor en la Comunidad de Madrid desde 1985. (Fuente: Listado de provincias afectadas por las Olas de calor registradas desde 1975, AEMET).....	21
Tabla 5. Esquema de relación entre niveles de riesgo e intervención en episodios de olas de calor en la Comunidad de Madrid. (Fuente: Plan de Vigilancia y Control de los Efectos de las Olas de Calor (2021)).	22
Tabla 6. Registro histórico de lluvias torrenciales en la Comunidad de Madrid desde 1985. (Fuente: Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad de Madrid INUNCAM).	24
Tabla 7. Registro histórico de inundaciones en la Comunidad de Madrid desde 1985 hasta el 2009. (Fuente: Adaptado del Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH)).	27
Tabla 8. Municipios potencialmente inundables clasificados como zonas de inundación muy frecuente y frecuente de la Comunidad de Madrid. (Fuente: Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad de Madrid (INUNCAM)).....	29
Tabla 9. Registro histórico de olas de frío en la Comunidad de Madrid desde 1985. (Fuente: Listado de provincias afectadas por las Olas de frío registradas desde 1975, AEMET).	32
Tabla 10. Municipios de Madrid con Riesgo Máximo de Nevadas. (Fuente: Orden 1624/2000, de 18 de abril, del Consejero de Medio Ambiente, por la que se modifica el Plan de Protección Civil ante Inclemencias Invernales en la Comunidad de Madrid).	34
Tabla 11. Masas de agua. (Fuente: Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad de Madrid INUNCAM).	39
Tabla 12. Clasificación de los terrenos forestales en la Comunidad de Madrid 2019 (Fuente: Diagnóstico Ambiental 2020 de la Comunidad de Madrid.).....	40
Tabla 13. Municipios definidos como Zona de Alto Riesgo de Incendio según el Plan Especial de Emergencias por Incendios Forestales de la Comunidad de Madrid (INFOMA) de 2017.	43
Tabla 14. Registro histórico de incendios forestales en la Comunidad de Madrid desde 1985 (Fuente: Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid).	44
Tabla 15. Incidencia de los grandes incendios en la Comunidad de Madrid en el decenio 2006-2015. (Fuente: Informe Los Incendios Forestales en España Decenio 2006-2015, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).	45
Tabla 16. Inversión realizada por el Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid en trabajos preventivos de incendios forestales años 2014-2019. (Fuente: Memoria 2019 del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid). ..	46
Tabla 17. Valores promedio de las variables climáticas precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima en la Comunidad de Madrid. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).	47
Tabla 18. Indicadores climáticos utilizados en la caracterización de las amenazas (Fuente: Elaboración propia).....	56
Tabla 19. Valores medios de los indicadores climáticos para toda la Comunidad de Madrid. (Fuente: Elaboración propia). ..	57
Tabla 20. Mortalidad observada para la Comunidad de Madrid en 2017 durante la temporada de vigilancia. (Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Salud Pública de la Comunidad de Madrid). ..	62
Tabla 21. Urgencias atendidas observadas en la Comunidad de Madrid en 2017 durante la temporada de vigilancia. (Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Salud Pública de la Comunidad de Madrid). ..	63
Tabla 22. Cadena de impacto de olas de calor sobre la salud humana. (Fuente: Elaboración propia).....	63
Tabla 23. Inundaciones y costes asociados en el año 2020 para la ciudad de Madrid. (Fuente: Consorcio de Seguros sobre la ciudad de Madrid.).....	64
Tabla 24. Cadena de impacto de inundaciones fluviales sobre el medio urbano. (Fuente: Elaboración propia).	64



Tabla 25. Número de siniestros e importe económico registrados por UNESPA en la Comunidad de Madrid por la borrasca Filomena según el tipo de multirriesgo. (Fuente: Unión Española de Entidades Aseguradoras y Reaseguradoras (UNESPA)).	65
Tabla 26. Cadena de impacto de inclemencias invernales sobre el medio urbano. (Fuente: Elaboración propia).	65
Tabla 27. Cadena de impacto de sequía sobre el sector primario. (Fuente: Elaboración propia).	66
Tabla 28. Variables hidrológicas en las cuencas del Macrosistema de la Comunidad de Madrid. (Fuente: Adaptación al cambio climático: Identificación de medidas de adaptación a partir de los impactos sobre los recursos hídricos en la Comunidad de Madrid).	67
Tabla 29. Disponibilidad de agua regulada en diversos puntos del sistema de abastecimiento a Madrid. (Fuente: Adaptado de Garrote e Iglesias (2012)).	68
Tabla 30. Cadena de impacto de sequía sobre población. (Fuente: Elaboración propia).	68
Tabla 31. Inversión en Prevención de Incendios Forestales en la Comunidad de Madrid. (Fuente: Memoria 2019 del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid).	69
Tabla 32. Cadena de impacto de incendios sobre el medio natural. (Fuente: Elaboración propia).	69
Tabla 33. Número y tipo de indicadores incorporados en el análisis de vulnerabilidad y riesgo para cada cadena de impacto (Fuente: Elaboración propia).	71
Tabla 34. Clasificación de riesgo climático establecido (Fuente: Elaboración propia).	72
Tabla 35. Número de municipios que presentan cada nivel de riesgo de olas de calor sobre población para el periodo histórico y los escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	73
Tabla 36. Municipios con mayor riesgo de olas de calor sobre población en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	74
Tabla 37. Municipios con menor riesgo de olas de calor sobre población en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	74
Tabla 38. Número de municipios que presentan cada nivel de riesgo de inundaciones sobre medio urbano para el periodo histórico y los escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	77
Tabla 39. Municipios con mayor riesgo de inundaciones fluviales sobre medio urbano en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	78
Tabla 40. Municipios con menor riesgo de inundaciones fluviales sobre medio urbano en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	78
Tabla 41. Número de municipios que presentan cada nivel de riesgo de inclemencias invernales para el periodo histórico y los escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	81
Tabla 42. Municipios con mayor riesgo de inclemencias invernales sobre medio urbano en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	82
Tabla 43. Municipios con menor riesgo de inclemencias invernales sobre medio urbano en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	82
Tabla 44. Número de municipios que presentan cada nivel de riesgo de sequía sobre el sector agropecuario para el periodo histórico y los escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	85
Tabla 45. Municipios con mayor riesgo de impacto de sequías sobre sector primario en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	86
Tabla 46. Municipios con menor riesgo de impacto de sequías sobre sector primario en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070).	86
Tabla 47. Número de municipios que presentan cada nivel de riesgo de sequía sobre la población para el periodo histórico y los escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	89





Tabla 48. Municipios con mayor riesgo de sequía sobre población en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	90
Tabla 49. Municipios con menor riesgo de sequía sobre población en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	90
Tabla 50. Número de municipios que presentan cada nivel de riesgo de incendios en el medio natural para el periodo histórico y los escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	93
Tabla 51. Municipios con mayor riesgo de impacto de incendios sobre medio natural en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	94
Tabla 52. Municipios con menor riesgo de impacto de incendios sobre medio natural en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).	94
Tabla 53. Indicadores empleados en el análisis de cálculo de riesgo al cambio climático de los municipios madrileños de la EECAM (Elaboración propia).	105





Índice de figuras

Figura 1. Metodología de trabajo (Fuente: Elaboración propia)	8
Figura 2. Ejes de acción climática (Fuente: Elaboración propia).....	9
Figura 3. Presentación de la Estrategia Europea de Adaptación (Comisión Europea, 2021)	11
Figura 4. Matriz de interrelaciones entre ámbitos de trabajo establecidos en el PNACC (en blanco, con interacciones bajas; en amarillo, con interacciones medias; en naranja, con interacciones altas) (MITECO, 2021).....	13
Figura 5. Avances de la Comunidad de Madrid en materia de adaptación (Fuente: Elaboración propia).....	17
Figura 6. Conceptualización del riesgo climático. Adaptado del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014).	19
Figura 7. Número de episodio históricos registrados en los municipios de la Cuenca Hidrográfica del Tajo. (Fuente: Revisión y actualización de la evaluación preliminar del riesgo de inundación (EPRI 2º ciclo)).	26
Figura 8. Distribución de la superficie (hectáreas) definida con peligro potencial de inundación en el territorio de la Comunidad de Madrid. (Fuente: Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad de Madrid (INUNCAM))......	28
Figura 9. Mapa de zonas de inundación excepcional. (Fuente: elaboración propia a partir de datos del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)).	28
Figura 10. Riesgo atribuible (%) de mortalidad por causas naturales por cada grado Celsius en el que se superar la temperatura umbral para el frío en España en el periodo 2000-2009. (Fuente: Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al frío en España en el periodo 2000-2009. Ministerio de Economía y Competitividad).	31
Figura 11. Histórico y tendencia del número de días con frío intensos anuales en el periodo 1989-2020 en la Comunidad de Madrid. (Fuente: Plan de Vigilancia y Control de los Efectos del Frío en la Salud en la Comunidad de Madrid, Dirección General de Salud Pública de la Comunidad de Madrid, 2021).	32
Figura 12: Riesgo de nevadas por municipio en la Comunidad de Madrid. (Fuente: elaboración propia a partir de datos del Plan de Protección Civil ante Inclemencias Invernales en la Comunidad de Madrid).	34
Figura 13: Zonas hidrológicas afectadas por periodos de sequía en la Cuenca Hidrográfica del Tajo. (Fuente: Adaptado del Plan Especial de Sequías, Demarcación Hidrográfica del Tajo, 2018).	38
Figura 14. Masas de agua subterránea en el ámbito de la Comunidad de Madrid. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CH Tajo).....	39
Figura 15. Municipios definidos como Zona de Alto Riesgo de Incendio según el Plan Especial de Emergencias por Incendios Forestales de la Comunidad de Madrid (INFOMA) de 2017.	42
Figura 16. Número de incendios y superficie afectada [ha]en la Comunidad de Madrid. (Fuente: elaboración propia a partir de los datos del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid).	42
Figura 17: Gradientes de precipitación (izq.) y de temperatura (drcha.) media anual. (Fuente: elaboración propia a partir de datos del Atlas Climático Ibérico (1971-2000), AEMET(2011))......	47
Figura 18: Precipitación (superior), temperatura mínima (inferior izq.) y temperatura máxima (inferior drcha.) media anual del histórico (1971-2000). (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).	49
Figura 19. Precipitación media anual de los escenarios RCP 4.5 y 8.5 (horizontes 2030 y 2060). (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).	50
Figura 20: Temperatura mínima media anual de los escenarios RCP 4.5 y 8.5 (horizontes 2030 y 2060). (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).....	51
Figura 21. Temperatura máxima media anual de los escenarios RCP 4.5 y 8.5 (horizontes 2030 y 2060). (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).....	52
Figura 22. Evolución de la precipitación media diaria en la Comunidad de Madrid según periodo histórico (1971-2000) y escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 de las proyecciones 2011-2040 y 2041-2070. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).	53





Figura 23. Evolución de la temperatura mínima anual media en la Comunidad de Madrid según periodo histórico (1971-2000) y escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 de las proyecciones 2011-2040 y 2041-2070. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).	54
Figura 24. Evolución de la temperatura máxima anual media en la Comunidad de Madrid según periodo histórico (1971-2000) y escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 de las proyecciones 2011-2040 y 2041-2070. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).	55
Figura 25. Población empadronada 2020 (izq.) y renta per cápita 2018 (drcha.) de la Comunidad de Madrid. (Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid).	60
Figura 26. Evolución de la población en la Comunidad de Madrid y su proyección 1985 – 2033. (Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid e Instituto Nacional de Estadística).	60
Figura 27. Evolución de la población ocupada 2006-2019 y reparto de la ocupación por actividades económica (2019). (Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid).	61
Figura 28. Riesgo de olas de calor sobre la salud humana para el histórico (1971 - 2000) en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).	75
Figura 29. Riesgo de olas de calor sobre la salud humana para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para sus dos horizontes 2030 y 2060 en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).	76
Figura 30. Riesgo de inundaciones fluviales sobre el medio urbano para el histórico (1971 - 2000) en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).	79
Figura 31. Riesgo de inundaciones fluviales sobre el medio urbano para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para sus dos horizontes 2030 y 2060 en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).	80
Figura 32. Riesgo de inclemencias invernales sobre el medio urbano para el histórico (1971 - 2000) en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).	83
Figura 33. Riesgo de inclemencias invernales sobre el medio urbano para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para sus dos horizontes 2030 y 2060 en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).	84
Figura 34. Riesgo de sequía sobre el sector primario para el histórico (1971 - 2000) en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).	87
Figura 35. Riesgo de sequía sobre el sector primario para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para sus dos horizontes 2030 y 2060 en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).	88
Figura 36. Riesgo de sequía sobre la población para el histórico (1971 - 2000) en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).	91
Figura 37. Riesgo de sequía sobre la población para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para sus dos horizontes 2030 y 2060 en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).	92
Figura 38. Riesgo de incendios sobre el medio natural para el histórico (1971 - 2000) en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).	95
Figura 39. Riesgo de incendios sobre el medio natural para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para sus dos horizontes 2030 y 2060 en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).	96
Figura 40. Costes y beneficios de la adaptación (Fuente: adaptado de Boyd y Hunt, 2006).	98
Figura 41. Porcentaje de pérdidas económicas y humanas por eventos climáticos por continente en el periodo 1998 - 2017 (Fuente: UNDRR, 2017).	98
Figura 42. Desastres naturales registradas y costes asociados durante los años de 1980-2011. (Fuente: adaptado de Agencia Europea de Medio Ambiente, 2017).	99



1 INTRODUCCIÓN. OBJETO Y ALCANCE

La elaboración de este *Análisis de impacto y vulnerabilidad ante el cambio climático de los municipios madrileños* tiene como propósito principal reforzar la capacidad de adaptación y minimizar la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático en la Comunidad de Madrid, contribuyendo de este modo a los objetivos a largo plazo establecidos por las políticas nacionales e internacionales en esta materia. Específicamente, resulta imprescindible disponer de un entendimiento de los riesgos asociados a la variabilidad climática sobre los sistemas naturales y artificiales de la Comunidad de Madrid que caben esperar. Este análisis va a permitir una mayor comprensión de las principales amenazas que pueden darse en el territorio, así como de sus potenciales impactos.

Para satisfacer estos objetivos es preciso seguir una secuencia metodológica que se inicia con el análisis de riesgos climáticos, continua con la propuesta de medidas y finaliza con el establecimiento de las condiciones necesarias para garantizar el cumplimiento del programa de actuaciones planteado, algo fundamental en este caso puesto que la adaptación es una disciplina eminentemente transversal, que implica no sólo diferentes esferas administrativas, sino agentes sociales y ciudadanía en general. De igual modo, dentro del marco establecido por la Comunidad de Madrid para elaborar y comenzar el desarrollo de la **EECAM 2023- 2030**, el proceso se ha visto retroalimentado con el resultado no solo de información pública sino también de las consultas realizadas a los principales organismos de gestión con competencias sectoriales.



Figura 1. Metodología de trabajo (Fuente: Elaboración propia)

En términos generales, la acción climática debe ser puesta en práctica en dos ejes de acción principales. Uno, denominado Mitigación, se centra en las causas, es decir, en reducir el balance neto de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico. El otro, conocido como Adaptación, procura minimizar las consecuencias atribuibles a los cambios en el clima sobre poblaciones, bienes y servicios. Estos ejes se representan en la Figura 2.

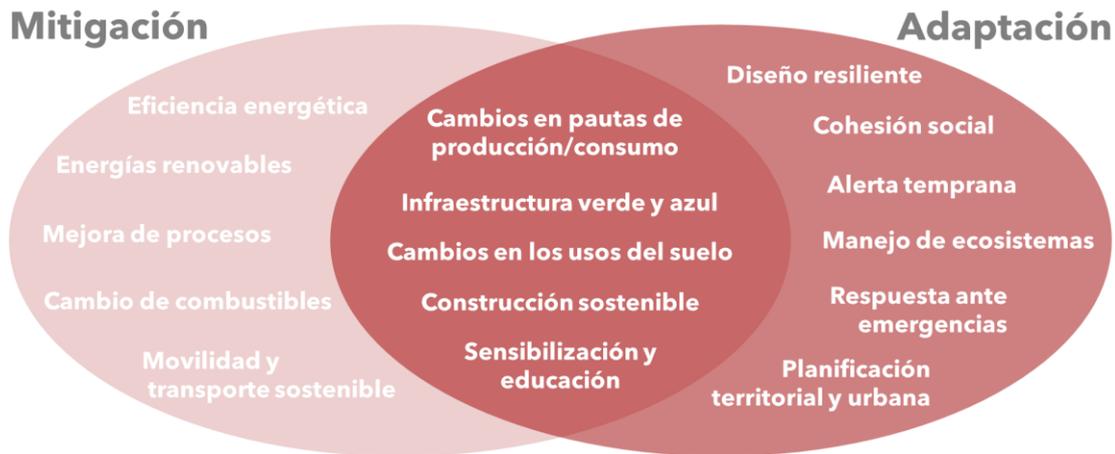


Figura 2. Ejes de acción climática (Fuente: Elaboración propia).

Es preciso promover actuaciones en ambos frentes. Los más recientes informes publicados por el Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC)¹, ofrecen certezas que ponen de manifiesto esta necesidad. En primer lugar, ya se reportan anomalías en la serie histórica de precipitaciones y temperaturas, así como mayores recurrencia y severidad de eventos extremos en las últimas décadas. Por otro lado, teniendo en cuenta el notable aumento de las concentraciones de GEI acumuladas en la atmósfera ocurre que, aunque las políticas de Mitigación a nivel global fuesen completamente efectivas a partir de este momento, sigue siendo necesario prepararse para asimilar los potenciales impactos que las emisiones registradas pueden llegar a producir en las próximas décadas.

Las características de los impactos climáticos tienen carácter regional. Por este motivo, deben de ser definidas estrategias de adaptación basadas en el conocimiento local y ajustadas a la realidad del territorio analizado. Esto aplica tanto a las potenciales amenazas que deben ser tenidas en cuenta, como a la vulnerabilidad específica que puedan presentar los elementos expuestos del contexto geográfico, socioeconómico y natural evaluado.

En este contexto, el presente documento constituye el primer *Análisis de impacto y vulnerabilidad ante el cambio climático de los municipios madrileños*. Forma parte del conjunto de documentos técnicos elaborados para componer la nueva *Estrategia Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid 2023-2030 (EECAM)*. Se trata de un trabajo que, alineado con las políticas europea y española ya definidas en esta materia, analiza los riesgos climáticos en la Región a medio y largo plazo.

¹ En especial, las Bases Científicas de su Sexto Informe de Evaluación (publicado en agosto de 2021) y el Informe especial sobre el aumento de la temperatura media global de 1,5 °C (de 2019).



2 ANTECEDENTES

En este apartado se presenta una breve síntesis de las políticas que deben enmarcar y ser consideradas en este contexto de análisis.

2.1 Acuerdo de París

El artículo 7 del Acuerdo de París² establece el objetivo mundial relativo a la adaptación, que consiste en “aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático con miras a contribuir al desarrollo sostenible y lograr una respuesta de adaptación adecuada en el contexto del objetivo referente a la temperatura que se menciona en el artículo 2” del texto³.

Se trata de un consenso que ha servido de base para estructurar un marco de actuación que implica e incumbe a todos, con dimensiones locales, subnacionales, nacionales, regionales e internacionales.

Se delega en las partes (países que han ratificado el Acuerdo, en el caso de Europa se contribuye con posiciones y contribuciones conjuntas) liderar la acción en materia de adaptación, estableciendo adecuados marcos de integración vertical y horizontal de las estrategias desarrolladas. Otro aspecto a destacar es el compromiso adquirido para dar apoyo – técnico y financiero - a las regiones con mayores necesidades a la hora de mejorar sus condiciones de resiliencia climática.

Los avances alcanzados tanto en Adaptación como en Mitigación deberán ser puestos en común periódicamente de acuerdo a un Marco de transparencia concreto, siendo 2023 el primer año el que se realizará el primer “Balance mundial”. Como resultado de las denominadas “Reglas de Katowice”⁴, el Comité de Adaptación de la UNFCCC publicó en abril de 2021 una nota técnica para orientar la revisión del progreso global obtenido.



2.2 Estrategia Europea de Adaptación

“Forjar una Europa resiliente al cambio climático” es el subtítulo de la nueva Estrategia Europea de Adaptación, publicada en febrero de 2021 tras un dilatado proceso de consultas (Figura 3). Con esa frase se resume claramente el propósito de esta política.

La Estrategia está alineada con el Pacto Verde Europeo y resto de políticas climáticas que están siendo impulsadas por la Unión Europea, estableciendo objetivos muy ambiciosos y paquetes de medidas a desarrollar en las próximas décadas, para alcanzar en 2050 la neutralidad climática, de conformidad con el **Acuerdo de París** y la **Ley Europea del Clima** y por supuesto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.

² 21ª Conferencia de las Partes (COP21) del Acuerdo Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC)

³ Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático

⁴ Forma de mencionar el conjunto de los acuerdos alcanzados de la COP22, celebrada en Katowice (Polonia)





Figura 3. Presentación de la Estrategia Europea de Adaptación (Comisión Europea, 2021)

La propuesta se articula en una serie de ejes y líneas de actuación concretos, tal y como sintetiza la siguiente Tabla 1. Se trata en su mayor parte de elementos que ha sido posible trasladar a la construcción del presente *Análisis de impacto y vulnerabilidad ante el cambio climático de los municipios madrileños*.

Tabla 1. Ejes y líneas de actuación de la Estrategia Europea de Adaptación (Comisión Europea, 2021)

EJE	LÍNEA
Adaptación más inteligente: mejora del conocimiento y gestión de la incertidumbre	Expandir las fronteras del conocimiento sobre la adaptación (coste-beneficio, transformación digital, interdependencias con sistemas socioeconómicos y naturales)
	Más y mejores datos sobre riesgos y pérdidas relacionados con el cambio climático
	Hacer que Climate-ADAPT sea la plataforma europea autorizada como fuente de conocimientos sobre los impactos climáticos y la adaptación, ampliando sus prestaciones e incluso acoger un observatorio europeo de clima y salud
Adaptación más sistémica: apoyar el desarrollo de políticas en todos los niveles y sectores	Mejorar las estrategias y los planes de adaptación, que deberán estar basados en ciencia avanzada y estar respaldados por sistemas robustos de monitoreo y reporte
	Fomentar una resiliencia local, individual y justa
	Integración de la resiliencia frente al cambio climático en los marcos presupuestarios nacionales considerando distintos escenarios plausibles
	Promover soluciones de adaptación basadas en la naturaleza
Adaptación más rápida: acelerar la adaptación en todos los ámbitos	Acelerar la aplicación de soluciones de adaptación, aumentando la inversión y priorizando las medidas más urgentes
	Reducir el riesgo relacionado con el cambio climático, invirtiendo en infraestructura resiliente, generando sinergias con otras iniciativas en materia de reducción y prevención de riesgos de desastres
	Colmar las deficiencias de protección frente al cambio climático (papel de los seguros)
	Garantizar la disponibilidad y la sostenibilidad del agua dulce
Intensificar la acción internacional	Aumentar el apoyo a la resiliencia y preparación internacionales frente al cambio climático (apoyo a la elaboración de contribuciones nacionales determinadas, transferencia de capacidades, inclusión de condiciones climáticas en negociaciones comerciales)
	Incrementar la financiación internacional para aumentar la resiliencia frente al cambio climático
	Fortalecer el compromiso y los intercambios mundiales en materia de adaptación

En lo que se refiere a los eventos climáticos de mayor significancia a nivel europeo, como inundaciones o sequías, cabe destacar las siguientes orientaciones.



En el caso de las inundaciones, el documento de trabajo de la Comisión Europea de Plan de Gestión del riesgo de inundación y Planes de Gestión de cuencas hidrográficas recoge las 8 recomendaciones europeas para los Planes de gestión del riesgo de inundación en España, que son las siguientes:

- Aumentar la percepción del riesgo de inundación y las estrategias de autoprotección por parte de la población y los agentes sociales y económicos;
- Mejorar la coordinación administrativa entre todos los agentes implicados en la gestión del riesgo;
- Mejorar los conocimientos para una adecuada gestión del riesgo de inundación;
- Mejorar la capacidad de predicción en situaciones de inundación y crecida;
- Contribuir a la mejora de la ordenación del territorio y de la gestión de la exposición en zonas inundables;
- Lograr una reducción, en la medida de lo posible, del riesgo, reduciendo el peligro para la salud humana, las actividades económicas, el patrimonio cultural y el medio ambiente en las zonas inundadas;
- Mejorar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los elementos situados en las zonas inundables;
- Contribuir a la mejora del estado de las masas de agua y a la coordinación con la DMA.

En el contexto de las sequías, coincidiendo temporalmente con la aprobación de los primeros planes especiales adoptados en España, la Unión Europea aprobó la comunicación denominada "*Afrontar el desafío de la escasez de agua y la sequía en la Unión Europea*" (Comisión Europea, 2007) que pretendía responder al llamamiento a la acción contra la escasez de agua y la sequía realizado por el Consejo de Medio Ambiente de la Unión en junio de 2006. En dicha comunicación se proponía ya un primer conjunto de acciones que deberían ponerse en marcha con objeto de aumentar la eficiencia y el ahorro en el uso del agua como mecanismos eficaces para afrontar las etapas de sequía y la escasez de agua. Entre esas acciones cabe destacar: fijar tarifas sobre el agua utilizada, asignar los recursos hídricos con eficiencia, adoptar mecanismos de financiación, mejorar la gestión del riesgo de la sequía, considerar infraestructuras adicionales de suministro de agua, fomentar tecnologías y prácticas de eficiencia hídrica, fomentar la cultura del ahorro del agua en Europa, y mejorar los conocimientos y la recogida de datos.

2.3 Plan Nacional de Adaptación

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030 constituye el instrumento de planificación básico para promover la acción coordinada y coherente frente a los efectos del cambio climático en España, con el fin de evitar o reducir los daños presentes y futuros derivados del cambio climático y construir una economía y una sociedad más resilientes. Para alcanzar esta meta se definen los siguientes objetivos específicos:

1. Reforzar la observación sistemática del clima, la elaboración y actualización de proyecciones regionalizadas de cambio climático para España y el desarrollo de servicios climáticos.
2. Promover un proceso continuo y acumulativo de generación de conocimiento sobre impactos, riesgos y adaptación en España y facilitar su transferencia a la sociedad, reforzando el desarrollo de metodologías y herramientas para analizar los impactos potenciales del cambio climático.
3. Fomentar la adquisición y el fortalecimiento de las capacidades para la adaptación.
4. Identificar los principales riesgos del cambio climático para España, teniendo en cuenta su naturaleza, urgencia y magnitud, y promover y apoyar la definición y aplicación de las correspondientes medidas de adaptación.
5. Integrar la adaptación en las políticas públicas.
6. Promover la participación de todos los actores interesados, incluyendo los distintos niveles de la administración, el sector privado, las organizaciones sociales y la ciudadanía en su conjunto, para que contribuyan activamente a la construcción de respuestas frente a los riesgos derivados del cambio climático.
7. Asegurar la coordinación administrativa y reforzar la gobernanza en materia de adaptación.
8. Dar cumplimiento y desarrollar en España los compromisos adquiridos en el contexto europeo e internacional.
9. Promover el seguimiento y evaluación de las políticas y medidas de adaptación.

Considerando el objetivo y alcance del presente *Análisis de impacto y vulnerabilidad ante el cambio climático de los municipios madrileños*, se está generando una contribución directa al menos sobre los últimos seis de los objetivos generales enumerados arriba.



Por otro lado, el PNACC explicita una serie de principios orientadores que deberán guiar las políticas y medidas en materia de adaptación (Tabla 2), los cuales han sido completamente integrados en el proceso de elaboración del análisis de riesgos climáticos y propuestas realizados para la Comunidad de Madrid.

Tabla 2. Principios orientadores adoptados por el PNACC (MITECO, 2021)

Principio	Se concreta en...
Equidad social y territorial para un futuro justo	Consideración de las dimensiones social y territorial de la exposición y vulnerabilidad frente al cambio climático
	Promoción y respeto de los derechos humanos
	Justicia intergeneracional
Ciencia, conocimiento y sociedad al servicio de la adaptación	Consideración de la adaptación desde diversas áreas del conocimiento
	Fundamento científico y principio de precaución
	Planificación contingente
Transversalidad e integración de la gestión pública	Integración de las aportaciones científico-técnicas y sociales
	Integración sectorial de la adaptación
	Integración de las políticas de adaptación y mitigación
	Enfoque ecosistémico y soluciones basadas en la naturaleza
Atención a los efectos indeseados	Prevención de la maladaptación
Acción coordinada, transparente y eficaz	Cooperación institucional
	Coherencia de políticas sectoriales
	Transparencia

Con objeto de facilitar la integración de las actuaciones de adaptación en los distintos campos de la gestión pública y privada, el PNACC define 18 ámbitos de trabajo (propuesta e interrelaciones en Figura 4) concretando objetivos para cada uno de éstos.



Figura 4. Matriz de interrelaciones entre ámbitos de trabajo establecidos en el PNACC (en blanco, con interacciones bajas; en amarillo, con interacciones medias; en naranja, con interacciones altas) (MITECO, 2021)



Para cada uno de estos ámbitos de trabajo, el PNACC define líneas de acción que concretan el trabajo a desarrollar para alcanzar los objetivos establecidos, así como una propuesta inicial de indicadores de gestión, que sientan la base sobre la que poder plantear más adelante un marco de seguimiento y evaluación basado en resultados. Además, como complemento a la acción de carácter sectorial, el PNACC define una serie de aspectos transversales, que deberán ser impulsados en los diferentes ámbitos de trabajo: la profundización en los componentes geográfico y social de la vulnerabilidad frente al cambio climático; el análisis de los efectos transfronterizos; la perspectiva de género; la prevención de la "maladaptación" y los incentivos perversos; el análisis de los costes y beneficios de la acción y la inacción.

El PNACC 2021-2030 ha servido de base para establecer en este documento una propuesta de adaptación ajustada a las características geográficas, socioeconómicas, ambientales e institucionales de la Comunidad de Madrid.

Además de los planes sectoriales y territoriales de adaptación, los objetivos del PNACC se desarrollarán a través de dos programas quinquenales hasta 2030. En cada uno de éstos se detallarán las actuaciones previstas para concretar las líneas de acción definidas de partida en el propio PNACC, esfuerzo que incluye la evaluación detallada de riesgos, la priorización de medidas, la identificación de agentes involucrados y la propuesta de indicadores de cumplimiento específicos. En febrero de 2022, se publicaba el Primer Programa de Trabajo 2021-2030, relativo al periodo 2021-2025, liderado por parte del MITECO y elaborado con el apoyo de las Comunidades Autónomas.

2.4 Avances previos en otras regiones

Desde la publicación y puesta en marcha del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) las Comunidades Autónomas han realizado avances en materia de adaptación, desarrollando sus propias estrategias, planes e iniciativas en el marco de sus competencias. A continuación, se presentan los avances más actualizados a nivel autonómico (Tabla 3):

Tabla 3. Avances en materia de adaptación climática en regiones españolas (Elaboración propia).

Comunidad Autónoma	Avances en materia de adaptación climática
Andalucía	Programa de Adaptación desarrollado en el marco del <i>Plan Andaluz de Acción por el Clima (2021-2030)</i> aprobado en 2021
Aragón	<i>Estrategia Aragonesa de Cambio Climático horizonte 2030 (EACC 2030)</i> que incluye en sus metas lineamientos de adaptación al cambio climático
Asturias	<i>Plan de adaptación al cambio climático de los puertos autonómicos del Principado de Asturias</i> en proceso de elaboración
Islas Baleares	<i>Estrategia Balear de Lucha Contra el Cambio Climático 2013-2020</i>
Islas Canarias	<i>La Estrategia Canaria de Acción Climática (ECAC 2040)</i> (en desarrollo) por la que se van a identificar los riesgos, vulnerabilidades e impactos del cambio climático, y se fijarán los objetivos de adaptación y resiliencia al cambio climático; y el <i>Plan Canario de Acción Climática</i> que recogerá las acciones y objetivos fijados en la Estrategia. Esta estrategia sustituirá a la Estrategia Canaria de Lucha contra el Cambio Climático aprobada en 2009.
Cantabria	<i>Estrategia de Acción frente al Cambio Climático en Cantabria 2018 – 2030</i> que en materia de adaptación pretende fomentar la resiliencia de Cantabria al cambio climático, a través del estudio de los impactos y vulnerabilidades y la adopción de planes de adaptación en los sectores expuestos a los efectos del mismo.
Castilla y León	Programa 4 de Adaptación al Cambio Climático de la <i>Estrategia Regional de Cambio Climático 2009-2012-2020 de Castilla y León</i> .
Castilla La Mancha	<i>Estrategia de Cambio Climático de Castilla-La Mancha, Horizontes 2020 y 2030</i> aprobada en 2019 que contempla un Programa de Adaptación.
Cataluña	La nueva <i>Estrategia catalana de adaptación al cambio climático 2021-2030</i> , que sustituirá a la Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático (ESCACC) 2013-2020
Valencia	<i>Estrategia Valenciana de Cambio Climático y Energía Horizonte 2030</i> aprobada en 2018 que contiene medidas de adaptación al cambio climático.
Extremadura	El proyecto <i>Extremadura 2030</i> y la <i>Estrategia de economía verde y circular Extremadura 2030</i> que aglutinan todos los esfuerzos en materia de cambio climático y ecosistemas, incluyendo la revisión de la anterior Estrategia de Cambio Climático de Extremadura 2013-2020.
Galicia	<i>Estrategia Gallega de Cambio Climático y Energía 2050</i> que contempla objetivos de adaptación.
Murcia	<i>Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático de la Región de Murcia de 2019</i> en fase de consulta pública.



Comunidad Autónoma	Avances en materia de adaptación climática
Navarra	Navarra cuenta por una parte con la <i>Estrategia integrada para la adaptación al Cambio Climático en Navarra</i> mediante el proyecto europeo LIFE NAdapta (2017-2025) para aumentar la resiliencia frente al Cambio Climático en Navarra; y por otra parte con la <i>Hoja de ruta de Cambio Climático 2020-2030-2050 de Navarra</i> publicada en 2017.
País Vasco	<i>Estrategia Klima 2050 de País Vasco</i> y los proyectos KLIMATEK de adaptación al cambio climático.
La Rioja	<i>Estrategia Regional de Adaptación al Cambio Climático de La Rioja</i> , en fase de revisión.

Además de los avances citados realizados a nivel autonómico, cabe destacar el **Programa PIMA Adapta** coordinado por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico cuyo objetivo es fomentar y apoyar la adaptación al cambio climático en el espacio urbano y periurbano. El desarrollo de los proyectos del PIMA Cambio Climático se ubicará en las entidades locales y municipios con un tamaño inferior a 100.000 habitantes con los fondos asignados a las Comunidades Autónomas.

El programa pretende también potenciar las sinergias entre las estrategias de adaptación y mitigación en la lucha frente al cambio climático y en este marco se llevarán a cabo actuaciones piloto de carácter innovador, así como la redacción de proyectos e informes técnicos. En este sentido, en las actuaciones objeto de financiación se contemplan las siguientes:

- Integración del cambio climático e infraestructura verde en la planificación y gestión urbanística e intervenciones en el espacio urbano.
- Adaptación de edificios públicos para prevenir el exceso de calor y mejorar la eficiencia energética.
- Apertura de “refugios climáticos”.
- Aplicación de soluciones basadas en la naturaleza orientadas a la prevención de riesgos asociados al cambio climático en espacios urbanos y periurbanos.
- Intervenciones orientadas a atenuar el efecto isla de calor urbana.
- Incremento de la biodiversidad urbana y mejora de hábitats.
- Mejora de la infraestructura urbana verde y azul, caracterizada por su multifuncionalidad.
- Diseño e implantación de Zonas de Bajas Emisiones.
- Proyectos de barrio que incidan sobre un metabolismo urbano más resiliente.

2.5 Avances previos en la Comunidad de Madrid

El anterior esfuerzo estratégico en materia de acción climática en la Región, el denominado **Plan Azul +**, ya supuso un cierto avance en materia de resiliencia. De hecho, la adaptación constituyó en sí misma una línea de actuación específica, incorporando un relevante número de medidas específicas, tales como:

- Reforestación y prácticas silvícolas.
- Prevención de incendios forestales.
- Estudios regionalizados sobre efectos del cambio climático sobre fauna y flora.
- Programa de monitoreo de los efectos del cambio climático en sistemas y sectores vulnerables.
- Programa de bioindicadores en el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama para evaluar los efectos del cambio climático sobre los sistemas limnológicos y de montaña.
- Mejora de las condiciones de los hábitats de especies relevantes en peligro de conservación.
- Actuaciones que mejoren la confortabilidad de las infraestructuras turísticas y visitas monumentales ante condiciones climáticas adversas en la Región.
- Colaboración en el estudio de la gestión adaptativa de los ecosistemas alpinos.
- Mejoras en la gestión de los recursos hídricos, a través de:
 - Rehabilitación de la red de saneamiento.
 - Fomento de la redacción de planes de gestión y uso sostenible del agua.
 - Establecimiento de medidas activas de búsqueda de fugas de agua.
 - Auditorías de consumo de agua en instalaciones municipales y de empresas.
 - Realización de campañas de consumo responsable de agua.





- Plan de modernización de regadíos.
- Actuaciones de conservación y mejora de la calidad de los recursos hídricos mediante actuaciones coordinadas con otras las Administraciones Públicas competentes, incluyendo la reducción de los fenómenos erosivos y el aumento de la superficie de recarga para las masas de agua subterránea.

El ciclo estratégico gobernado por **Plan Azul +** finalizó en 2020, con una parte importante de estas medidas completadas o en ejecución, como así indica el informe final del grado de ejecución del mismo. No obstante, es necesario destacar que los avances inducidos en materia de mejora de las condiciones de resiliencia climática en la Región no han podido ser estimadas o aproximadas, al no haber propuesto indicadores de impacto específicos.

En relación con la gestión de los recursos hídricos, procede destacar los esfuerzos y avances realizados desde el **Canal de Isabel II** para mejorar las condiciones de resiliencia en la gestión integral del ciclo del agua en la Región, quizás el ámbito más sensible de Madrid en términos climáticos. En su Plan Estratégico 2018-2030 sí se establecen objetivos, medidas e indicadores concretos en un aspecto clave para la adaptación como es la garantía de suministro (considerando las incertidumbres climáticas) mediante el manejo eficiente de los recursos existentes, la extensión y fomento del uso del agua regenerada y la gestión eficiente de la demanda. También se está actuando desde el Canal de Isabel II frente a otro peligro climático clave, como son las inundaciones, especialmente por medio del Plan Sanea (apoyando la elaboración de Planes directores de Alcantarillado, teniendo en cuenta la componente climática), y mediante la gestión preventiva de embalses y el fomento de técnicas de drenaje urbano sostenible. Procede también mencionar que desde la Comunidad de Madrid se han realizado en los últimos años otras contribuciones estratégicas (Figura 5), tales como:

- El **Plan integral de Recuperación y Conservación de los Ríos y Humedales**, aprobado con el propósito de articular la actuación interinstitucional en aspectos clave como gestión de los recursos, la conservación de los cauces, y la conservación y mejora de la biodiversidad. Comprende dos partes con diferente alcance y escala de actuación: el Plan de Actuación sobre Humedales Catalogados y la Estrategia de Recuperación y Conservación de los Ríos de la Comunidad de Madrid.
- El proyecto **Arco Verde**, iniciativa que está conectando 25 municipios con los 3 grandes Parques Regionales de la Comunidad (Cuenca Alta del Manzanares, curso medio del río Guadarrama y Sureste) para crear un gran Corredor Verde que provea de servicios ecosistémicos el Área Metropolitana de la capital.
- El **Plan Terra** (Plan de Acción para la Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural), que tiene una componente relevante de sostenibilidad y resiliencia.
- El **Programa de Desarrollo Rural de la Comunidad de Madrid 2014-2020** (PDR CM 2014-2020) que contenía medidas para fomentar el desarrollo económico en las zonas rurales, restaurar y preservar los ecosistemas relacionados con la agricultura y la silvicultura y mejorar la viabilidad de las explotaciones agrarias, entre otros.



Figura 5. Avances de la Comunidad de Madrid en materia de adaptación (Fuente: Elaboración propia).

Por último, recientemente se ha publicado la *Estrategia para la Recuperación y Resiliencia de la Comunidad de Madrid*, que se presenta como hoja de ruta para la recuperación y transformación socioeconómica gestionando los fondos europeos recibidos tras la pandemia de COVID-19. La Estrategia compila las transformaciones futuras de todos los sectores económicos de la Región, que debe consolidar a la Comunidad de Madrid como territorio inteligente y sostenible; para fortalecer la economía verde; luchar contra el cambio climático; y proteger y cuidar de la biodiversidad como claves del bienestar futuro. En este sentido cabe destacar las inversiones previstas para los siguientes fines:

- Promoción de la regeneración rural y urbana para la implementación de la Agenda Urbana 2030 (51 M€).
- Fomento de la gestión hídrica para garantizar la eficiencia en la gestión de los procesos del ciclo del agua, alineado con los actuales planes en funcionamiento de la Fundación Canal de Isabel II -Plan Sanea y Plan RED- (2,537 M€).
- Preservación de la biodiversidad y mejora de la resiliencia medioambiental mediante la creación de Corredores ecológicos previstos en el Plan Recorre y Arco Verde (57 M€). El nuevo Plan Recorre articulado en esta estrategia habilitará 23 corredores ambientales regionales para conectarlos con lugares catalogados de interés comunitario (LIC) potenciando su valor ecológico.



En lo relativo a prevención y gestión del riesgo de desastres, es necesario considerar los Planes Territoriales y sobre todo los Planes Especiales de Protección Civil, entre los que procede destacar los relativos a incendios forestales, inclemencias invernales e inundaciones. De forma genérica, el instrumento organizativo general de respuesta a situaciones de grave riesgo colectivo o catástrofe en la Comunidad de Madrid es el Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad de Madrid (PLATERCAM), aprobado por Acuerdo en 2019 por el Consejo de Gobierno, con carácter de Plan Director. Más





allá de éste, la Comunidad de Madrid articula la gestión del riesgo de catástrofes con planes más específicos, que se detallan a lo largo de esta sección.

En el caso concreto de los incendios forestales, el plan de actuación más reciente es el **Plan Especial de Emergencias por Incendios Forestales de la Comunidad de Madrid (INFOMA)** aprobado en 2017, que incluye la cartografía correspondiente de las áreas de riesgo de incendio. Como acciones complementarias a la prevención de incendios, la Región cuenta con el **Plan Forestal de la Comunidad de Madrid (2000-2019)**, que se compone de 10 programas en materia de gestión forestal y cuyo primer objetivo es el incremento de la cubierta vegetal mediante forestación de terrenos desarbolados.

En cuanto al riesgo de inundaciones, el marco de actuación en caso de eventos catastróficos se recoge en el **Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad de Madrid (INUNCAM)** aprobado en 2020, que, aunque no tiene en cuenta la componente climática recoge las zonas de alto riesgo de inundación. En el caso de la actuación frente a inclemencias invernales se dispone de un plan específico regulado en la Orden 1624/2000, de 18 de abril, que modifica el **Plan de Protección Civil ante Inclemencias Invernales en la Comunidad de Madrid**.

Más allá de los Planes Especiales de Protección Civil, a nivel regional se han desarrollado el **Plan de Vigilancia y Control de los Efectos del Frío en la Salud 2021-2022**, y el **Plan de Vigilancia y Control de los Efectos de las Olas de calor en la Comunidad de Madrid**, por los cuales se establece un sistema de información al ciudadano y a la región en situaciones de olas de frío y calor, y un marco de actuación específico para las distintos niveles de riesgo para la salud considerados en dichos planes.

Por último, cabe citar los siguientes estudios que han sido utilizados para la obtención de metodología y/o información del presente documento:

- **"Diagnóstico Ambiental 2020 de la Comunidad de Madrid"**. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad. El informe realiza una actualización de la situación e indicadores para calidad del aire, agua, residuos, contaminación de suelos, espacios protegidos, flora y fauna, gestión forestal, caza y pesca, vías pecuarias y producción ecológica. Por otro lado, presentan distintos instrumentos ambientales (evaluación ambiental, control integrado de la contaminación), herramientas de gestión ambiental en empresas e instalaciones y elementos de sensibilización y concienciación social llevados a cabo en la Comunidad de Madrid.
- **"Cuaderno de I+D+i: Escenarios de cambio climático para eventos pluviométricos severos en la Comunidad de Madrid"** del Canal Isabel II. Lastra, A. *et al.* (2018). El documento traza planes para solucionar los problemas principales del cambio climático: reducción de la disponibilidad del recurso hídrico y aumento los fenómenos meteorológicos violentos.
- **"Cambio Climático. Medir para mejorar"**. Fundación Canal Isabel II (2017). El documento plantea un sistema preliminar de indicadores de impacto y adaptación climática y su metodología asociada; además de un indicador global de adaptación y la estructura de cálculo correspondiente.
- **"Análisis de vulnerabilidad ante el cambio climático en el municipio de Madrid"** de la Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental, Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad, Ayuntamiento de Madrid. Tapia, C. *et al.*, (2015). El estudio, desarrollado en el marco del Plan de Energía y Cambio Climático de la Ciudad de Madrid – Horizonte 2020 (2014), proporciona un análisis de vulnerabilidad de los 21 distritos del municipio identificando áreas prioritarias (aportando indicadores y metodología detallada), y proporcionando recomendaciones de actuación a futuro.
- **"Adaptación al Cambio Climático: Identificación de medidas de adaptación a partir de los impactos sobre los recursos hídricos en la Comunidad de Madrid"**. Garrote, L., Iglesias, A. (2012). El estudio abarca un conjunto de medidas de adaptación al cambio climático el territorio madrileño, a partir de un profundo análisis de los recursos hídricos existentes, su consumo tanto doméstico como de otros sectores socioeconómicos y el impacto del cambio climático sobre ellos, a partir de las proyecciones de cambio climático futuras.

3 ENFOQUE Y METODOLOGÍA

En relación con los fundamentos conceptuales del análisis, el trabajo realizado se ha apoyado en la caracterización de los tres elementos que componen el riesgo climático, según estableció el Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC) en su Quinto Informe de Evaluación (IPCC, 2014). La Figura 6, basada en esta referencia, conceptualiza los conceptos a manejar.

La existencia de un riesgo climático viene dada por la coincidencia en el espacio/tiempo de tres elementos: la amenaza (1) provocada por un desencadenante climático; la exposición (2) y la vulnerabilidad (3) del medio receptor de esa amenaza. La magnitud del riesgo va a depender de la caracterización de estos tres factores. Como punto de partida aceptaremos que elevados niveles de amenaza, exposición y vulnerabilidad implican un alto riesgo.



Figura 6. Conceptualización del riesgo climático. Adaptado del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014).

La **amenaza** necesariamente obedece a un desencadenante climático y se caracteriza por su peligrosidad (asociada, a su vez, a la recurrencia y la severidad de los eventos). Un ejemplo de amenaza corresponde a los periodos de sequía, para los cuales se tiene un registro histórico de ocurrencia y se puede estimar su incidencia futura, bajo diversos escenarios de cambio climático. La única forma de reducir el nivel de amenaza climática a medio plazo es actuar decididamente en la reducción de las emisiones globales de GEI.

La **exposición** por su parte se corresponde con la localización de un posible elemento del contexto socioeconómico y natural del territorio en el ámbito de afección de la amenaza considerada. Sin exposición, no hay riesgo.

El tercero y último de los elementos que caracterizan el riesgo climático es la **vulnerabilidad**. Este factor da una medida del potencial impacto asociado a una amenaza determinada sobre un receptor concreto (**sensibilidad**), así como a su capacidad de asimilar o recuperarse de los potenciales impactos (**capacidad adaptativa**).

El estudio realizado para el **Análisis de impacto y vulnerabilidad ante el cambio climático de los municipios madrileños** contenido en el presente documento se ha basado en: la determinación y categorización de la exposición, la vulnerabilidad y el riesgo a nivel municipal de diferentes sectores o ámbitos, frente a las amenazas con mayor potencial de impactar al desarrollo sostenible de la Comunidad de Madrid, en el momento actual y futuro, en base a diferentes proyecciones de escenarios climáticos. Este trabajo se ha realizado por medio de indicadores espaciales, tratados con un Sistema de Información Geográfica (GIS), que se han construido exclusivamente a partir de fuentes oficiales. El resultado obtenido arroja resultados comparativos categorizados del riesgo a nivel municipal que se presentan en detalle a lo largo de los siguientes apartados del documento.



4 CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA

Este apartado contiene la caracterización de las principales amenazas consideradas en el ámbito geográfico de la Comunidad de Madrid: olas de calor, inundaciones, inclemencias invernales, sequías e incendios.

4.1 Registro de eventos extremos

Primeramente, este apartado recoge los eventos extremos ocurridos en el ámbito de la Comunidad de Madrid.

4.1.1 Olas de calor

La definición de ola de calor es compleja, y por ello en este documento, siguiendo el criterio de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), se considerará ola de calor como un episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10 % de las estaciones consideradas registran máximas por encima del percentil del 95 % de su serie de temperaturas máximas diarias de los meses de julio y agosto del periodo 1971-2000.

Tal y como recoge el estudio "Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España" (Sanz y Galán, 2021), según el IPCC numerosos modelos climáticos predicen que las olas de calor aumentarán en frecuencia, intensidad y duración durante el siglo XXI. En España se prevé un aumento en la intensidad de las olas de calor (Abaurrea *et al.*, 2018) cuyos impactos esperados son un aumento significativo de la morbilidad y la mortalidad (Roldán *et al.*, 2016).

A continuación, se presenta el registro histórico de olas de calor en la Comunidad de Madrid desde 1978 (Tabla 4):



Tabla 4. Registro histórico de olas de calor en la Comunidad de Madrid desde 1985. (Fuente: Listado de provincias afectadas por las Olas de calor registradas desde 1975, AEMET).

AÑO	INICIO-FIN
2021	11/08/2021-16/08/2021
2020	18/07/2020-20/07/2020
2020	25/07/2020-02/08/2020
2019	26/06/2019-01/07/2019
2019	20/07/2019-25/07/2019
2018	31/07/2018-07/08/2018
2017	13/06/2017-21/06/2017
2017	12/07/2017-16/07/2017
2017	28/07/2017-30/07/2017
2017	02/08/2017-06/08/2017
2017	20/08/2017-22/08/2017
2016	17/07/2016-19/07/2016
2016	26/07/2016-28/07/2016
2016	03/09/2016-07/08/2016
2015	27/06/2015-22/07/2015
2015	27/07/2015-29/07/2015
2012	08/08/2012-11/08/2012
2012	17/8/2012-23/08/2012
2009	16/08/2009-20/08/2009
2008	03/08/2008-05/08/2008
2006	04/09/2006-06/09/2006
2005	05/08/2005-08/08/2005
2004	27/06/2004-29/06/2004
2004	24/07/2004-26/07/2004
2003	30/07/2003-14/08/2003
1998	07/08/1998-12/08/1998
1995	17/07/1995-24/07/1995
1993	18/08/1993-20/08/1993
1992	27/07/1992-29/07/1992
1992	04/08/1992-06/08/1992
1991	12/07/1991-19/07/1991
1991	03/08/1991-06/08/1991
1991	13/08/1991-18/08/1991
1989	16/07/1989-21/07/1989
1988	05/09/1988-08/09/1988
1987	11/08/1987-16/08/1987
1985	22/07/1985-25/07/1985
1982	05/07/1982-09/07/1982
1978	14/07/1978-17/07/1978





Para hacer frente a los efectos de las olas de calor en la salud humana regional, en noviembre de 2021 se publica el **Plan de Vigilancia y Control de los Efectos de las Olas de calor en la Comunidad de Madrid** en el que se ha establecido en base a la literatura científica existente una máxima de 36.5°C como el umbral a partir del cual se produce un significativo aumento de la mortalidad y, por tanto, es preciso activar medidas de protección de la salud. También hay que destacar por otra parte, el **Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad de Madrid (PLATERCAM)** aprobado por Acuerdo el 30 de abril de 2019 del Consejo de Gobierno que recoge una serie de precauciones generales para la población general ante olas de calor y es el Plan Director para la coordinación de actuaciones de Protección Civil en la Comunidad de Madrid.

En la Comunidad de Madrid, el **Plan de Vigilancia y Control de los Efectos de las Olas de calor** muestra que el verano de 2020 ha aportado nuevas evidencias a nivel local de la realidad del cambio climático. Según AEMET, el mes de julio fue extremadamente cálido en el territorio, con una anomalía térmica de +3 °C. En la campaña de vigilancia ambiental de las olas de calor 2019 ya se remarcaba como inusual los siete días seguidos en alerta de Alto riesgo durante el mes de junio; sin embargo, durante el verano de 2020 la situación fue más alarmante. La ola de calor más intensa registró alerta de Alto Riesgo durante 9 días consecutivos en el mes de julio, y en la que durante 7 días se registraron temperaturas máximas por encima de 36.5 °C.

El Plan establece tres niveles de riesgo y las acciones a desarrollar en cada uno de ellos (Tabla 5):

Tabla 5. Esquema de relación entre niveles de riesgo e intervención en episodios de olas de calor en la Comunidad de Madrid. (Fuente: Plan de Vigilancia y Control de los Efectos de las Olas de Calor (2021)).

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO	DEFINICIÓN	INTERVENCIÓN	INSTITUCIONES RESPONSABLES
Nivel 0: Normalidad	Temperatura máxima prevista para el día en curso y los cuatro siguientes no superior a 36,5°C.	<ul style="list-style-type: none"> · No hay Alerta · Situación de Normalidad. · Información población general. 	<ul style="list-style-type: none"> · D.G. Salud Pública.
Nivel 1: Precaución	Temperatura máxima prevista para el día en curso o alguno de los cuatro días siguientes superior a 35,6°C y no superior a 38,5°C, con un máximo de tres días consecutivos.	<ul style="list-style-type: none"> · Comunicación de Alerta 1. · Información dirigida a cuidadores y grupos de riesgo específicos. 	<ul style="list-style-type: none"> · D.G. Salud Pública. · Instituciones de Servicios Sociales. · Red Asistencia Sanitaria.
Nivel 2: Alto Riesgo	Temperatura máxima prevista para el día en curso o alguno de los cuatro días siguientes superior a 38,5°C, o cuatro días consecutivos con temperatura superior a 36,5°C.	<ul style="list-style-type: none"> · Comunicación de Alerta 2. · Información dirigida a cuidadores y grupos de riesgo específicos. · Intervención directa sobre población vulnerable en el ámbito domiciliario, institucional, sanitario o social. 	<ul style="list-style-type: none"> · D.G. Salud Pública. · Instituciones de Servicios Sociales. · Red Asistencia Sanitaria.

La demografía regional y el impacto de las altas temperaturas sobre la salud, especialmente en personas mayores, hacen necesaria la mejora permanente de planes de vigilancia y control y el desarrollo de planes que minimicen los efectos de las altas temperaturas.

4.1.2 Inundaciones

Los episodios de inundación responden a tres causas principales: atmosféricas, precipitación abundante /o torrencial; geográficas, que favorecen el desarrollo de la crecida fluvial, y antrópicas que aumentan la vulnerabilidad y exposición ante los desbordamientos de los ríos. Por otra parte, pueden producirse inundaciones debido a fallos en las infraestructuras hidráulicas.

A nivel nacional, las recomendaciones y las medidas de adaptación a adoptar en la gestión del riesgo de inundaciones se recoge en el documento **"Inundaciones y cambio climático (2018)"** del Ministerio para la Transición Ecológica. De manera general, cabe destacar el cambio de paradigma respecto a las llanuras de inundación y las zonas aledañas a los cauces de los ríos, las cuales deben tener espacio natural para el desbordamiento controlado. En este contexto, adquieren gran importancia en el almacenamiento del agua y laminación de los picos de inundación las llanuras aluviales y más concretamente, los humedales. Por otra parte, respecto a las técnicas de construcción de edificios, e infraestructuras es necesario su mejora en la construcción considerando desde el inciso los riesgos climáticos extremos. Este tipo de acciones ya están en marcha, promovidas por la Dirección General del Agua del MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y





el Reto Demográfico), a través del programa PIMA ADAPTA y por parte de la Oficina Española de Cambio Climático (OECC).

A nivel regional, el marco de actuación para la gestión de riesgo es el **Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad de Madrid (PLATERCAM)** que se aprueba por Acuerdo el 30 de abril de 2019 del Consejo de Gobierno como instrumento organizativo general de respuesta a situaciones de grave riesgo, en el que se recogen algunas recomendaciones ante el riesgo de inundaciones, entre las que se encuentran: medidas preventivas de los ayuntamientos, medidas preventivas para la población y recomendaciones para automovilistas.

Más específicamente, la Comunidad de Madrid dispone del **Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad de Madrid (INUNCAM)** aprobado por Acuerdo el 9 de diciembre de 2020 por el Consejo de Gobierno, que responde al Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil, en la que se dispone que serán objeto de Planes Especiales, entre otras, las emergencias por inundaciones. El citado Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad de Madrid define inundación como anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente cubiertos de agua ocasionadas por desbordamiento de ríos, torrentes de montaña y demás corrientes de agua continuas o intermitentes.

La **caracterización del riesgo de inundaciones** de la Región se efectúa de acuerdo con la normativa vigente relativa a la evaluación y la gestión de los riesgos de inundación, siguiendo lo establecido en el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, transposición al ordenamiento jurídico español de la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, de 23 de octubre de 2007. Como consecuencia de este proceso, se inicia la definición de las **"Áreas de Riesgo Potencialmente Significativo de Inundación" (ARPSIs)**, para las que se realizarán los mapas de peligrosidad y riesgo y, posteriormente, los planes de gestión.

A nivel estatal, la **"Propuesta de mínimos para la Metodología de realización de los mapas de riesgo de inundación"**, publicada en 2013 por el Ministerio de Transición Ecológica, establece como necesario para el control del riesgo de inundaciones siguiendo la normativa europea: la realización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI), la elaboración de los mapas de peligrosidad y riesgo, y la redacción de los planes de gestión de los riesgos de inundación; estableciendo el Sistema Nacional de Cartografía de zonas Inundables como referencia para el reporte.

En la Comunidad de Madrid, la gestión del riesgo frente a inundaciones regulada en el Plan INUNCAM de 2020, establece la obligatoriedad a 103 localidades, en función de su riesgo, de disponer de un Plan de Actuación Municipal frente a inundaciones, donde establezcan las medidas preventivas y la organización mínima para coordinar los servicios propios y las ayudas externas. Asimismo, la Comunidad de Madrid, a través de la ASEM¹¹², está elaborando los planes de actuación municipal por inundaciones en 60 localidades de la Región de menos de 20.000 habitantes.

A los efectos del presente Plan, se considerarán todas aquellas inundaciones, naturales y de origen antrópico, que representen un riesgo para la población y sus bienes, produzcan daños en infraestructuras básicas o interrumpan servicios esenciales para la comunidad, bien sean por:

- precipitación *"in situ"* (debidas a lluvias torrenciales que sobrepasan la capacidad de infiltración del suelo),
- por escorrentía, avenida o desbordamiento de cauces, provocada o potenciada por: precipitaciones, deshielo o fusión de nieve, obstrucción de cauces naturales o artificiales, invasión de cauces, aterramientos o dificultad de drenaje,
- o bien Inundaciones por rotura o el funcionamiento incorrecto de obras de infraestructura hidráulica, como son balsas y presas. En el caso particular de la Comunidad de Madrid, el caudal de los cursos fluviales se mantiene regulado con carácter general por los numerosos embalses existentes en la Región, por lo que las inundaciones provocadas por un aumento de éste son escasas, aunque no es descartable que en ocasiones puedan producirse desbordamientos.

Atendiendo a la importancia de las lluvias torrenciales como factor desencadenante de episodios de inundación, se presenta a continuación el registro histórico de lluvias torrenciales en la Comunidad de Madrid desde 1985 (Tabla 6).



Tabla 6. Registro histórico de lluvias torrenciales en la Comunidad de Madrid desde 1985. (Fuente: Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad de Madrid INUNCAM).

FECHA	EVENTO	LOCALIZACIÓN	IMPACTO MATERIAL	IMPACTO HUMANO
31-ago-86	Tormenta	Zonas sur de la región	Numerosas salidas del cuerpo de bomberos por Inundaciones	
25-jul-87	Tormenta de agua, granizo y viento	Zonas sur de la región	Inundaciones con cortes de luz, agua y teléfono y daños en vehículos, bajos y garajes	16 rescates
26-jun-88	Tormenta de agua	Zona Norte de la región.	Inundaciones	Desalojo de personas en Hortaleza
20-ago-90	Tormenta	Aluche (Madrid), Boadilla del Monte, Villalba, Majadahonda, Galapagar, Villanueva de la Cañada, El Escorial, Villaviciosa y Leganés	Aproximadamente 50 salidas del cuerpo de bomberos por Inundaciones	
09-sep-90	Tormenta de agua	Zona sureste	Corte de comunicaciones entre la Comunidad y el sur de España. Carretera nacional IV cortada al menos 3 horas.	
10-ago-95	Gran aguacero acompañado de fuerte viento y granizo.	Zona central (Tetuán, Moncloa, Fuencarral y Centro)	Aproximadamente 140 salidas del cuerpo de bomberos por Inundaciones. Carretera M30 cortada 8 horas.	
24-jun-95	3 tormentas	Zona sur	Rotura de compuertas del Río Manzanares. Inundaciones en la vía pública afectando a edificios y redes de transporte.	Una persona fallecida
24-may-98	Tormenta de agua	Zona sur de la capital, Getafe y Leganés	Corte de tráfico entre Getafe y Leganés. Inundaciones en acceso al Hospital Universitario de Getafe y casco urbano.	
30-oct-99	Tormenta de agua y granizo	Capital y zona suroeste de la región. Navalcarnero y Móstoles.	Carretera N-V cortada 20 minutos. Desbordamiento del río Guadarrama y numerosos daños estructurales.	
04-jun-00	Fuertes tormentas	Pozuelo de Alarcón, Parla, Arroyomolinos y Rivas-Vaciamadrid.	150 avisos al Cuerpo de bomberos para daños en viviendas	
26-ago-02	Tormenta de agua	Fuenlabrada, Humanes, Getafe y Colmenar Viejo.	37 avisos al Cuerpo de bomberos	
07-oct-02	Tormenta de escasa duración	Zonas diversas de la CAM	101 intervenciones del cuerpo de bomberos	
19-oct-03	Lluvia intensa	Desbordamiento del arroyo Culebro	140 intervenciones del cuerpo de bomberos	
24-may-04	Fuerte aguacero	Capital	200 intervenciones del cuerpo de bomberos	
04-may-06	Tormenta de agua	Capital	Inundaciones en línea 3 del metro en la estación de Legazpi	
15-jun-06	Tormenta de agua	Sureste de la región, Leganés, Alcorcón, Móstoles, y Fuenlabrada.	Inundaciones en metro en las estaciones de Pirámide y Acacias, atascos en carretera y retrasos en vuelos	
29-abr-07	Tormenta de agua	Toda la región	Corte en túnel de la M-30 hacia la A-3	
20-may-07	Lluvia intensa	Toda la región	Cortes en carreteras y desvíos en vuelos programados. 111 intervenciones del cuerpo de bomberos	
22-may-07	Tormenta de agua	Sur de la región, distritos de Usera y Carabanchel.	3 líneas de metro afectadas, una estación, intercambiador de Príncipe Pío. 332 intervenciones del cuerpo de bomberos.	
09-sep-08	Tormenta intensa de granizo	Capital	Cierre de túneles y calles cortadas	





FECHA	EVENTO	LOCALIZACIÓN	IMPACTO MATERIAL	IMPACTO HUMANO
22-sep-08	Lluvias fuertes	Madrid, Rivas Vaciamadrid, San Fernando de Henares y Coslada		Una persona fallecida
11-oct-08	Tormenta	Capital	Inundaciones en toda la ciudad	
16-jun-09	Tormenta	Toda la región. Muy afectados los distritos de San Blas, Ciudad Lineal, Barajas, Vicálvaro y Hortaleza.	Un centenar de intervenciones del cuerpo de bomberos.	
08-oct-09	Lluvia intensa	Arroyomolinos, Móstoles, Getafe, Fuenlabrada y Alcorcón.	Interrumpido servicio línea 5 y línea 1 de Metro Ligero por inundaciones. 44 intervenciones del cuerpo de bomberos.	
20-oct-09	Tormenta intensa de agua	Madrid, Móstoles, Alcorcón, Navalcarnero, Majadahonda, Pozuelo, Las Rozas y Tres Cantos.	Inundaciones en la vía pública. Medio centenar de intervenciones del cuerpo de bomberos.	
01-sep-10	Fuertes tormentas	Alcalá de Henares, Meco, Villalba o Torreloaños.	Inundaciones en carreteras y viviendas	
16-sep-10	Fuertes tormentas	Griñón, Parla, Fuenlabrada y Getafe	Inundaciones en carreteras y viviendas	
20-abr-12	Fuertes tormenta de agua	Toda la región	Inundaciones en bajos y locales. 45 intervenciones del cuerpo de bomberos.	
03-jul-14	Fuerte granizada	Madrid	Grandes atascos en la M-11 y M-40 y decenas de avisos a los bomberos.	Varios heridos leves
11-oct-14	Fuertes tormentas	Madrid, Leganés, Fuenlabrada, Alcorcón	Inundaciones en el metro y 187 intervenciones de los bomberos.	
11-jun-15	Lluvias torrenciales	Madrid	Mayor incidencia en los municipios de la zona sur (Humanes, Griñón y Parla), 83 intervenciones del cuerpo de bomberos.	Una persona fallecida
23-ago-15	Fuerte tormenta	Toda la región	64 incidencias gestionadas, de ellas 39 fueron en Villanueva de la Cañada.	
30-ago-15	Tormenta	Aranjuez, Alcobendas, San Sebastián de los Reyes	Daños en arbolado, se contabilizaron 244 árboles dañados en el Real Sitio de Aranjuez. Daños en edificios como la Ciudad Deportiva de Las Olivas y algunos colegios públicos.	6 personas heridas leves
04-sep-15	Fuerte tormenta	Alcorcón	Caída de árboles e inundaciones. 50 intervenciones del cuerpo de bomberos.	
16-jun-17	Fuerte tormenta	Madrid	Caída de ramas.	6 personas heridas leves
06/07-jul-17	Tormenta	Centro y sur de la Comunidad de Madrid	Inundaciones en varias estaciones de metro. Graves daños en las cosechas del municipio de Valdelaguna.	Una persona fallecida
10-jul-17	Fuertes lluvias	Madrid	Cancelaciones de vuelos, desvíos a otros aeródromos, grandes retenciones de tráfico en numerosos puntos de la red viaria, retrasos en trenes y cortes en carreteras de la región.	
28-ago-17	Tormentas	Comunidad de Madrid	249 intervenciones, de las cuales 120 fueron en la capital.	
07-may-18	Lluvias torrenciales	Comunidad de Madrid	Inundaciones en Corredor del Henares y Coslada.	
21-may-18	Lluvias torrenciales	Plaza de las Ventas (Madrid)	40 intervenciones del cuerpo de bomberos	
25-may-18	Fuerte tormenta	Alcorcón, Humanes, Torrejón de la Calzada, San Lorenzo y El Escorial	200 incidencias por inundaciones.	
06-ago-18	Tormenta	Sur de la Comunidad de Madrid	261 avisos por caídas de árboles, desprendimientos en fachadas y formación de balsas de agua.	



FECHA	EVENTO	LOCALIZACIÓN	IMPACTO MATERIAL	IMPACTO HUMANO
24-abr-19	Vientos y lluvias fuertes	Comunidad de Madrid	234 incidencias por caída de árboles, inundaciones y daños estructurales.	
02-jul-19	Fuertes lluvias	Camarma de Esteruelas	Daños materiales en el municipio.	
21-jul-19	Tormenta	Madrid	46 intervenciones del cuerpo de bomberos. Inundaciones en calles y caída de ramas.	
21-ago-19	Fuertes lluvias y granizo	Madrid	Inundaciones en vía pública, sótanos y garajes y caídas de ramas y árboles. 70 intervenciones.	
26-ago-19	Fuerte tormenta	Comunidad de Madrid	Afección a varias líneas de metro. 1,134 intervenciones de los servicios de emergencia.	
15-sep-19	Gran tormenta	Madrid, Arganda del Rey.	Interrupción de la línea 6 de metro. 500 intervenciones del cuerpo de bomberos y 605 expedientes gestionados por el 112.	

En lo relativo a eventos de inundaciones, la revisión y actualización de la **Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI 2º ciclo)** de la Cuenca Hidrográfica del Tajo, se recoge en la Figura 7 el número de episodios históricos registrados en los municipios de la cuenca. Se observa como la zona metropolitana de Madrid alberga la mayor ocurrencia de episodios, junto con la zona sur y Corredor del Henares.

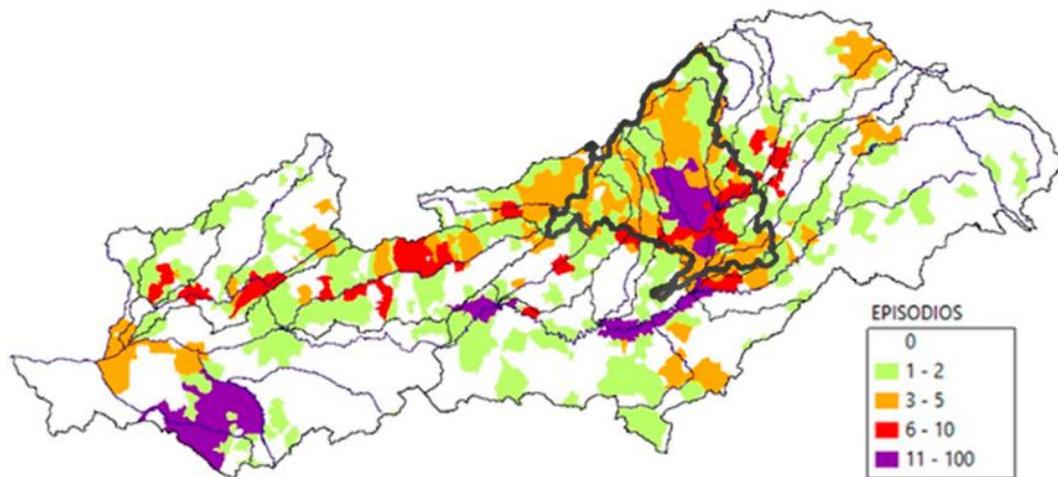


Figura 7. Número de episodio históricos registrados en los municipios de la Cuenca Hidrográfica del Tajo. (Fuente: Revisión y actualización de la evaluación preliminar del riesgo de inundación (EPRI 2º ciclo)).

El registro histórico de inundaciones específico de la Comunidad de Madrid se presenta a continuación en la Tabla 7, para el periodo 1995-2009.



Tabla 7. Registro histórico de inundaciones en la Comunidad de Madrid desde 1985 hasta el 2009. (Fuente: Adaptado del Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH)).

EPISODIO	EPISODIO CATÁLOGO	CUENCA	FECHA DE INICIO	FECHA DE FINAL	DENOMINACIÓN
03-19950624-19950624-N	457/3340	TAJO	24/06/1995	24/06/1995	Inundación junio 1995
03-19951200-19960200-A	459/3340	TAJO	00/12/1995	00/02/1996	Inundación diciembre-febrero 1995-1996
03-19961200-19970100-N	460/3340	TAJO	00/12/1996	00/01/1997	Inundación diciembre-enero 1996-1997
03-19971217-19980100-N	463/3340	TAJO	17/12/1997	00/01/1998	Inundación diciembre 1997
03-19990831-19990901-N	464/3340	TAJO	31/08/1999	01/09/1999	Inundación agosto 1999
03-20001229-20001230-A	467/3340	TAJO	29/12/2000	30/12/2000	Episodio de lluvias diciembre 2000
03-20060615-20060616-A	474/3340	TAJO	15/06/2006	16/06/2006	Tormentas junio 2006
03-20070520-20070525-A	475/3340	TAJO	20/05/2007	25/05/2007	Episodio de tormentas mayo 2007
03-20080922-20080922-A	477/3340	TAJO	22/09/2008	22/09/2008	Tormentas septiembre 2008
03-20081012-20081012-A	478/3340	TAJO	12/10/2008	12/10/2008	Tormentas octubre 2008
03-20090809-20090812-A	479/3340	TAJO	09/08/2009	12/08/2009	Tormentas agosto de 2009

Para hacer frente a la gestión del riesgo de inundación, el **Plan INUNCAM** recoge el estudio de zonas inundables realizado por la entonces Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad, a partir del cual clasifica las zonas inundables en función de la peligrosidad del territorio de la Comunidad en 4 zonas diferenciadas:

- Zonas de inundación muy frecuente o de alta frecuencia: Zonas inundables para avenidas de período de retorno inferior a los diez años.
- Zonas de inundación frecuente: Zonas inundables para avenidas de período de retorno entre diez y cincuenta años.
- Zonas de inundación ocasional. Zonas inundables para avenidas de período de retorno entre cincuenta y cien años.
- Zonas de inundación excepcional: Zonas inundables para avenidas de período de retorno entre cien y quinientos años.

A partir del análisis realizado para la elaboración del Plan, las zonas calificadas como de inundación muy frecuente ascenderían a una superficie de 6,800 ha, lo que supone un 1% menos del total del territorio de la Comunidad de Madrid. Por otra parte, las zonas de inundación frecuente representarían unas 10,700 ha; las zonas de inundación ocasional superarían las 17,000 ha y las zonas de inundación excepcional alcanzarían aproximadamente 22,800 ha (superficie equivalente al 2.85% de la superficie total de la Comunidad de Madrid), como muestra el gráfico de la Figura 8.

Así mismo, la Figura 9 representa las zonas de inundación de carácter excepcional (período de retorno $T=500$ años) en la Comunidad de Madrid. El elevado período de retorno de las inundaciones en estas zonas, hace que la extensión de éstas sea muy amplia: La práctica totalidad de los cauces fluviales que atraviesan la Comunidad presentan zonas de inundación, resultando especialmente considerables en el Henares y el Jarama, sobre todo a su paso por Aranjuez, así como en el Alberche. No obstante, se debe prestar también especial atención a las zonas de inundación del Manzanares y Guadarrama, por las numerosas zonas pobladas que atraviesan estos ríos.



Tabla 8. Municipios potencialmente inundables clasificados como zonas de inundación muy frecuente y frecuente de la Comunidad de Madrid. (Fuente: Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad de Madrid (INUNCAM)).

Municipio	Zona de inundación <i>muy frecuente</i> (ha)	% T.M.	Municipio	Zona de inundación <i>frecuente</i> (ha)	% T.M.
Aranjuez	1,149.26	6.08	Aranjuez	2,277.72	12.05
Chinchón	846.36	7.31	Chinchón	871.43	7.53
Rivas-Vaciamadrid	415.54	6.16	Rivas-Vaciamadrid	556.80	8.26
Morata de Tajuña	367.34	8.11	Morata de Tajuña	482.46	10.65
Alcalá de Henares	276.02	3.13	Alcalá de Henares	477.93	5.42
Villa del Prado	274.47	3.55	Aldea del Fresno	392.16	7.59
Aldea del Fresno	274.12	5.31	Madrid	353.23	0.58
Madrid	221.02	0.37	San Martín de la Vega	321.70	3.06
Villaviciosa de Odón	216.97	3.18	Colmenar de Oreja	303.06	2.40
San Sebastián de los Reyes	187.80	3.18	Getafe	298.41	3.8
San Fernando de Henares	182.77	4.71	Villa del Prado	287.61	3.72
Villamanrique de Tajo	181.16	6.13	Villaviciosa de Odón	273.68	4.01
San Martín de la Vega	164.37	1.56	San Sebastián de los Reyes	248.50	4.20
Colmenar de Oreja	150.22	1.19	San Fernando de Henares	237.31	6.11
Fuentidueña de Tajo	130.00	2.16	Villamanrique de Tajo	225.22	7.61
Aranjuez	4,301.74	22.76	Aranjuez	5,239.99	27.72
Chinchón	1,166,45	10.07	Chinchón	1,320.89	11.41
Rivas-Vaciamadrid	849.72	12.60	Rivas-Vaciamadrid	1,262.90	18.73
San Martín de la Vega	749.67	7.13	San Martín de la Vega	1,112.93	10.59
Alcalá de Henares	629.02	7.85	Alcalá de Henares	933.72	10.60
Colmenar de Oreja	528.77	4.19	Ciempozuelos	846.64	17.14
Morata de Tajuña	516.09	11.40	Colmenar de Oreja	655.99	5.19
Aldea del Fresno	455.06	8.81	Madrid	630.31	1.04
Ciempozuelos	454.22	9.19	San Fernando de Henares	625.11	16.09
Madrid	438.36	00.73	Morata de Tajuña	553.75	12.23
Getafe	339.87	4.33	Aldea del Fresno	525.38	10.17
San Fernando de Henares	339.16	8.73	Getafe	483.83	6.16
Fuentidueña de Tajo	319.04	5.30	San Sebastián de los Reyes	375.31	6.35
Villa del Prado	295.35	3.82	Villamanrique de Tajo	372.23	12.59
Villaviciosa de Odón	294.91	4.42	Fuentidueña de Tajo	364.98	6.07

Las zonas inundables resultantes del estudio se clasifican en cuatro niveles de riesgo. Estos niveles de riesgo se han establecido en función de la extensión que alcanza la lámina de inundación para los 4 escenarios de peligrosidad de inundación calculados (periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años) y de su vulnerabilidad. Las zonas resultantes componen las **áreas con riesgo potencial significativo de inundación en la comunidad de Madrid (ARPSIs)**, y se clasifican de la siguiente forma:

- Zonas A, de riesgo alto: zonas en las que las avenidas de 50, 100 o 500 años producirán graves daños a núcleos importantes de población. También las de 50 años que produzcan impactos en viviendas aisladas, instalaciones comerciales o industriales y/o a los servicios básicos. En estas zonas, a efectos de emergencia para las poblaciones, se establecen las siguientes subzonas:



- a) zonas A1 de riesgo alto frecuente: zonas en las que las avenidas de 50 años producirán graves daños a núcleos urbanos
- b) zonas A2 de riesgo alto ocasional: zonas en las que las avenidas de 100 años producirán graves daños a núcleos urbanos.
- c) zonas A3 de riesgo alto excepcional: zonas en las que las avenidas de 500 años producirán graves daños a núcleos urbanos.
- Zonas B, de riesgo significativo: zonas no coincidentes con las A, en las que las avenidas de 100 años producirán impactos en viviendas aisladas, y las de periodo de retorno igual o superior a 100 años, daños significativos a instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos.
- Zonas C, de riesgo bajo: zonas no coincidentes con las A ni con las B, en las que las avenidas de 500 años producirán impactos en viviendas aisladas, y las avenidas consideradas en los mapas de inundación, daños pequeños e instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos.

A partir del análisis de riesgos realizado se obtienen los siguientes resultados para la Región:

- 1,836.89 hectáreas de la Comunidad de Madrid se encontrarían en zona de riesgo alto o Zona A, de las cuales, 882.36 hectáreas estarían en zonas de riesgo alto frecuente o Zona A-1.
- por otro lado, la superficie ocupada por las zonas de riesgo significativo en la Comunidad de Madrid superaría las 300 hectáreas,
- siendo muy inferior la superficie ocupada por zonas de riesgo bajo (0.015 hectáreas). Esto se debe a que en aquellas zonas en que no se conocía el calado, éste se ha estimado, por prevención, como superior a 0.7m y, por tanto, quedan clasificadas como de riesgo significativo.

En términos de población potencialmente afectada estimada para cada núcleo urbano, se encontrarían en zona clasificada como de riesgo alto por inundación o Zona A, aproximadamente un 2% de la población total de la Comunidad de Madrid. El listado completo de áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIs) en la Comunidad de Madrid queda recogido en la **Evaluación preliminar del riesgo de inundación en la Demarcación Hidrográfica del Tajo (2º Ciclo)**.

A efectos de prevenir los efectos de las grandes lluvias e inundaciones en la Comunidad de Madrid, el Canal Isabel II impulsa en su Estrategia de Canal de Isabel II frente al Cambio Climático, el **PLAN SANEA**, que trabaja sobre el alcantarillado de la Comunidad de Madrid en su Línea Estratégica 5: Desarrollar la cooperación con los municipios de la Comunidad de Madrid. A fin de que la Región disponga de las mejores y más modernas redes de alcantarillado, se potencia la renovación y financiación de las obras de mejora de las redes de alcantarillado municipal en toda la Comunidad con una inversión en este programa que supera los 500 millones de euros hasta el 2030. Con estas actuaciones encaminadas a desarrollar el alcantarillado se conseguirá una mejora de su red, cuya consecuencia será la reducción de vertidos incontrolados y, a su vez una mejora de los cauces receptores y una disminución del riesgo de inundaciones en los municipios gestionados, para lo que se completa este análisis con acciones para la desconexión de las aguas limpias a las redes de alcantarillado y la extensión de sistemas sostenibles de drenaje urbano.

Por otra parte, a fin de mejorar la **gestión del riesgo de inundaciones**, Canal Isabel II impulsa en el marco de la Estrategia el **Plan innova100**, por el cual se desarrolla un sistema de identificación y cuantificación del riesgo ante inundaciones, y se ponen en marcha el Centro de Excelencia e Investigación de Canal de Isabel II (CEIC) para técnicas de drenaje urbano, clave para probar y desarrollar técnicas de drenaje sostenible que eviten inundaciones ante los nuevos escenarios pluviométricos, con fenómenos meteorológicos más violentos.

4.1.3 Inclemencias invernales

Los principales eventos dentro de las inclemencias invernales considerados a nivel regional en este análisis son las olas de frío y las nevadas. Si bien es cierto que los resultados más recientes del IPCC (2019), denotan un aumento de las temperaturas mínimas, y por consiguiente una disminución en la recurrencia o severidad de eventos extremos invernales, merece la pena analizar el contexto regional de este tipo de fenómenos y su proyección a medio y largo plazo, sobre todo, después del reciente episodio de intensas nevadas de enero de 2021, provocado por la borrasca Filomena. Esta nevada provocó graves consecuencias sociales y económicas sobre la Región. Los daños económicos superaron los 100 M€ (según UNESPA), y sólo el coste de recuperación del arbolado en vías públicas supuso al menos 1,6 M€.

De acuerdo con los criterios de la AEMET, se considera ola de frío un episodio de al menos tres días consecutivos en que, como mínimo, el 10 % de las estaciones consideradas registran mínimas por debajo del percentil del 5 % de su serie de temperaturas mínimas diarias de los meses de enero y febrero del periodo 1971-2000.



En los meses de invierno se produce un aumento de la mortalidad debido sobre todo a enfermedades cardiovasculares y respiratorias en mayor medida que la producida directamente por situaciones de frío extremo, como son la hipotermia y la congelación. Además, existe un incremento sustancial en la carga de enfermedad producida por estas patologías crónicas, sobre todo cardíacas y respiratorias. Las bajas temperaturas también debilitan la respuesta defensiva del organismo y parte de la etiología del exceso de morbimortalidad asociada al frío es de naturaleza infecciosa, principalmente por agentes como el virus de la gripe o el neumococo. Por otra parte, las bajas temperaturas y las heladas favorecen los accidentes de tráfico y las caídas por placas de hielo; y con ello un aumento de la presión hospitalaria durante las olas de frío.

Las situaciones de hipotermia o congelación están fundamentalmente relacionadas con la inadecuada calefacción y el deficiente aislamiento de las viviendas, las carencias socioeconómicas ("pobreza energética") y una mayor incidencia en invierno de enfermedades infecciosas como la gripe.

Los resultados del estudio "Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al frío en España en el periodo 2000-2009. Comparación con la mortalidad atribuible al calor" (Carmona et al., 2016), del Instituto de Salud Carlos III, muestran que las muertes atribuibles a las olas de frío para la Comunidad de Madrid en ese periodo se cifran en 568 personas, encontrándose entre las provincias con más decesos junto con Badajoz (634), Sevilla (593) y Málaga (565), si bien su densidad de población es también notablemente superior. Dejando de lado la variable población, en la Figura 10 se representa el Riesgo Atribuible (RA) de mortalidad desagregado por provincias, esto es, el índice de aumento del riesgo poblacional en % suponiendo que toda la población está expuesta por igual al factor de riesgo. Los resultados arrojados para el periodo 2000-2009 colocan a Madrid en un porcentaje de Riesgo relativamente alto, concretamente el 10,5%.

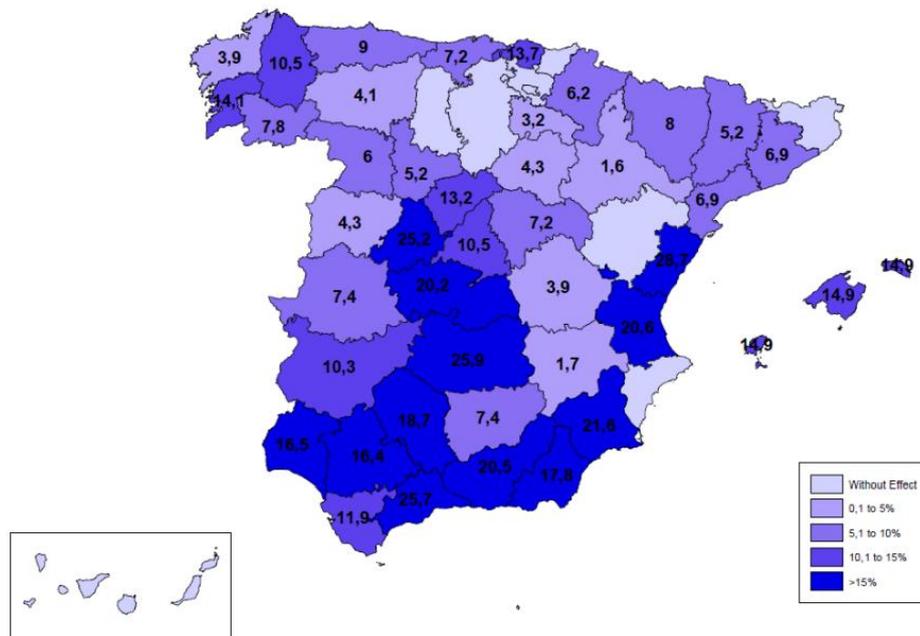


Figura 10. Riesgo atribuible (%) de mortalidad por causas naturales por cada grado Celsius en el que se superar la temperatura umbral para el frío en España en el periodo 2000-2009. (Fuente: Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al frío en España en el periodo 2000-2009. Ministerio de Economía y Competitividad).

Más concretamente, en un estudio realizado para la ciudad de Madrid (Díaz *et al.*, 2015) en el que se analiza por grupos de edad cuál ha sido la incidencia en el número de afecciones por frío y por calor en el periodo 1986- 1997, y se compara con la del periodo 2001-2009, se observa que la incidencia del frío ha aumentado especialmente en los grupos de mayores de 65 años, triplicándose el impacto especialmente en el grupo de más de 75 años, y en los grupos de 45-64 años y 65-74 años, en los cuales el Riesgo Atribuible (RA) se ha duplicado respecto al existente en el periodo 1986-1997.

No obstante, y acorde a las proyecciones del IPCC (2019) citadas previamente, en la Comunidad de Madrid, la tendencia del número de días al año con frío intenso (considerando como tales aquellos en que la temperatura mínima fue menor o igual a -2°C -media de las temperaturas mínimas registradas en los observatorios de Barajas, Cuatro Vientos, Getafe y Retiro-) durante el periodo 1989 a 2020 ha disminuido, como se presenta a continuación en la Figura 11:

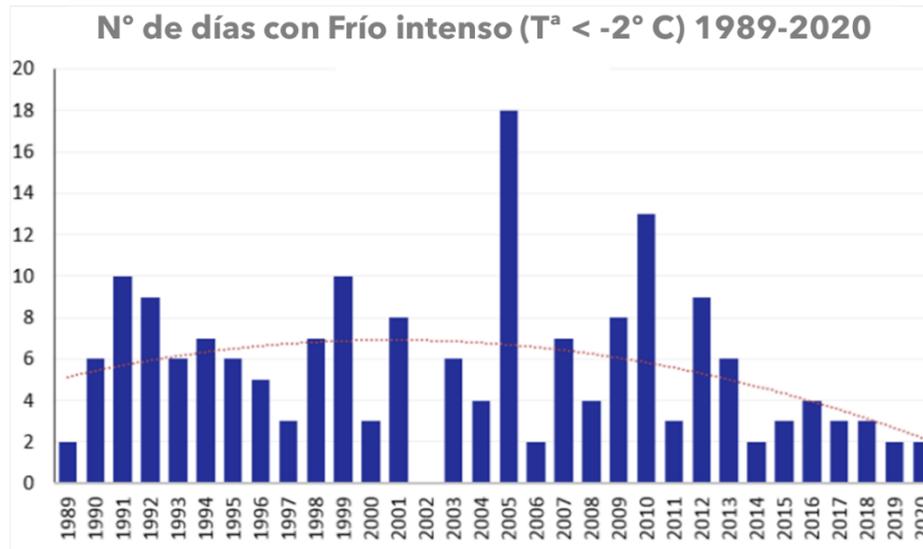


Figura 11. Histórico y tendencia del número de días con frío intensos anuales en el periodo 1989-2020 en la Comunidad de Madrid. (Fuente: Plan de Vigilancia y Control de los Efectos del Frío en la Salud en la Comunidad de Madrid, Dirección General de Salud Pública de la Comunidad de Madrid, 2021).

Adicionalmente se presenta el registro histórico de olas de frío en la Comunidad de Madrid desde 1985 (Tabla 9):

Tabla 9. Registro histórico de olas de frío en la Comunidad de Madrid desde 1985. (Fuente: Listado de provincias afectadas por las Olas de frío registradas desde 1975, AEMET).

INVIERNO	INICIO-FIN
2020-21	11/01/2021-18/01/2021
2016-2017	18/01/2017-20/01/2017
2011-2012	02/02/2012-05/02/2012
2011-2012	08/02/2012-15/02/2012
2010-2011	22/01/2011-26-01-2011
2009-2010	18/12/2009-21-12-2009
2009-2010	09/01/2010-11/01/2010
2009-2010	11/02/2010-14/02/2010
2008-2009	07/01/2009-12/01/2009
2005-2006	28/01/2006-30-01-2006
2004-2005	26/01/2005-02/02/2005
2004-2005	17/02/2005-19/02/2005
2002-2003	11/01/2003-16-01-2003
2001-2002	13/12/2001-29/12/2001
1998-1999	21/02/1996-23/02/1996
1994-1995	24/12/1994-28/12/1994
1993-1994	18/01/1994-23/01/1994
1992-1993	02/01/1993-05/01/1993
1986-1987	19/02/1987-22/02/1987
1984-1985	04/01/1985-17/01/1985

Para afrontar el riesgo en episodios de olas de frío, la Comunidad de Madrid dispone de un plan específico de actualización anual, Plan de Vigilancia y Control de los Efectos del Frío en la Salud 2021-2022. El plan establece dos niveles por ola de frío teniendo en cuenta las predicciones de temperaturas mínimas para 3 días consecutivos y la temperatura umbral de -2° C:



- Nivel 0, normalidad: cuando las temperaturas mínimas previstas para los próximos tres días superen o igualen los -2°C . Esta situación expresa la "normalidad" de la temperatura invernal en la Comunidad de Madrid.
- Nivel 1, alerta: se considera que hay un incremento del riesgo de ola de frío cuando la temperatura mínima prevista para al menos uno de los próximos tres días sea inferior a -2°C .

El plan establece por una parte los grupos que conforman riesgo para la salud: personas mayores, recién nacidos y lactantes, personas con ciertas enfermedades crónicas, personas con medicación, personas con movilidad reducida, personas que trabajan al aire libre, personas que practican deportes al aire libre y mujeres embarazadas. Por otra parte, establece los grupos de población más vulnerable a los efectos del frío, constituida sobre todo las personas sin hogar y las que se encuentran en situación de "pobreza energética", lo que les impide mantener una temperatura de confort en los hogares en los momentos más fríos del año.

La actuación frente al riesgo de inclemencias invernales en la Comunidad de Madrid se encuentra recogida en el **Plan de Nevadas 2021-2022** (de actualización anual) con el que se pretende asegurar la vialidad en la Red de Carreteras del Estado y reducir al mínimo el número de tramos con restricciones al tráfico o retenciones y su duración, mediante la adecuada coordinación. De forma general este Plan, responde a todos los fenómenos adversos (nevadas, hielo, granizo o lluvia engelante) que se produzcan en la Comunidad de Madrid entre el 1 de noviembre de 2021 y el 31 de marzo de 2022.

La gestión frente a inclemencias invernales está regulada en la Orden 1624/2000, por la que se modifica el **Plan de Protección Civil ante Inclemencias Invernales en la Comunidad de Madrid**. Por otra parte, el **Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad de Madrid (PLATERCAM)**, instrumento organizativo general que asume el papel de Plan Director de toda la planificación de protección civil que se elabore en la Comunidad de Madrid, establece precauciones y recomendaciones para la población en zonas frías y automovilistas en situaciones de nevadas, hielos y olas de frío.

El **Plan de Protección Civil ante Inclemencias Invernales en la Comunidad de Madrid** contempla los principales problemas que se presentan durante los episodios de inclemencias invernales (considerando nevadas, olas de frío y descensos bruscos de temperatura), relacionados con la actividad humana:

- Comunicaciones por carretera: aislamiento de poblaciones o núcleos de población, problemas de accesibilidad y abastecimiento, aumento considerable de la accidentalidad por hielo, nieve y/o visibilidad, colapso circulatorio, etc.
- Comunicaciones por ferrocarril: interrupción de la circulación, trenes bloqueados, averías en la señalización y movimientos de agujas, falta de visibilidad, derivaciones en tracción eléctrica, formación de manguitos, etc.
- Rotura de líneas eléctricas y telefónicas que pueden provocar problemas en el suministro eléctrico y comunicaciones.
- Averías en la red de abastecimiento de agua y gas por rotura de conducciones.
- Aumento de la contaminación atmosférica por el incremento del uso de combustibles para calefacción y la aparición de fenómenos de inversión térmica.
- Riesgo de contaminación de suelos o de recursos hídricos por el uso masivo de fundentes.
- Deterioro de la capacidad de los Servicios de Extinción de Incendios ante el peligro de la congelación de las tomas de agua.
- Incremento de accidentalidad en deportes de montaña.
- En caso de olas de frío con caídas de temperaturas de varios grados bajo cero, se produce un aumento de pacientes en Centros Asistenciales, y del riesgo de muerte por congelación de personas desprotegidas, e incluso de personas circunstancialmente aisladas.

Considerando los puntos expuestos y las condiciones meteorológicas registradas los últimos años, el Plan establece una zonificación del territorio en función del número esperado de días de nieve al año. De esta manera se clasifica un sector de riesgo alto (más de veinte días de nieve al año, ligado a la Sierra de Guadarrama y recogidos en la Tabla 10), un sector intermedio (entre cinco y veinte días de nieve al año, que se extendería desde San Martín de Valdeiglesias hasta la Sierra de La Cabrera), y un tercer sector en el que se incluye el área metropolitana de Madrid y la totalidad de la cuenca del Tajo (se esperan menos de cinco días de nieve al año). La zonificación se representa en la Figura 12.

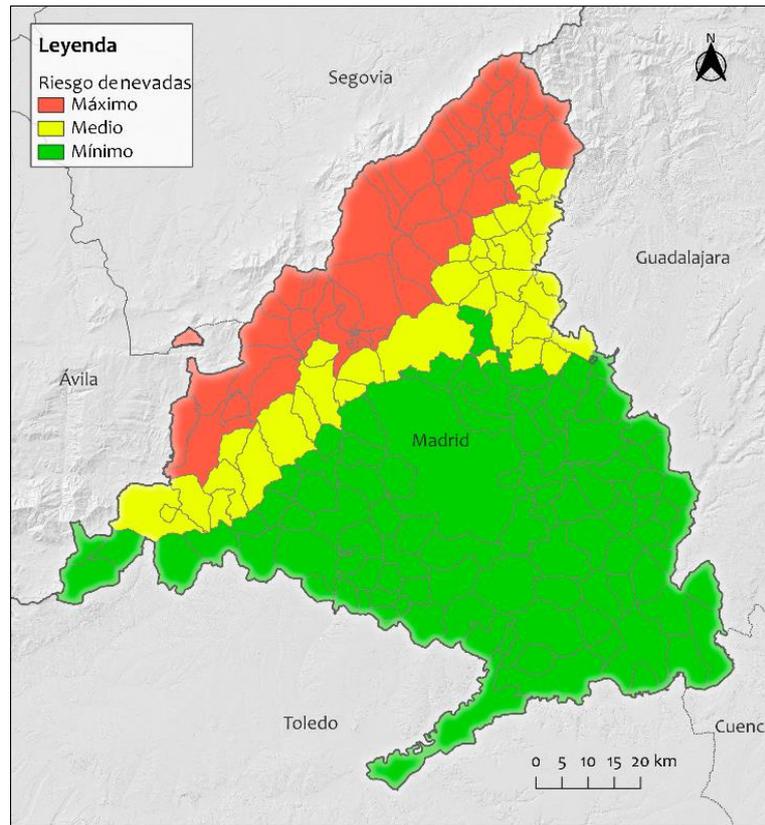


Figura 12: Riesgo de nevadas por municipio en la Comunidad de Madrid. (Fuente: elaboración propia a partir de datos del Plan de Protección Civil ante Inclemencias Invernales en la Comunidad de Madrid).

Tabla 10. Municipios de Madrid con Riesgo Máximo de Nevadas. (Fuente: Orden 1624/2000, de 18 de abril, del Consejero de Medio Ambiente, por la que se modifica el Plan de Protección Civil ante Inclemencias Invernales en la Comunidad de Madrid).

MUNICIPIO	CÓD. INE	ALTITUD (m)
Acebeda, La	1	1,269
Alameda del Valle	3	1,11
Alpedrete	10	919
Becerril de la Sierra	18	1,073
Boalo, El	23	941
Braojos	24	1,192
Buitrago del Lozoya	27	975
Bustarviejo	28	1,222
Canencia	34	1,15
Cercedilla	38	1,188
Collado Mediano	46	1,029
Escorial, El	54	909
Garganta de los Montes	62	1,135
Gargantilla de Lozoya	63	1,134
Gascones	64	1,045
Guadarrama	68	981
Hiruela, La	69	1,257
Horcajo de la Sierra	70	1,068
Horcajuelo de la Sierra	71	1,145



MUNICIPIO	CÓD. INE	ALTITUD (m)
Lozoya	76	1,114
Lozoyuela-Navas-Sieteiglesias	901	1,033
Madarcos	78	1,062
Manzanares el Real	82	908
Miraflores de la Sierra	85	1,15
Molinos, Los	87	1,045
Montejo de la Sierra	88	1,148
Moralzarzal	90	979
Navacerrada	93	1,203
Navarredonda	97	1,22
Pinilla del Valle	112	1,095
Piñuécar	114	1,061
Prádena del Rincón	117	1,104
Puebla de la Sierra	118	1,161
Puentes Viejas	902	1,012
Rascafría	120	1,163
Robledo de Chavela	125	908
Robregordo	126	1,299
San Lorenzo de El Escorial	131	1,032
Santa María de la Alameda	135	1,42
Serna del Monte, La	138	1,074
Somosierra	143	1,434
Soto del Real	144	921
Valdemanco	158	1,14
Valdemaqueda	159	872
Villavieja de Lozoya	182	1,066
Zarzalejo	183	1,104

Desde el punto de vista de las predicciones meteorológicas, se realiza también una zonificación del territorio en función de unos umbrales de nieve que puedan considerarse conflictivos, en base a la actividad humana y la altura del territorio:

- Área Metropolitana de Madrid: nieve que cubra el suelo y que alcance un espesor de 3 centímetros (equivalente a una precipitación de 3 litros/ m²/24h).
- Zonas con altitud inferior a 800 metros: nieve que cubra el suelo y que alcance un espesor de más de 5 centímetros (equivalente a 5 litros/ m²/ 24 h).
- Zonas comprendidas entre los 800 y los 1200 metros: nieve que cubra el suelo y que alcance un espesor de más de 10 centímetros (equivalente a 10 litros/metro cuadrado/24 horas).
- Zonas de más de 1200 metros de altitud: nieve que cubra el suelo y que alcance un espesor de más de 15 centímetros (equivalente a 15 litros/m²/24h).

En cuanto a la vulnerabilidad de la red de carreteras ante problemas de viabilidad invernal, el Plan destaca la problemática que plantean especialmente los puertos de montaña, como los puertos de Navacerrada y Cotos, donde se encuentran las únicas estaciones de esquí de la Comunidad de Madrid. Éstos presentan una gran afluencia de visitantes ocasionando graves problemas de estacionamiento de vehículos en los puertos y carreteras y complicaciones en los trabajos de limpieza y mantenimiento.





4.1.4 Sequías

Se entiende por sequía el periodo prolongado en el tiempo cuyas condiciones meteorológicas derivan en una escasez en la disponibilidad de recursos hídricos en comparación con condiciones normales (Van Loon et al 2016). Se puede clasificar, de manera general, en los siguientes cuatro tipos (Mishra y Singh 2009):

- **Sequía meteorológica:** hace referencia a un déficit en la precipitación y es la causante de otro tipo de sequías.
- **Sequía agrícola:** corresponde con la escasez de agua para satisfacer las necesidades de un cultivo.
- **Sequía hidrológica:** consiste en una deficiencia en la disponibilidad de agua de superficie y/o subterránea. Se desarrolla de forma más lenta que las anteriores ya que existe un retraso entre la falta de lluvia y la reducción de agua en los recursos hídricos naturales (p.ej. arroyos, ríos, lagos, embalses, entre otros).
- **Sequía socioeconómica:** son las consecuencias sociales y económicas que tienen lugar como resultado de otro tipo de sequías.

El impacto social y económico de las sequías y la escasez de agua asociada puede llegar a ser muy importante, incluso en ámbitos geográficos desarrollados. De acuerdo con la información publicada por la Comisión Europea (2012a), durante los últimos cuarenta años la sequía en la Unión Europea ha aumentado de forma espectacular en frecuencia e intensidad. El número de zonas y personas afectadas por la sequía aumentó casi un 20% entre 1976 y 2006, según el **Plan Especial de Sequías** de la Confederación Hidrográfica del Tajo de 2018.

Las sequías constituyen una componente normal y recurrente del clima en España, y como tal han de ser gestionadas en el marco de la planificación. La principal referencia normativa sobre planes especiales de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía se encuentra en el artículo 27 de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, denominado “gestión de sequías”.

Los episodios de sequía implican una reducción de los recursos de agua disponibles, lo que puede resultar problemático en territorios densamente poblados con grandes demandas hídricas como la Comunidad de Madrid. La gestión hídrica en la Comunidad de Madrid se enmarca en la planificación prevista por la Confederación Hidrográfica del Tajo, la cual define la sequía en su **Plan Especial de Sequías**, como “fenómeno natural no predecible que se produce principalmente por una falta de precipitación que da lugar a un descenso temporal significativo en los recursos hídricos disponibles”. El objetivo general del Plan es minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales de eventuales episodios de sequías, entendidas en este caso con carácter genérico.

A la hora de presentar el registro histórico de sequías con afectación a la Comunidad de Madrid, se distinguen tres horizontes en la identificación de sequías históricas de acuerdo con la información disponible en el citado Plan: 1) sequías previas al episodio—muy generalizado—de 1991 a 1995, 2) sequías producidas entre 1991 y 2007, y 3) sequías registradas con posterioridad a la aprobación de los primeros planes especiales en 2007.

1) Sequías previas a 1991

El Catálogo de sequías históricas fue elaborado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX para la Dirección General del Agua y refleja eventos de sequías anteriores a 1940. En dicho informe, entre otras tareas, se generó una base de datos que recoge información histórica de 184 eventos de sequías. La primera sequía de la que se tiene conocimiento data aproximadamente del año 1059 A.C., mientras que la última catalogada es de 1938-1939. Se trata de información esencialmente cualitativa.

2) Sequías entre 1991 y 2007

El periodo citado es de interés a la hora de comprender la situación actual y por ello se describe en mayor detalle.

Entre los años 1991 y 1995 se produjeron reducciones muy importantes de la escorrentía, superiores al 40% en la mayor parte del territorio español. Las zonas hidrológicas más afectadas en la Cuenca Hidrográfica del Tajo fueron: Alberche, Guadarrama, Tajuña, Tajo Intermedio, Margen Izquierda Intermedia y Almonte (Figura 21). (Promedio para los 5 años de sequía de la reducción porcentual respecto de la aportación media de la serie histórica > 50%).

La intensidad de la sequía produjo una reducción porcentual de un 23.1% respecto de la precipitación media en el período de los 4 años y una reducción porcentual respecto de la aportación media en el mismo período de un 46.6%, ambas referidas a la serie histórica de 1940/41 a 1999/2000. Tuvo importantes impactos sobre los usos del agua: pérdidas en todos los ámbitos demandantes del recurso (agricultura, ganadería, abastecimiento urbano, industrial, etc.). Supuso un impacto económico de 10,000 millones de dólares de la época a nivel nacional, según CRED (Center for Research of Epidemiology on the Disasters, 1995). A nivel ambiental tuvo efectos sobre la calidad físico-química del agua en ríos y embalses así como



impactos ambientales derivados de la alteración del régimen hídrico, como pueden ser cambios en la geomorfología de los cauces, modificación de ecosistemas, migración de especies, etc.

Entre los años 2004 y 2007 la mayor parte de España se vio nuevamente afectada por un episodio de sequía generalizada que conllevó graves problemas de escasez. Las precipitaciones fueron particularmente escasas en el año hidrológico 2004/05 y su impacto se arrastró hasta el año 2006/07 que ya ofreció valores de año húmedo. Las áreas de aportación más afectadas en la cuenca hidrográfica del Tajo fueron casi todas, a excepción de algunas situadas principalmente en la parte noroeste de la cuenca (Figura 21). (Promedio para los dos años de sequía de la reducción porcentual respecto de la aportación media de la serie histórica >50%).

Los efectos socioeconómicos de esta sequía pueden calificarse de moderados, gracias a la situación de reservas en embalses al comienzo del año hidrológico 2004-05 y a las aportaciones recibidas en los meses de octubre y noviembre de 2004 y en la primavera de 2006. Por ello, el año 2004-05 se pudo superar sin restricciones importantes en los abastecimientos y con restricciones moderadas en los regadíos. La producción hidroeléctrica del año 2004-05 fue también menor de la correspondiente al año medio. Los embalses hidroeléctricos produjeron un 30% menos que el año anterior. La calidad de las aguas también se vio afectada por la sequía, especialmente en parámetros como la temperatura y la conductividad, que aumentaron.

3) Sequías registradas a partir de la aprobación del primer plan especial de sequía (2007)

En el año 2007-2008 se produjo un episodio de sequía, cuyas áreas de aportación más afectadas fueron principalmente las situadas en la mitad sur de la cuenca (Figura 21) (promedio para los dos años de sequía de la reducción porcentual respecto de la aportación media de la serie histórica >50%):

Se produjo una reducción porcentual respecto de la aportación media de un 37.36%, y en 2008/09 una reducción porcentual respecto de la aportación media de un 57.38%. Ambas están referidas a la serie histórica de 1980/81 a 2010/11. El promedio para los dos años de sequía sería de un -47.37%. La escasez de precipitaciones fue más acusada en el año 2008/09. En las regiones más afectadas se ocasionaron impactos típicos como la reducción de suministros para riego, y como consecuencia una disminución de la producción agrícola, o la reducción en la producción de energía hidroeléctrica.

A partir del año hidrológico 2007/08 no se puede afirmar que se hayan producido eventos significativos de sequía que afectasen al conjunto de la cuenca, sino que se han visto concentrados en la zona de cabecera, afectando al funcionamiento del trasvase Tajo-Segura. Por su parte, el Tajuña se ha encontrado en distintos estadios de escasez coyuntural, tanto en prealerta como en alerta, con tres meses consecutivos en emergencia a principios de 2008 y a finales de 2017. El resto de la cuenca ha estado fundamentalmente en normalidad con episodios esporádicos de escasez coyuntural, sin que se haya llegado a alcanzar en ninguna UTE la emergencia. La única excepción la constituye el río Salor, si bien no se considera suficientemente significativa para que condicione un pronunciamiento sobre el conjunto de la cuenca.

Recientemente, en 2019 han vuelto a darse condiciones de sequía acentuada, que se suman a los efectos de la sequía de años pasados, más patentes en zonas de peores condiciones edáficas o repobladas. Con diferencia, ha sido el principal factor de defoliación durante 2019, muy por encima de los que se pueden achacar al resto de agentes, tanto bióticos como abióticos.



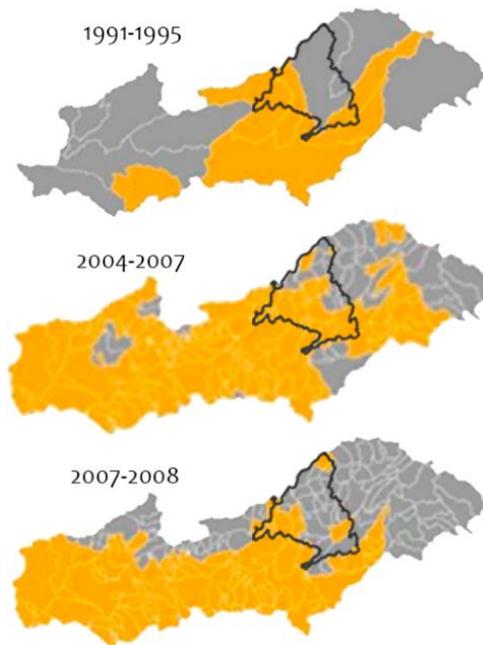


Figura 13: Zonas hidrológicas afectadas por periodos de sequía en la Cuenca Hidrográfica del Tajo. (Fuente: Adaptado del Plan Especial de Sequías, Demarcación Hidrográfica del Tajo, 2018).

El Plan Especial de Sequías de la CH del Tajo de 2018 establece un sistema de indicadores y de diagnóstico que se configura por comparación con una serie de datos de referencia, que se extiende desde octubre de 1980 a septiembre de 2012 y que se irá ajustando progresivamente con cada actualización sexenal del plan especial. La evolución climática registrada y sus efectos en las variables de diagnóstico quedan integrados en el sistema. En particular, el **Plan Especial de Sequía** contempla lo recogido por la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) sobre posibles escenarios y tiene en consideración las conclusiones de los estudios llevados a cabo por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX en 2012 y, más recientemente, en 2017.

En épocas de sequía en la Comunidad de Madrid, como en el caso de las expuestas en el registro histórico, las aguas subterráneas suponen un recurso estratégico ya que aportan aproximadamente un tercio de los recursos hídricos totales de territorio, pudiendo alcanzar hasta 90 hm^3 por año de explotación. Tres de las masas de agua subterránea que conforman la Región, localizadas en el sector central, son de importancia estratégica para el abastecimiento en épocas de sequía mediante los campos de pozos incluidos en el sistema de explotación del Canal de Isabel II. En la Figura 14 se representan las masas de agua subterránea de la Comunidad de Madrid y zonas vulnerables y la Tabla 11 recoge un listado de las mismas.

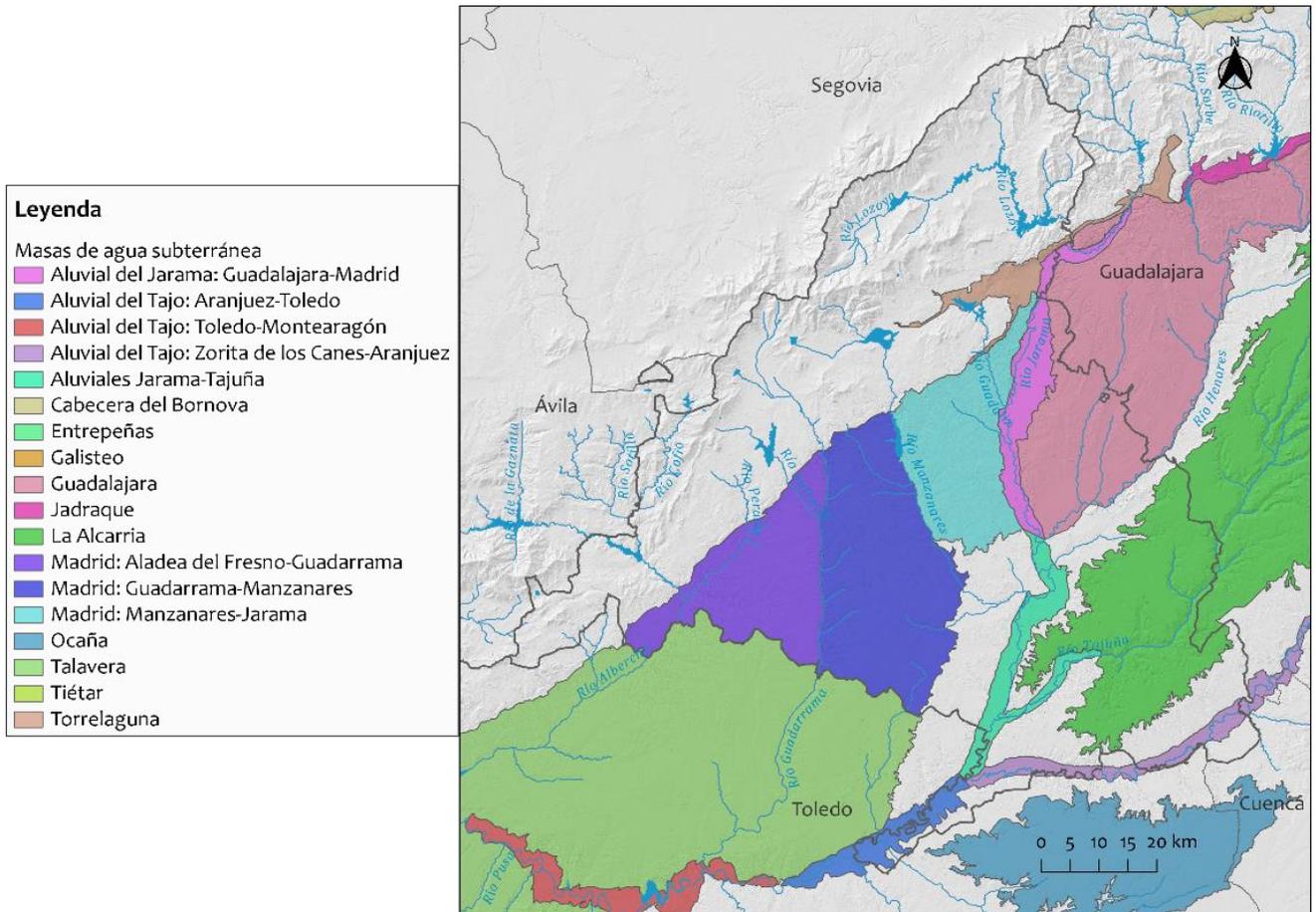


Figura 14. Masas de agua subterránea en el ámbito de la Comunidad de Madrid. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CH Tajo).

Tabla 11. Masas de agua. (Fuente: Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad de Madrid INUNCAM).

CÓDIGO	MASA DE AGUA	ÁREA (KM²)	HORIZONTE	ACUÍFERO
ES030MSBT030.004	Torrelaguna	146.17	Horizonte único	Carbonatado Mesozoico
ES030MSBT030.006	Guadalajara	1,873.50	Horizonte único	Detrítico Terciario
ES030MSBT030.007	Aluviales Jarama- Tajuña	207.01	Horizonte único	Aluvial Cuaternario
ES030MSBT030.008	La Alcarria	2,552.69	Horizonte único	Carbonatado Terciario
ES030MSBT030.010	Madrid: Manzanares- Jarama	538.59	Horizonte único	Detrítico Terciario
ES030MSBT030.011	Madrid: Guadarrama- Manzanares	895.91	Horizonte único	Detrítico Terciario
ES030MSBT030.012	Madrid: Aldea del Fresno- Guadarrama	573.59	Horizonte único	Detrítico Terciario
ES030MSBT030.013	Aluvial del Tajo: Zorita de los Canes- Aranjuez	201.97	Horizonte único	Aluvial Cuaternario
ES030MSBT030.017	Aluvial del Tajo: Aranjuez- Toledo	147.81	Horizonte único	Aluvial Cuaternario
ES030MSBT030.024	Aluvial del Jarama: Guadalajara- Madrid	228.74	Horizonte único	Aluvial Cuaternario



4.1.5 Incendios

Según el informe "Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España" (Sanz y Galán, 2021), considerando los posibles efectos climáticos en los incendios forestales en un escenario de cambio climático RCP 8.5, los modelos predicen incluso a corto plazo, un mayor riesgo de incendio en prácticamente toda la Península Ibérica. Aunque existe cierta incertidumbre sobre la magnitud del efecto climático, sí hay certidumbre sobre la causalidad en el aumento de incendios forestales debidos a cambios en el clima en todo el Mediterráneo.

Estas predicciones consideran que el cambio climático implica cambios en las características del combustible (humedad variable, efectos de sequía, velocidad de disparo potencial propagación), pero no consideran otros factores que podrían modificar la gravedad de los efectos (por ejemplo, cambios en la ignición de los rayos) lo que podría alterar significativamente la actividad del fuego en algunos casos.

Se consideran en este punto los incendios forestales como "fuegos que se extienden sin control sobre combustibles forestales situados en el monte, y tendrán dicha consideración también, los que se produzcan en las áreas adyacentes al monte o de transición con otros espacios urbanos o agrícolas", de acuerdo a la definición del Plan Especial de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad de Madrid (INFOMA) aprobado por Decreto 59/2017, de 6 de junio, del Consejo de Gobierno.

Los terrenos forestales ocupan 442.416 hectáreas en la Comunidad de Madrid, es decir, el 55% de su territorio. Esta superficie forestal se distribuye en monte arbolado (29%) y monte desarbolado (26%) de la siguiente manera (Tabla 12):

Tabla 12. Clasificación de los terrenos forestales en la Comunidad de Madrid 2019 (Fuente: Diagnóstico Ambiental 2020 de la Comunidad de Madrid.).

CLASIFICACIÓN TERRENOS FORESTALES EN LA COMUNIDAD DE MADRID 2019(1)		
Clasificación	Superficie forestal (ha)	%
Monte arbolado (FCC \geq 10%) (1):		
Monte arbolado denso (FCC < 20%)	164,565	21%
Monte arbolado ralo (10 \leq FCC < 20%)	67,653	8%
Total Monte arbolado	232,218	29%
Monte desarbolado (FCC < 10%) (1):		
Monte desarbolado con arbolado disperso (5 \leq FCC < 10%)	58,960	7%
Monte desarbolado (FCC < 5%)	151,238	19%
Total Monte desarbolado	210,198	26%
Total terreno forestal	442,416	55%
Total terreno no forestal	360,262	45%
Total superficie Comunidad de Madrid	802,678	100%

Notas (1): Los datos se han obtenido del Mapa del Terreno Forestal de la Comunidad de Madrid, y se han generado a partir de la FCC (fracción de cabida cubierta) arbolada de las teselas, recalculada con la información Lidar 2016. Se han seguido los criterios de clasificación de monte arbolado/ desarbolado y distribución de la FCC utilizada por el Ministerio para la Transición Ecológica en el Anuario estadístico y en el IFN4 (Cuarto Inventario Forestal Nacional).

La superficie forestal de la Comunidad de Madrid supone prácticamente el 60 % de la superficie total siendo las formaciones más abundantes los pastizales, los encinares de diferentes densidades y los cultivos forestales monoespecíficos o mezclados de coníferas o frondosas. La reducción significativa de las actividades agrícolas, forestales y ganaderas tradicionales ha tenido un importante impacto ambiental sobre el medio natural de la Región, incrementando exponencialmente la cantidad de combustible del territorio forestal. En el análisis de condicionantes del riesgo, al tratarse de un territorio tan poblado, se deben considerar además de estos factores físicos, los factores socioeconómicos y la alta densidad de las infraestructuras. Los valores naturales de la Comunidad se ven refrendados por diversas figuras de protección, destacando sobre todas el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama y en un segundo nivel de protección, tres Parques Regionales.

La gestión forestal en la Comunidad de Madrid se encuentra regulada por la Ley 16/1995, Forestal y de Protección de la Naturaleza por la que se aprueba el Plan Forestal de la Comunidad de Madrid con un horizonte de 20 años (2000-





2019), para la conservación y mejora de masas forestales, la potenciación de su crecimiento y la ordenación de sus recursos. El Plan Forestal de la Comunidad de Madrid presenta como principales objetivos los siguientes:

- Incremento de la cubierta vegetal mediante forestación de terrenos desarbolados, fundamentalmente sobre aquellos que presentan problemas de erosión.
- Restauración de las áreas degradadas.
- Mejora de las zonas arboladas donde pueden introducirse especies autóctonas para favorecer la creación de bosques mixtos.
- Conservación y mejora de las cubiertas vegetales suficientemente maduras.

Además, el Plan comprende 10 programas relativos a:

- Forestación y restauración de las cubiertas vegetales.
- Protección hidrológico-forestal.
- Defensa de los montes contra incendios y plagas forestales.
- Protección de los espacios naturales de especial interés.
- Protección y manejo de la fauna silvestre.
- Uso público recreativo y educación ambiental.
- Ordenación y fomento de aprovechamiento múltiple, racional y sostenible de los recursos forestales.
- Investigación ecológico-forestal.
- Participación social y desarrollo socio-económico.
- Industrialización de los productos forestales.

A nivel estatal, la gestión forestal está regulada con el Plan Estatal de Protección Civil para Emergencias por Incendios Forestales de 2014. En este contexto, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación publica las Orientaciones Estratégicas para la Gestión de Incendios Forestales en España (Comité de lucha contra Incendios Forestales, 2019), a fin de reducir los impactos y vulnerabilidad ante los efectos, sociales, económicos y ambientales originados por los incendios forestales. En este documento realiza una serie de recomendaciones siguiendo 4 líneas de acción prioritarias:

- Objetivo 1: Gestionar el territorio rural para lograr su sostenibilidad ante los incendios forestales.
- Objetivo 2: Reducir el riesgo de incendio forestal y preparar a los ecosistemas y la sociedad ante su ocurrencia.
- Objetivo 3: Involucrar en la gestión del riesgo de incendios forestales a políticas sectoriales estratégicas.
- Objetivo 4: Adaptar los dispositivos de defensa contra incendios a los nuevos escenarios y reforzar la cooperación entre ellos.

Con la finalidad de reducir los efectos de incendios forestales en la Comunidad de Madrid y en concepto de prevención, se aprueba por Decreto 59/2017 el Plan Especial de Emergencias por Incendios Forestales de la Comunidad de Madrid (INFOMA), que se encuentra en el marco europeo de prevención, Nueva Estrategia de la Unión Europea a favor de los Bosques y el Sector Forestal, que recoge la Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, El Consejo, El Comité Económico y Social Europeo y el Comité de Las Regiones de 2013 (COM /2013/ 0659 final), cuyas recomendaciones se recogen en el Plan Especial. Cabe destacar en este sentido, la reciente elaboración de la Nueva Estrategia Europea en favor de los Bosques para 2030 (Comisión Europea, 2021) en la que se recogen los lineamientos que debe seguir la nueva normativa, incluyendo la prevención de los incendios forestales.

El análisis de riesgos desarrollado para la aprobación del Plan Especial de Emergencias por Incendios Forestales de la Comunidad de Madrid establece las zonas de peligro, vulnerabilidad y Alto Riesgo, además de las épocas de peligro que se ajustan a las condiciones meteorológicas del momento. El Plan considera tres tipos de situaciones de peligro de incendios forestales, las cuales quedan definidas de la siguiente manera:

- Época de peligro alto: Desde el 15 de junio hasta el 30 de septiembre.
- Época de peligro medio: Del 16 de mayo al 14 de junio y del 1 al 31 de octubre.
- Época de peligro bajo: Del 1 de noviembre al 15 de mayo.

En la Comunidad de Madrid, el análisis de peligro de los incendios forestales se realiza en base un índice de peligro local, referido a cada término municipal. Existe riesgo de incendio forestal en todos sus municipios al existir superficie forestal en todos ellos según el Mapa Forestal de la Comunidad de Madrid, pero este riesgo es mayor en determinados municipios que

se han venido a definir como **zonas de alto riesgo de incendio forestal (ZAR)**, considerando su peligrosidad y vulnerabilidad. Los municipios definidos como Zonas de Alto Riesgo de incendio forestal son 59 (ver Figura 15 y Tabla 14). Así mismo, se presenta también el registro histórico de incendios forestales junto con la superficie afectada en la Comunidad de Madrid desde 1985 (ver Figura 16 y Tabla 15).

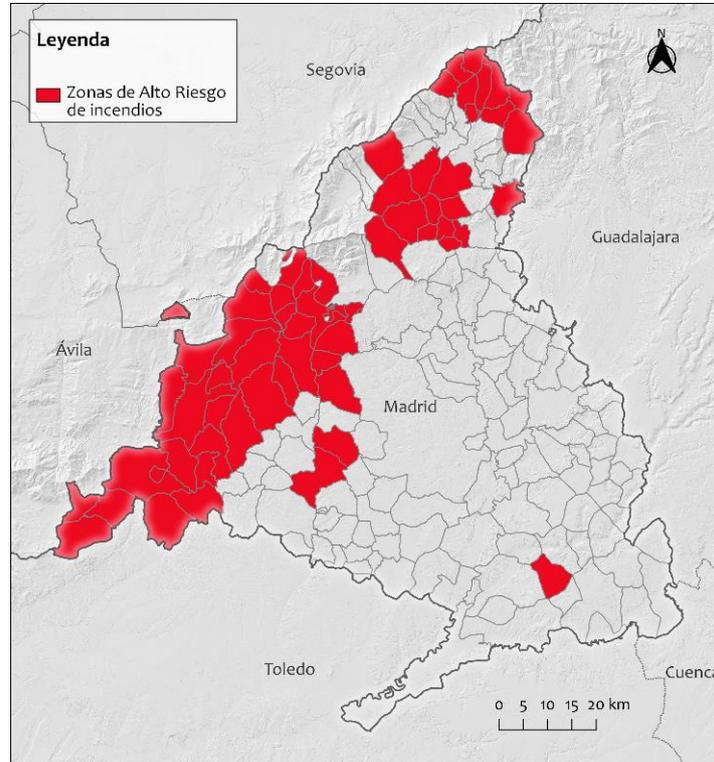


Figura 15. Municipios definidos como Zona de Alto Riesgo de Incendio según el Plan Especial de Emergencias por Incendios Forestales de la Comunidad de Madrid (INFOMA) de 2017.

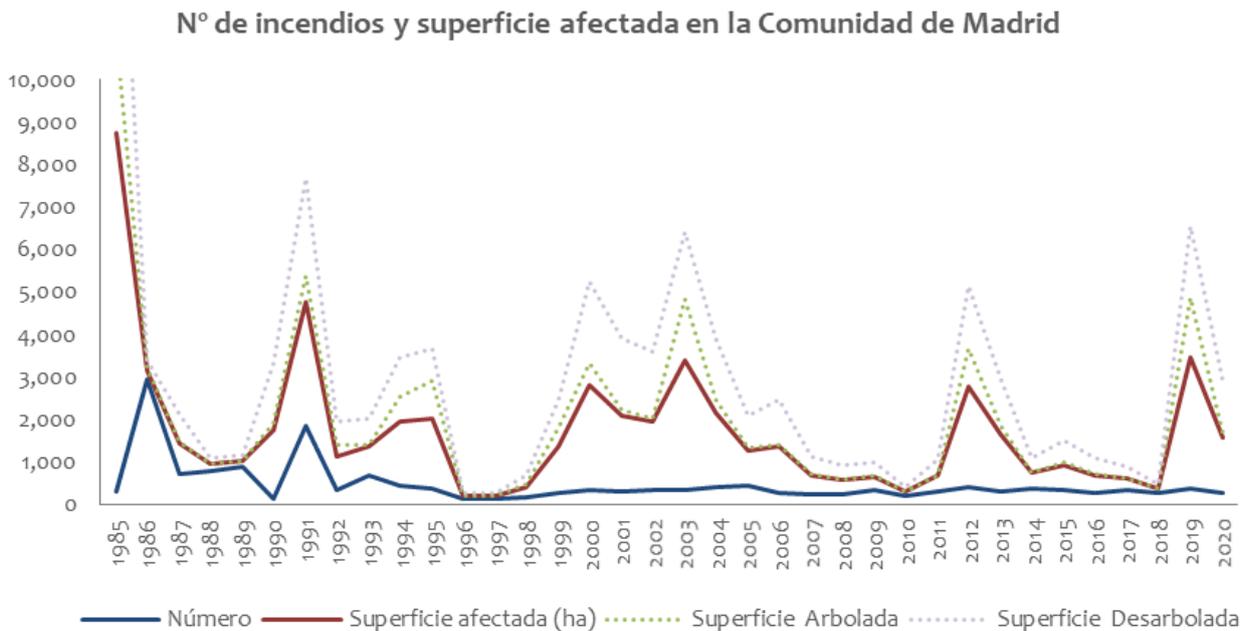


Figura 16. Número de incendios y superficie afectada [ha] en la Comunidad de Madrid. (Fuente: elaboración propia a partir de los datos del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid).



Tabla 13. Municipios definidos como Zona de Alto Riesgo de Incendio según el Plan Especial de Emergencias por Incendios Forestales de la Comunidad de Madrid (INFOMA) de 2017.

MUNICIPIOS	
1 Acebeda, La	31 Molinos, Los
2 Aldea del Fresno	32 Montejo de la Sierra
3 Alpedrete	33 Moralzarzal
4 Becerril de la Sierra	34 Navacerrada
5 Boadilla del Monte	35 Navalafuente
6 Boalo, El	36 Navalagamella
7 Bustarviejo	37 Navas del Rey
8 Cabanillas de la Sierra	38 Patones
9 Cabrera, La	39 Pelayos de la Presa
10 Cadalso de los Vidrios	40 Prádena del Rincón
11 Canencia de la Sierra	41 Puebla de la Sierra
12 Cenicientos	42 Redueña
13 Chapinería	43 Robledo de Chavela
14 Collado Mediano	44 Robregordo
15 Collado Villalba	45 Rozas de Madrid, Las
16 Colmenar de Arroyo	46 Rozas de Puerto Real
17 Colmenarejo	47 San Lorenzo del Escorial
18 Escorial, El	48 San María de la Alameda
19 Fresnedillas de la Oliva	49 San Martín de Valdeiglesias
20 Galapagar	50 Somosierra
21 Garganta de los Montes	51 Torredolones
22 Guadarrama	52 Valdelaguna
23 Hiruela, La	53 Valdemanco
24 Horcajo de la Sierra	54 Valdemaqueda
25 Horcajuelo de la Sierra	55 Valdemorillo
26 Hoyo de Manzanares	56 Venturada
27 Lozoya del Valle	57 Villa del Prado
28 Lozoyuela-Navas-.Sieteiglesias	58 Villaviciosa de Odón
29 Madarcos	59 Zarzalejo
30 Miraflores de la Sierra	



Tabla 14. Registro histórico de incendios forestales en la Comunidad de Madrid desde 1985 (Fuente: Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid).

FECHA	NÚMERO	SUPERFICIE AFECTADA (ha)	ARBOLADA	DESARBOLADA
1985	282	8,450	2,301	6,149
1986	2.933	222	61	161
1987	706	706	56	650
1988	790	140	32	108
1989	872	132	24	108
1990	135	1,595	181	1,414
1991	1.837	2,925	602	2,323
1992	319	813	250	563
1993	673	670	52	618
1994	422	1,511	604	907
1995	354	1,652	893	759
1996	108	74	22	52
1997	117	68	10	58
1998	167	244	41	203
1999	263	1,102	442	660
2000	339	2,457	516	1,941
2001	294	1,801	125	1,676
2002	314	1,631	70	1,561
2003	324	3,047	1,440	1,607
2004	379	1,768	311	1,457
2005	427	825	66	759
2006	271	1,095	29	1,066
2007	230	450	10	440
2008	223	339	4	335
2009	327	325	16	309
2010	179	101	1	101
2011	294	378	1	377
2012	398	2,366	886	1,480
2013	286	1,334	212	1,122
2014	363	364	1	363
2015	337	587	46	541
2016	271	409	9	400
2017	344	259	10	248
2018	255	102	3	100
2019	364	3,088	1,407	1,681
2020	242	1,327	100	1,227

Atendiendo al número de hectáreas de superficie afectadas por el incendio, se clasifican en la Comunidad de Madrid como "grandes incendios" los mayores de 100 ha, a pesar de que en el resto del Estado no se consideran como tales, hasta que no afectan a más de 500 ha. En el periodo 2006-2015 sólo un 0.03% de los episodios totales de incendios en la Región han sido grandes incendios (Tabla 15):





Tabla 15. Incidencia de los grandes incendios en la Comunidad de Madrid en el decenio 2006-2015. (Fuente: Informe Los Incendios Forestales en España Decenio 2006-2015, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

Número siniestros	Número de grandes incendios	% Grandes incendios	Superficies afectadas (ha)			Superficie afectada por grandes incendios (ha)			% Superficie afectada por grandes incendios		
			Arbolada	No arbolada	Forestal	Arbolada	No arbolada	Forestal	Arbolada	No arbolada	Forestal
2909	1	0.03%	1,207	6,153	7,360	751	737	1,488	62%	12%	20%

En aras a mejorar los índices de fuego, las predicciones sobre su comportamiento, y la seguridad de las personas y la prevención, el Servicio de Incendios Forestales trabajó en el 2018 en las siguientes líneas.

- Mejora en los procedimientos de toma de la humedad del combustible vivo, en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA).
- Colaboración con CYII al objeto de utilizar sus tecnologías en la detección de incendios forestales.
- Grabación de varias áreas cortafuegos de la Zona Norte de la Comunidad de Madrid mediante el uso de drones, documentando la evolución de la estructura de prevención, al objeto de facilitar al operativo de los parques la situación y estado de estas infraestructuras en caso de que sean necesarias en una posible extinción.
- Uso de Drones para estudiar la relación entre el contenido de Humedad Real de la vegetación y las imágenes en Infrarrojo obtenidas con la cámara multispectral instalada en el dron.
- Plan de Modernización de la Red de detección automática.

La "Memoria de 2019" (Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid, 2019) recoge la actividad distintas tareas realizadas desde el Servicio de Incendios Forestales que se realizan antes y durante la campaña de alto riesgo de incendios forestales, entre las que se encuentran:

- Cálculo de las cuencas visuales de nuevas ubicaciones de puestos de vigilancia
- Cálculo y mantenimiento de isócronas de recursos terrestres y aéreos
- Adecuación de accesos a puestos de vigilancia mediante reparación de la capa de rodadura y desbroce de márgenes.
- Ubicación y mantenimiento de aseos químicos (El Mojón y Matamora, 1,297.63 €)
- Limpieza y desinsectación de los 34 puestos de vigilancia fija (4,646.40 €)
- Limpieza y desinsectación durante toda la campaña de las 19 estancias de PIF y PIR
- Mejoras y adaptaciones en las instalaciones de los PIF Una vez iniciada la campaña de alto riesgo de incendios:
- Seguimiento de la actividad de las cosechadoras, como fuente potencial de provocar incendios, en colaboración con el Cuerpo de Agentes Forestales.
- Realización de perímetros de incendios con imágenes satelitales y valoración de la severidad de los mismos.
- Boletín de Riesgo diario por incendio de vegetación que incluye dificultad de extinción DEX
- Elaboración de planimetrías valoraciones económicas de incendios forestales solicitadas por la autoridad judicial. Además, se colaboró de forma activa con distintos medios de comunicación para divulgar y concienciar en materia de prevención de incendios forestales.

La inversión de los trabajos preventivos de incendios forestales recogida en el documento se presenta en la Tabla 16:

:





Tabla 16. Inversión realizada por el Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid en trabajos preventivos de incendios forestales años 2014-2019. (Fuente: Memoria 2019 del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid).

TRABAJOS PREVENTIVOS DE INCENDIOS FORESTALES		2014	2015	2016	2017	2018	Media 2014-2018	2019	Uds	
Trabajos preventivos Retenes Forestales		1,174.90	1,161.30	1,178.40	771.84	1,328.10	1,210.70	1,115.61	ha	
Gastos menores	Desbroces	413.92	305.04	43.12	643.69	59.38	205.37	56.72	ha	
	Pistas	41.99	0	-	11.06	5.49	15.83	20	km	
	Mantenimiento Puntos de Agua	63	18	16	10	10	27	14	ud	
Maquinaria pesada	Decapados cortafuegos	Bulldozer	65.21	181.02	153.83	144	157.56	139.4	170.82	km
		Motoniveladora	21.32	168.81	104.23	104.29	101.52	98.97	139.18	km
		Gradas	98.66	92.41	95.71	86.92	94.09	95.22	101.27	km
	Desbroces	0	0	-	-	-	0	0	ha	
	Pistas	42.76	24.46	14.71	65.05	30.25	28.05	9.6	km	
	Pasos de agua, badenes, escolleras...	4	3	13	19	19	7	1	ud	
Pastoreo preventivo	Superficie pastoreada	620.67	735.11	875.99	1,076.23	1,076.23	743.92	2,699.79	ha	
	Explotaciones ganaderas	21	19	23	35	0	16	54	ud	

4.2 Clima histórico y proyecciones

El grado de variabilidad climática condiciona el nivel de amenaza a considerar para periodos futuros. En este sentido resulta primordial realizar un análisis de la evolución del clima histórico y sus posibles tendencias bajo escenarios de cambio climático.

En la elaboración de este análisis se han utilizado las proyecciones de precipitación y temperatura del conjunto de datos Euro-CORDEX disponibles en el Visor de Escenarios de Cambio Climático de **AdapteCCa**⁵ (<http://escenarios.adaptecca.es>). El visor, desarrollado en el marco del PNACC, está orientado a facilitar la consulta de proyecciones regionalizadas de cambio climático para España, realizadas a partir de las proyecciones globales del Quinto Informe de Evaluación del IPCC. A su vez, Euro-CORDEX es la rama europea de la iniciativa internacional CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment; <https://cordex.org>), que coordina la producción de escenarios regionales de Cambio Climático en todo el planeta utilizando modelos regionales del clima.

De los productos disponibles en el visor de escenarios, se han empleado las proyecciones con dato diario generadas mediante técnicas de regionalización dinámica, que proporcionan resultados en una rejilla regular de 10 km de resolución, resultando en un total de 59 píxeles para el ámbito geográfico de la Comunidad de Madrid. En concreto, se han utilizado los datos en rejilla ajustados, ya que el ajuste solventa los problemas derivados de los sesgos de los modelos regionales del clima (que pueden diferir sistemáticamente de las observaciones). Este ajuste se consigue mediante la calibración de las salidas de los modelos con las observaciones reales en un período histórico. Las proyecciones utilizadas contemplan dos escenarios de emisión de uso habitual: uno moderado (RCP 4.5) y otro más pesimista (RCP 8.5), así como un escenario de referencia histórico (retroproyecciones).

En conjunto, se han seleccionado los siguientes horizontes temporales de análisis:

⁵ AdapteCCa, resultado de los trabajos del PNACC, es una plataforma que tiene como objetivo facilitar el intercambio y la consulta de información y promover la comunicación y el trabajo conjunto entre los principales agentes implicados en la adaptación. Proporciona una herramienta de gran valor para conocer los distintos marcos y acciones que se desarrollan a diferentes niveles de gestión competencial.



- Histórico [1971-2000]
- Futuro cercano, horizonte 2030 [2011-2040]
- Futuro intermedio, horizonte 2060 [2041-2070]

En la Comunidad de Madrid el clima se define como Mediterráneo y se caracteriza por la existencia de parámetros climáticos con grandes contrastes y una estación estival de altas temperaturas y bajas precipitaciones. El clima de la Comunidad está fuertemente condicionado por su orografía. Variables climáticas como la circulación de los vientos, la temperatura y las precipitaciones están estrechamente influenciadas por barreras naturales como la Sierra de Guadarrama y la Sierra de Somosierra en el noroeste de Madrid. Estas formaciones geológicas impiden el paso hacia el interior de la Comunidad de los vientos que provienen del norte y noroeste, lo que provoca que se formen frentes nubosos en la vertiente norte de ambas sierras. Como consecuencia, existe un claro gradiente noroeste-sureste (Figura 17) en lo que a la pluviometría se refiere, que oscila desde una precipitación media anual de entre 2-3 mm/día (700-1100 mm/año) en la Sierra hasta los 1-1.3 mm/día (400-500 mm/año) de las zonas más bajas de la Comunidad. Este mismo gradiente se repite para el caso de la temperatura, pasando de una temperatura media anual de 7-8°C de la Sierra de Guadarrama a otra de 14-15°C en el Valle del Tajo.

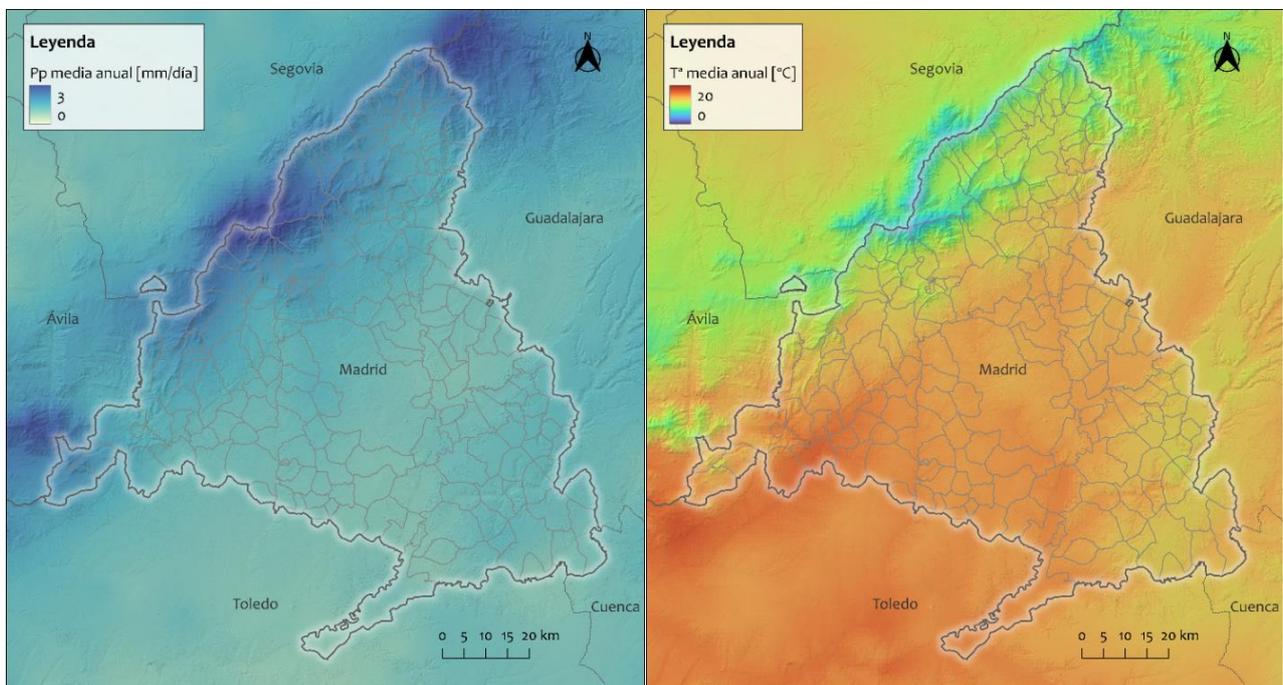


Figura 17: Gradientes de precipitación (izq.) y de temperatura (drcha.) media anual. (Fuente: elaboración propia a partir de datos del Atlas Climático Ibérico (1971-2000), AEMET(2011)).

Las proyecciones climáticas caracterizan la evolución futura de los factores antropogénicos que afectan al sistema climático y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en el futuro. A continuación, se presentan los resultados promedio para la Comunidad de Madrid obtenidos tanto para el periodo histórico (retroproyecciones) como para los horizontes temporales futuros, que permiten observar cuál ha sido y será la evolución de los parámetros analizados en los diferentes periodos, a partir de los datos extraídos del visor de AdapteCCa (Tabla 17):

Tabla 17. Valores promedio de las variables climáticas precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima en la Comunidad de Madrid. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).

Indicadores	Histórico	RCP4.5		RCP8.5	
		Horizonte 2030	Horizonte 2060	Horizonte 2030	Horizonte 2060
	1971-2000	2011-2040	2041-2070	2011-2040	2041-2070
Precipitación (mm/día)	1.38	1.36	1.31	1.36	1.27
Temperatura mínima (°C)	6.59	7.58	8.36	7.73	9.00
Temperatura máxima (°C)	18.62	19.84	20.78	19.98	21.53



La precipitación media diaria para el histórico se observa en 1.38 mm/ día, con un ligero descenso en todos los horizontes temporales futuros, especialmente en el horizonte 2060 del RCP 8.5, donde la precipitación llega a 1.27 mm/día. La temperatura mínima refleja un promedio de 6.59°C en el histórico, con un aumento en los horizontes temporales futuros, superando los 7.5°C en los horizontes 2030 de ambos escenarios de cambio climático, y llegando a un máximo de 9°C en el horizonte 2060 del RCP 8.5. A su vez, para la temperatura máxima promedio observa en 18.62°C en el histórico, con un aumento en los horizontes temporales futuros que alcanza los 21.53°C en el horizonte 2060 del RCP 8.5.

Algunos de los municipios que reflejan un mayor descenso de la **precipitación**, con respecto al periodo histórico, son Guadarrama, Los Molinos, Cercedilla, Collado Mediano y San Lorenzo de El Escorial, Navacerrada o Rascafría. Se observa cómo el descenso de las precipitaciones será algo más acentuado en la zona de sierra de la Comunidad. Concretamente, Guadarrama presenta un descenso de 0.25 mm/día en comparación con el periodo histórico para el horizonte 2060 del RCP 8.5.

Por otro lado, se observa que los municipios que reflejan un mayor aumento de la **temperatura mínima**, con respecto al periodo histórico, son las Rozas de Puerto Real, Cenicientos, Cadalso de los Vidrios, Valdequera y San Martín de Valdeiglesias. Se observa, entonces, como el ascenso de las temperaturas mínimas será más acentuado al sur de la Comunidad. Concretamente, Las Rozas de Puerto Real refleja el mayor aumento en las temperaturas mínimas en comparación con el periodo histórico, siendo éste de 1.24 °C y 2.25°C para los horizontes temporales 2030 y 2060, respectivamente, del RCP 4.5, y de 1.44°C y 3.08 °C para los horizontes temporales 2030 y 2060, respectivamente, del RCP 8.5. Por otro lado, el mayor aumento en las temperaturas.

En cuanto a la **temperatura máxima**, se observa como los municipios que reflejan un mayor aumento de la temperatura máxima con respecto al periodo histórico son Navacerrada, Guadarrama, Manzanares el Real, Collado Mediano y Rascafría. Puede decirse que el aumento de las temperaturas máximas tendrá un mayor impacto sobre los municipios de la zona de la sierra de la Comunidad. Concretamente, Navacerrada refleja el mayor aumento en las temperaturas máximas en comparación con el periodo histórico, siendo éste de 1.39 °C y 2.44°C para los horizontes temporales 2030 y 2060, respectivamente, del RCP 4.5, y de 1.56°C y 3.28 °C para los horizontes temporales 2030 y 2060, respectivamente, del RCP 8.5.

En resumen, las proyecciones analizadas indican un ligero descenso de las precipitaciones, así como un considerable aumento de las temperaturas a lo largo de todo el siglo XXI, acentuándose más hacia la segunda mitad de siglo. Sin embargo, y a pesar de la variación en las magnitudes de las variables analizadas, no se observa un cambio en los patrones de distribución o gradientes termoplumiométricos a lo largo del territorio de la Comunidad de Madrid, como se deduce de la comparación de la Figura 17 del periodo histórico, con las siguientes de los periodos futuros (Figuras 19, 20 y 21) para ambos escenarios de cambio climático.

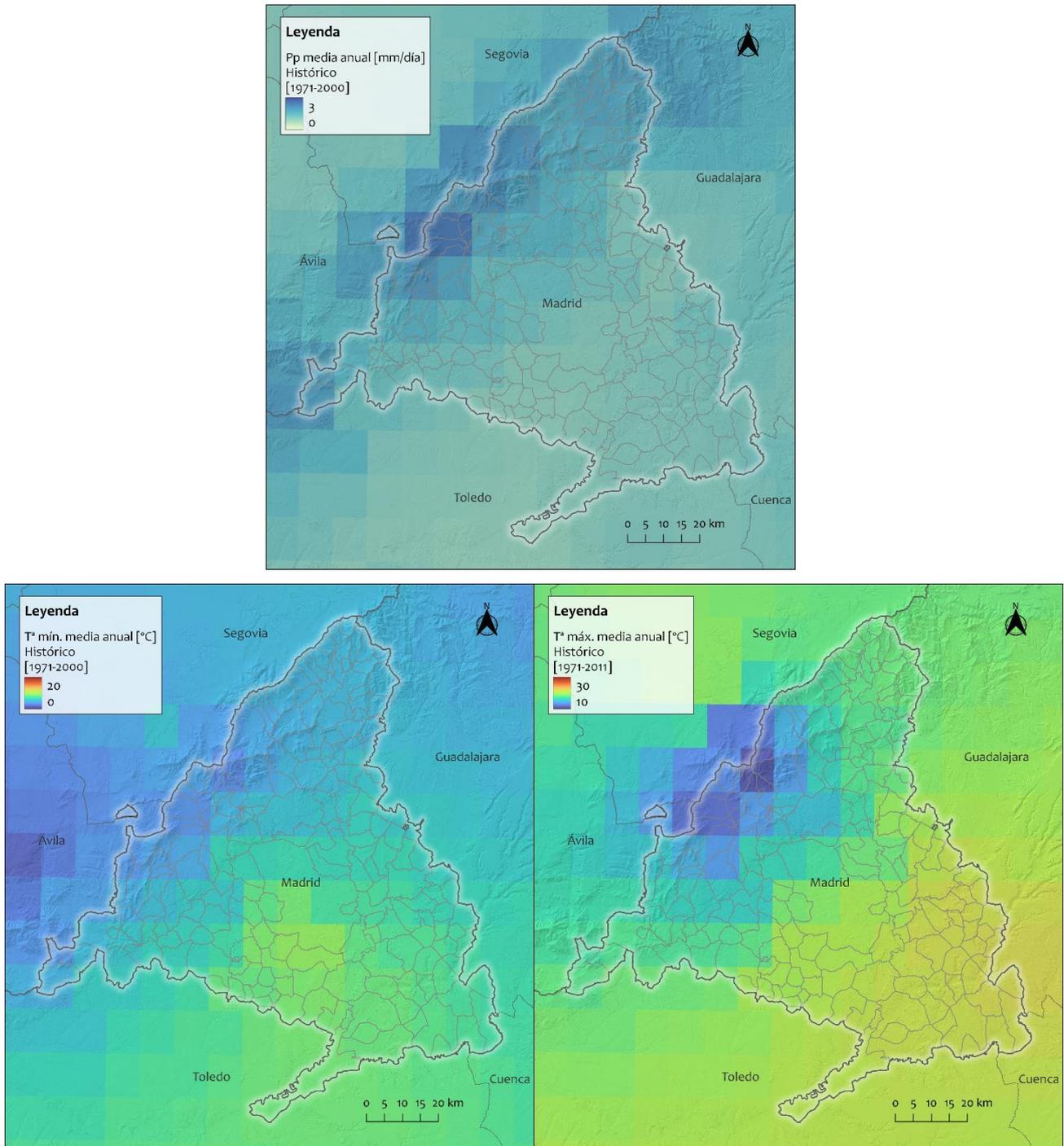


Figura 18: Precipitación (superior), temperatura mínima (inferior izq.) y temperatura máxima (inferior drcha.) media anual del histórico (1971-2000). (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).

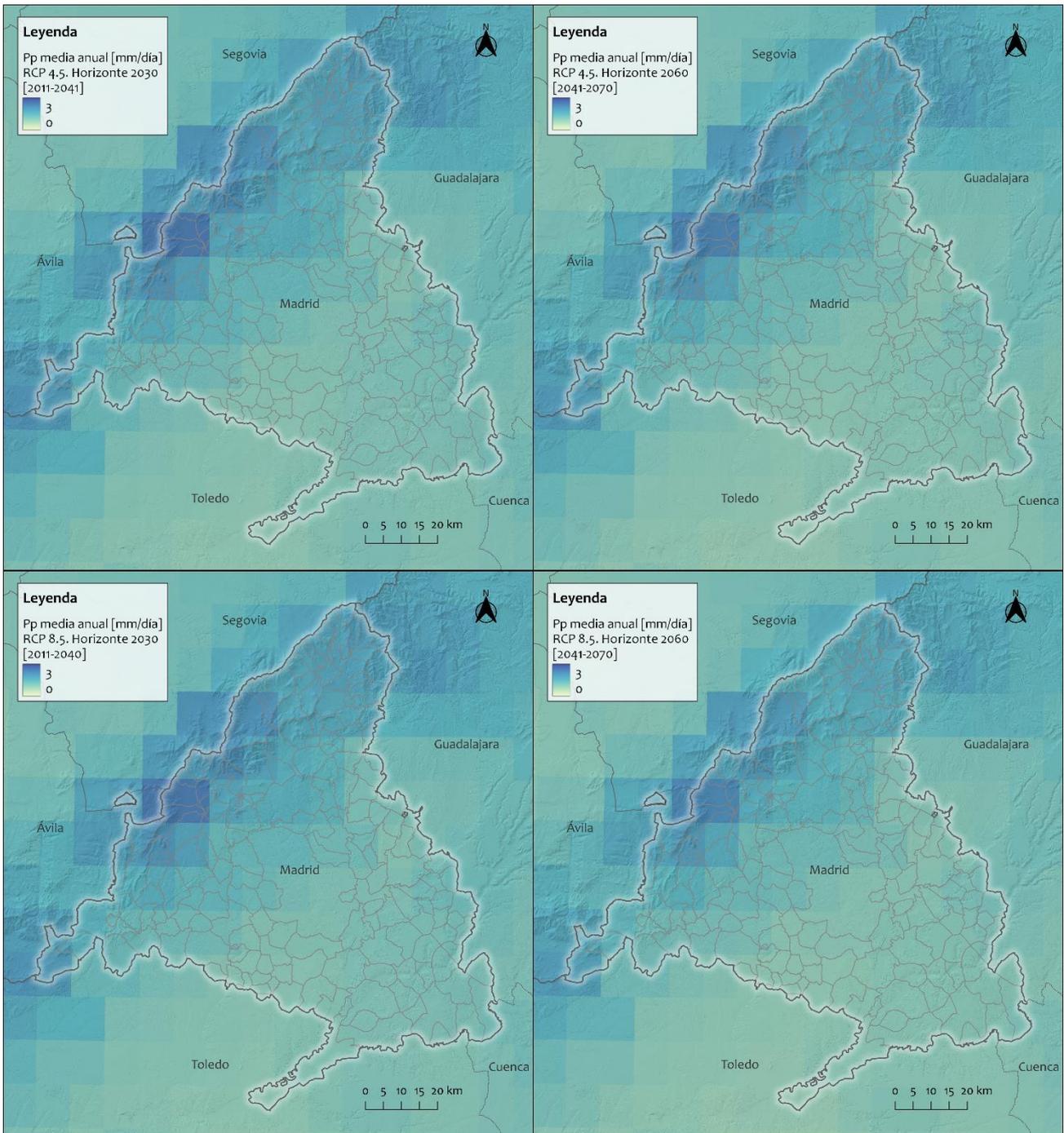


Figura 19. Precipitación media anual de los escenarios RCP 4.5 y 8.5 (horizontes 2030 y 2060). (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).

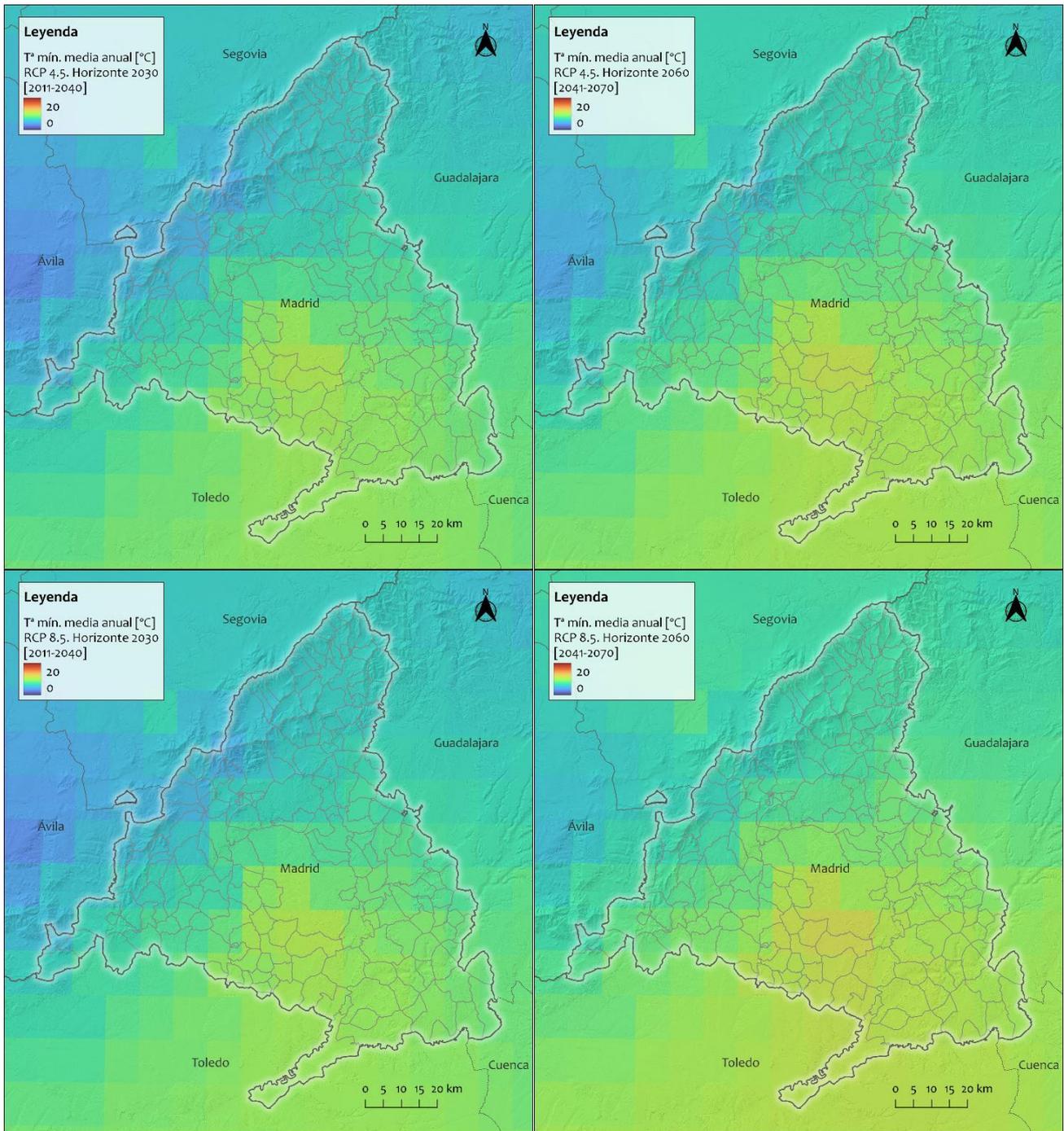


Figura 20: Temperatura mínima media anual de los escenarios RCP 4.5 y 8.5 (horizontes 2030 y 2060). (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).

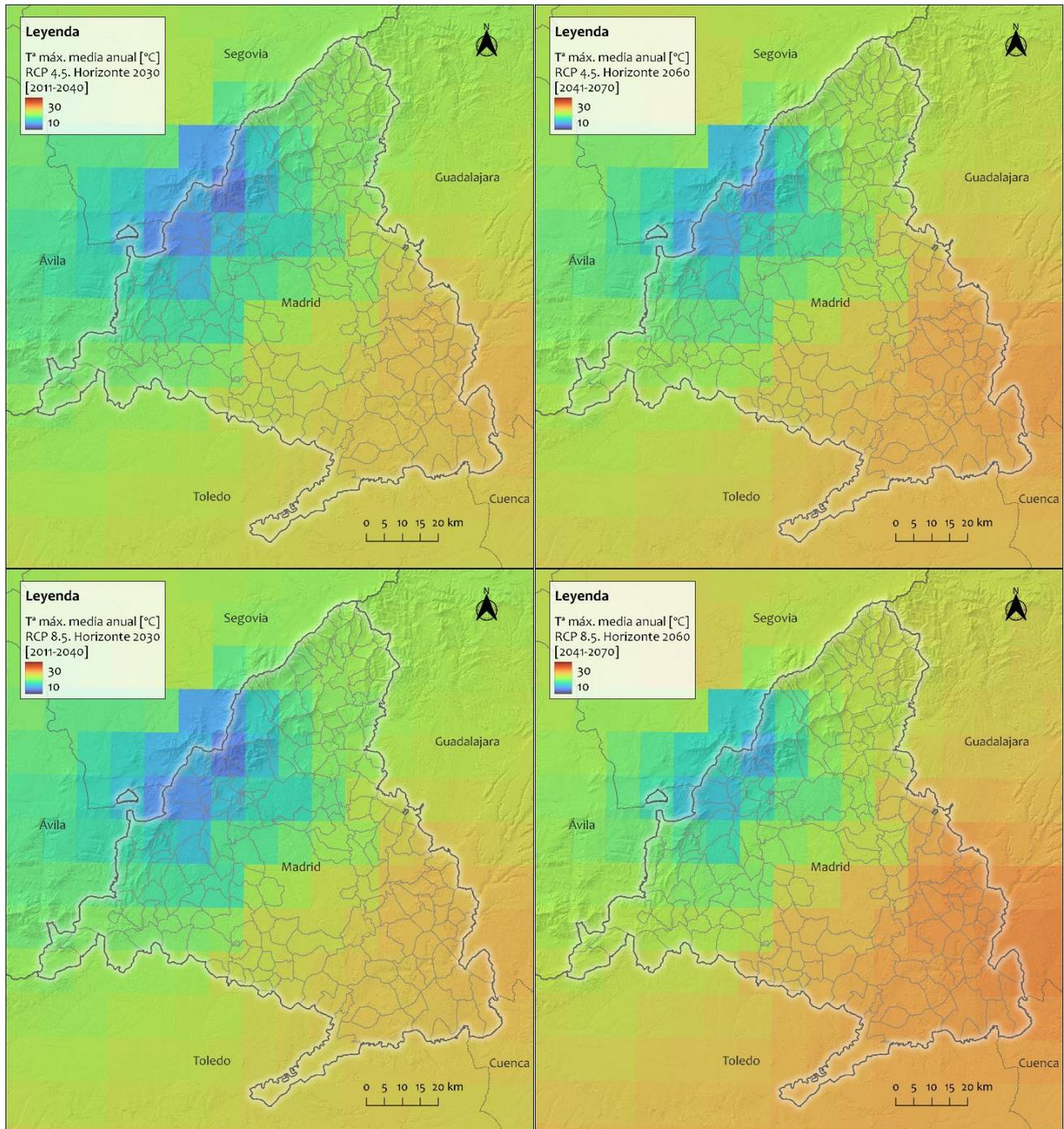


Figura 21. Temperatura máxima media anual de los escenarios RCP 4.5 y 8.5 (horizontes 2030 y 2060). (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).



A continuación, se presenta un análisis gráfico de las tendencias de las variables climáticas analizadas en cada uno de los periodos de estudio. Se utiliza una prueba no-paramétrica de tendencia, test de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), para determinar si existe o no una tendencia en los datos de series de tiempo. Si el p-valor de la prueba resulta significativo, se calcula la pendiente de Sen (Şen Z, 2012) para calcular la magnitud de la tendencia de la variable analizada.

En lo que a las **precipitaciones** se refiere, los análisis realizados para el conjunto de datos y periodos analizados (Figura 22), muestran cómo no existe una tendencia significativa en el periodo histórico ni en el escenario RCP 4.5, por lo que no se puede afirmar que haya un claro descenso en las precipitaciones a lo largo del periodo histórico, ni tampoco en los horizontes temporales futuros previstos en las proyecciones del RCP 4.5. Si bien sí se observa cierta tendencia en los horizontes temporales previstos por el escenario RCP 8.5, ésta es considerablemente pequeña (-0.003 mm/día). Como ya se ha comentado, la precipitación media anual del periodo histórico 1971-2000 se cifró en 1.38 mm/día. En el caso del RCP 4.5, las precipitaciones promedio estimadas se cifran en 1.36 mm/día para el periodo 2011-2040 y en 1.31 mm/día para 2041-2070. En el caso del RCP 8.5, las precipitaciones promedio estimadas se cifran en 1.36 mm/día para el periodo 2011-2040 y en 1.27 mm/día para 2041-2070.

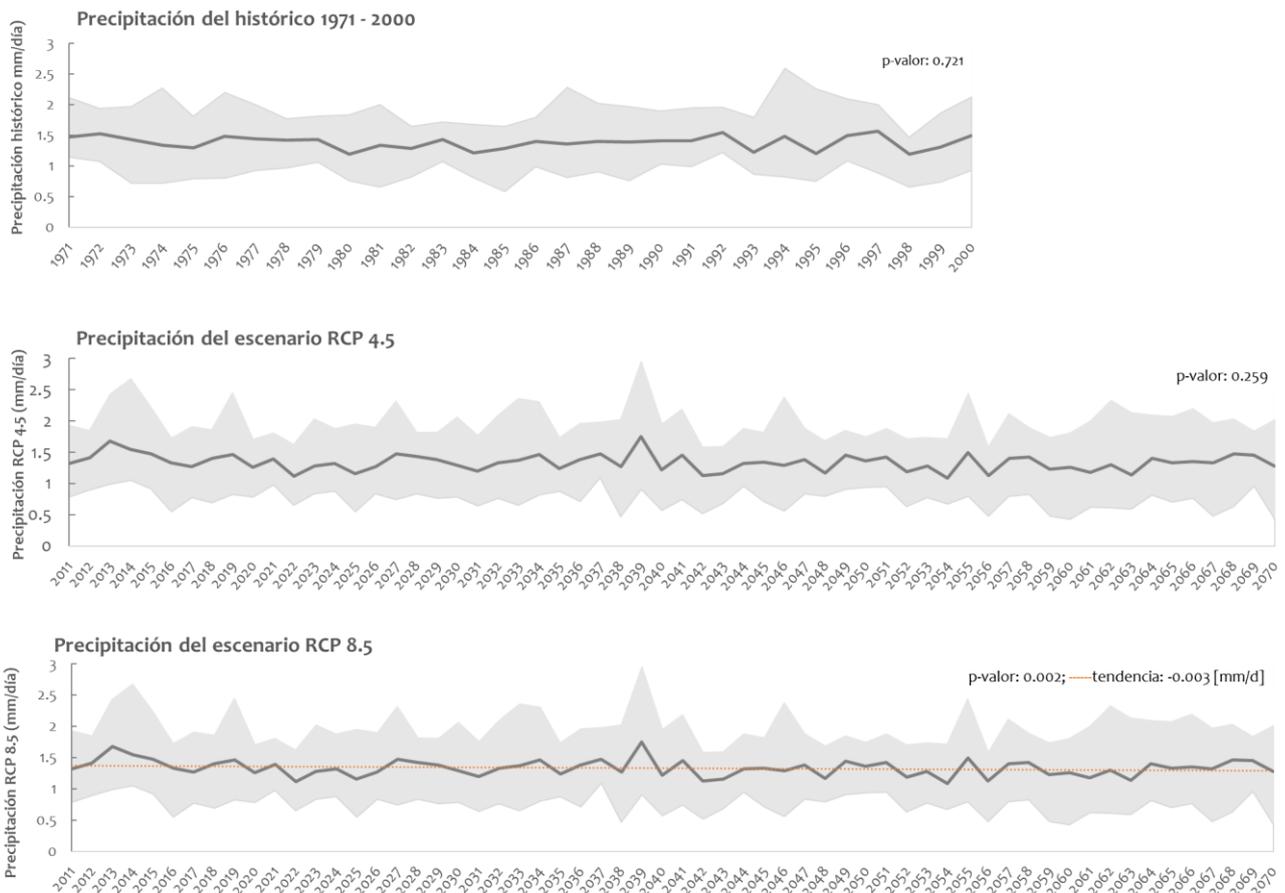


Figura 22. Evolución de la precipitación media diaria en la Comunidad de Madrid según periodo histórico (1971-2000) y escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 de las proyecciones 2011-2040 y 2041-2070. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCA).

Las **temperaturas** muestran un incremento tanto de la mínima media anual como de la máxima media anual, tanto en el periodo histórico como en los horizontes 2030 y 2060 en los dos escenarios analizados (RCP 4.5 y RCP 8.5).

La **temperatura mínima** (Figura 23) presenta una tendencia creciente y similar en magnitud, tanto para el periodo histórico como para los horizontes temporales del escenario RCP 4.5 (0.021°C y 0.025°C, respectivamente). La temperatura mínima media anual del periodo histórico 1971-2000 se cifró en 6.59°C. En el caso del RCP 4.5, las temperaturas mínimas promedio estimadas se cifran en 7.58°C para el periodo 2011-2040 y en 8.36°C para 2041-2070. En el caso del escenario RCP 8.5, esta tendencia se ve prácticamente duplicada (0.040°C), alcanzando temperaturas notablemente más elevadas hacia final de periodo analizado. En este caso, las proyecciones analizadas cifran un promedio de 7.73°C y 9.0°C para los periodos 2011-2040 y 2041-2070, respectivamente.

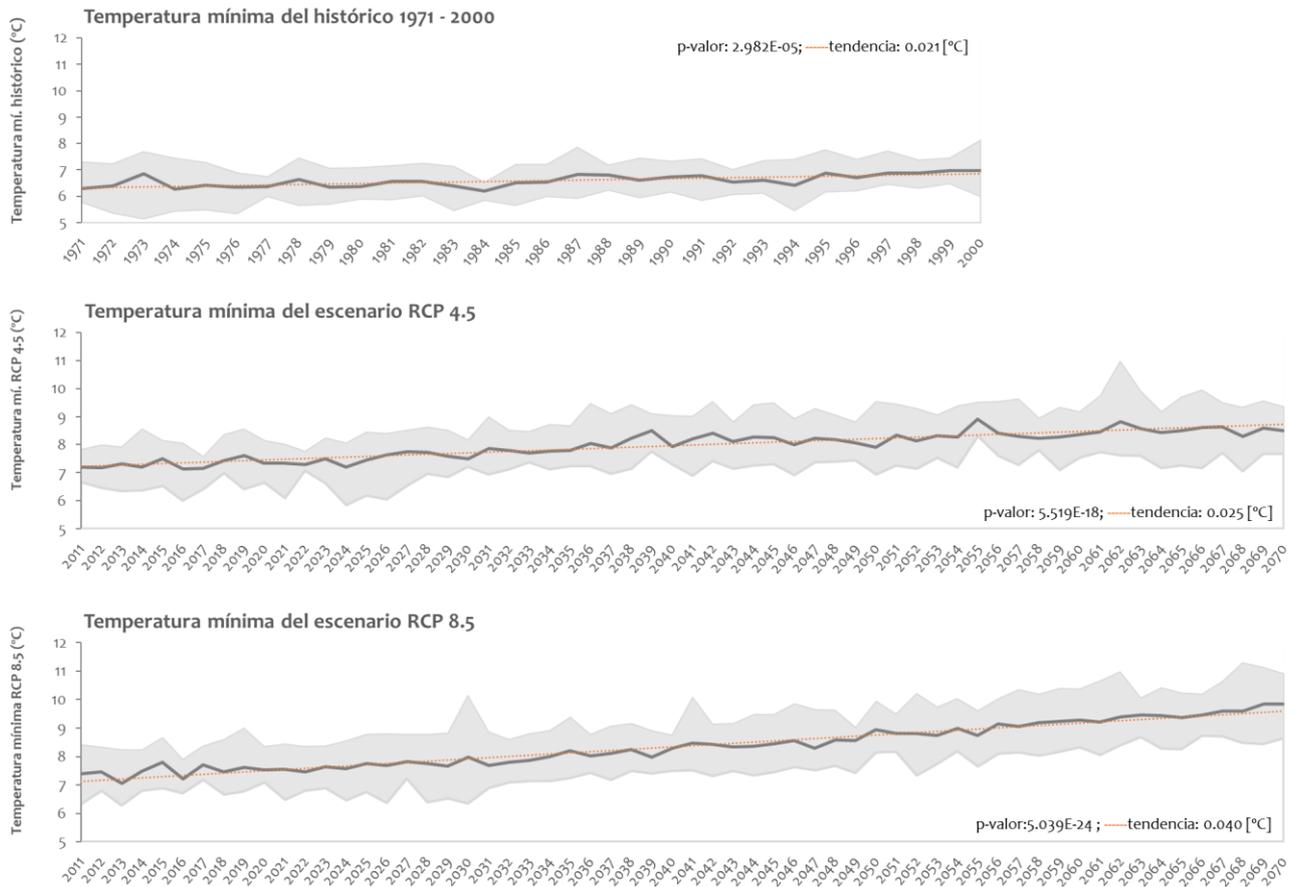


Figura 23. Evolución de la temperatura mínima anual media en la Comunidad de Madrid según periodo histórico (1971-2000) y escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 de las proyecciones 2011-2040 y 2041-2070. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).

En lo que a **temperaturas máximas** se refiere (Figura 24), los escenarios considerados también muestran una tendencia por la que las temperaturas tienden a incrementarse en los escenarios analizados. Del mismo modo que para las temperaturas mínimas, se observa una tendencia creciente y similar en magnitud, tanto para el periodo histórico como para los horizontes temporales del escenario RCP 4.5 (0.027°C y 0.030°C, respectivamente). La temperatura máxima media anual del periodo histórico 1971-2000 se cifra en 18.62°C. En el caso del RCP 4.5, las temperaturas mínimas promedio estimadas se cifran en 19.84°C para el periodo 2011-2040 y 20.78°C para 2041-2070. En el caso del escenario RCP 8.5, esta tendencia se ve nuevamente prácticamente duplicada (0.051°C), alcanzando temperaturas notablemente más elevadas hacia final de periodo analizado. En este caso, las proyecciones analizadas cifran un promedio de 19.98°C y 21.53°C para los periodos 2011-2040 y 2041-2070, respectivamente.



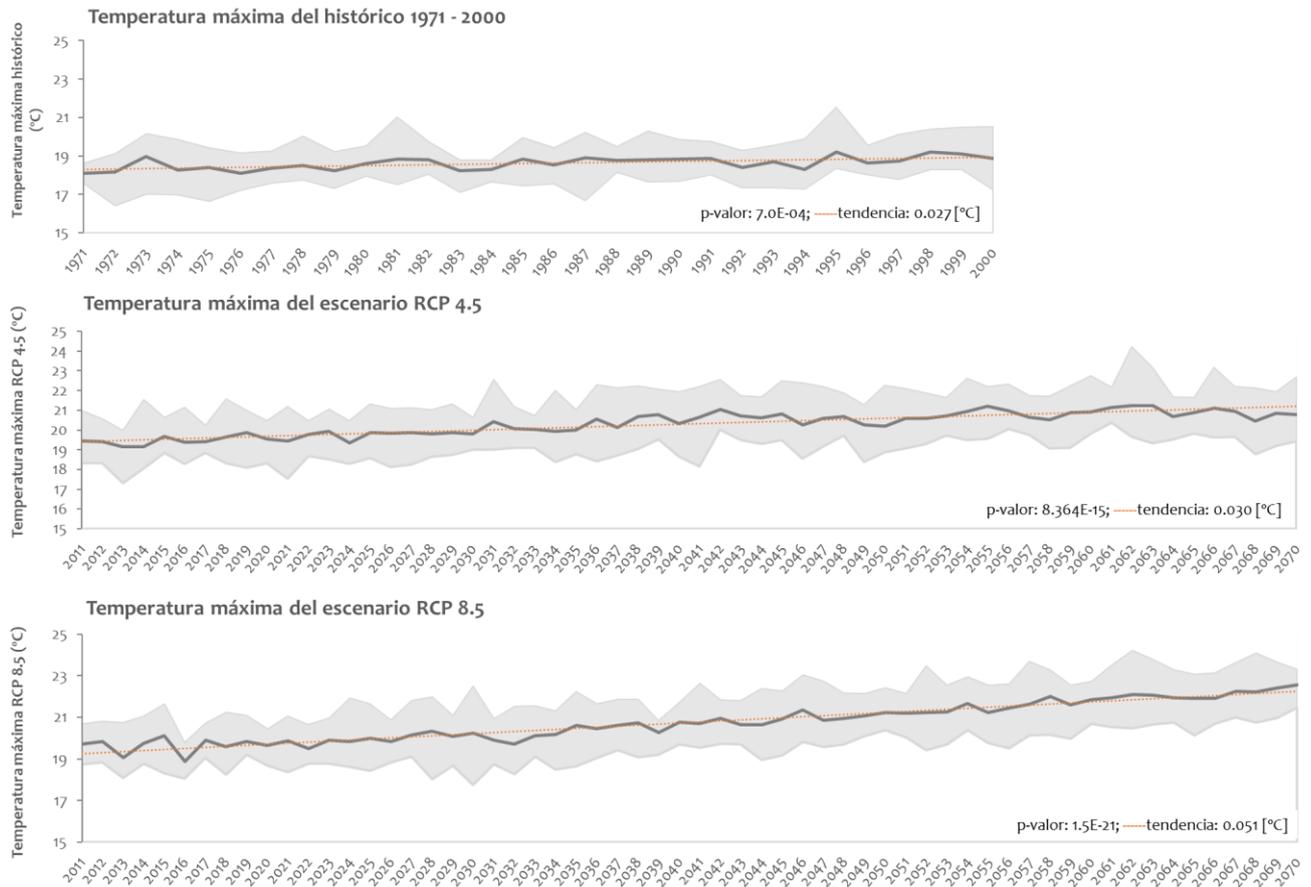


Figura 24. Evolución de la temperatura máxima anual media en la Comunidad de Madrid según periodo histórico (1971-2000) y escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 de las proyecciones 2011-2040 y 2041-2070. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de los escenarios de AdapteCCa).



4.3 Indicadores climáticos y proyección de amenazas

Para caracterizar la evolución temporal de las principales amenazas descritas en el apartado 4.1, resulta preciso analizar la evolución temporal de una serie de indicadores climáticos, entre los definidos por el Panel de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático (ETCCDI, por sus siglas en inglés). La Tabla 18 recoge los indicadores empleados en este análisis y la Tabla 19 la evolución de los valores medios de los indicadores utilizados para el conjunto de la Comunidad de Madrid, y los horizontes temporales y escenarios de estudio.

Tabla 18. Indicadores climáticos utilizados en la caracterización de las amenazas (Fuente: Elaboración propia).

AMENAZA	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	FUENTE
Olas de calor	Duración máxima de olas de calor	Duración máxima de una ola de calor en un periodo de tiempo. Una ola de calor se define como al menos 5 días consecutivos con temperaturas máximas por encima del percentil 90 de un periodo climático de referencia	Días	AdapteCCA
	Nº de días cálidos	Número de días en un periodo de tiempo cuya temperatura máxima supera el percentil 90 de un periodo climático de referencia	Días	
	Nº de noches cálidas	Número de días en un periodo de tiempo cuya temperatura mínima supera el percentil 90 de un periodo climático de referencia	Días	
Inundaciones	Percentil 95 de la precipitación diaria	Valor bajo el cual se encuentran el 95% de los valores de precipitación diaria de un periodo de tiempo	mm/día	AdapteCCA
	Precipitación máxima en 24h	Valor más alto de precipitación diaria en un periodo de tiempo	mm/día	
Inclemencias invernales	Nº de días con temperatura mínima < 0°C	Número de días de un periodo de tiempo cuya temperatura mínima se encuentra por debajo de los 0°C	Días	AdapteCCA
	Temperatura mínima extrema	Mínima de las temperaturas mínimas diarias en un periodo de tiempo	°C	
Sequías	Máximo Nº de días consecutivos con precipitación < 1mm	Número máximo de "días secos" consecutivos en un periodo de tiempo, esto es, días cuya precipitación no superó el umbral de 1 mm	Días	AdapteCCA
Incendios	Días con nivel de peligro de incendio muy alto	Número de días al año con un índice meteorológico de incendios (FWI-Fire Weather Index) superior a 45 según la clasificación del Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (EFFIS).	Días	Copernicus ⁶

⁶ Indicadores de peligro de incendios para Europa de 1970 a 2098, derivados de proyecciones climáticas (<https://cds.climate.copernicus.eu>).

Tabla 19. Valores medios de los indicadores climáticos para toda la Comunidad de Madrid. (Fuente: Elaboración propia).

AMENAZA	INDICADOR	UNIDAD	Histórico	RCP4.5		RCP8.5	
				Horizonte 2030	Horizonte 2060	Horizonte 2030	Horizonte 2060
			1971-2000	2011-2040	2041-2070	2011-2040	2041-2070
Olas de calor	Duración máxima de olas de calor	Días	11.72	16.73	22.35	17.60	27.14
	Nº días cálidos	Días	36.40	52.35	66.20	54.89	74.76
	Nº noches cálidas	Días	36.40	56.12	72.68	58.72	82.64
Inundaciones	Percentil 95 de la precipitación diaria	mm/día	18.56	19.76	20.20	19.77	20.48
	Precipitación máxima en 24h	mm/día	33.30	34.90	35.31	35.01	35.59
Inclencias invernales	Nº de días con temperatura mínima < 0°C	Días	61.98	48.63	39.81	46.50	32.02
	Temperatura mínima extrema	°C	-6.94	-6.08	-5.50	-5.97	-4.93
Sequía	Máximo Nº de días consecutivos con precipitación < 1 mm	Días	42.07	46.03	47.95	45.94	50.07
Incendios	Días con nivel de peligro de incendio muy alto	Días	15.12	20.76	27.06	20.09	28.30

Para el estudio del impacto de las olas de calor se han empleado tres indicadores: duración máxima de las olas de calor, número de días cálidos y número de noches cálidas. En cuanto a la **duración máxima de las olas de calor**, se observan valores crecientes a lo largo de los horizontes temporales de estudio, en comparación con el periodo histórico. Si la duración promedio en la Comunidad de Madrid durante el periodo histórico se cifra en 11.72 días, el escenario de estabilización de emisiones RCP 4.5 prevé que la duración de las olas de calor se prolongue durante 16.73 días y 23.35 días durante los horizontes 2030 y 2060, respectivamente. El escenario más pesimista, RCP 8.5, prevé que para el horizonte 2030 dicha duración aumente a un promedio de 17.6 días, alcanzando casi el triple, 27.14 días, para el horizonte 2060. Por otra parte, el **número de días cálidos** muestra un ascenso considerable en los escenarios climáticos previstos, desde 36.4 días promedio en el periodo histórico, aumentando en casi 20 días en el horizonte temporal 2030 de ambos RCPs, y alcanzando valores de 66.20 días o de más del doble, 82.64 días, en el horizonte 2060 del RCP 4.5 y RCP 8.5, respectivamente. Finalmente, el **número de noches cálidas**, que presenta un comportamiento similar al anterior indicador, aunque la diferencia entre el periodo histórico y la proyección para el escenario climático 8.5 en su horizonte 2060 es aún más acusada, representado un aumento de 46 días. Entre la serie histórica y el escenario 4.5, horizonte 2030, hay un aumento de 16 días, mientras que la diferencia con el escenario 8.5 y horizonte 2060 es de 46 días.

En el caso de las **inundaciones** se utilizarán como parámetros de análisis el percentil 95 de la precipitación diaria y la precipitación máxima en 24h. El **percentil 95 de la precipitación diaria** tiene un promedio de 18.56 días para la serie histórica, manteniendo los valores de proyecciones futuras más o menos constantes, aumentando ligeramente entre uno y dos días para los escenarios RCP 4.5 y 8.5 en ambos horizontes, alcanzando el máximo en el escenario RCP 8.5 en su horizonte 2060 con un valor de 20.48. De igual manera, para la **precipitación máxima en 24h** se prevé un incremento tanto para el horizonte 2030 como para el 2060 y los dos escenarios de cambio climático analizados. El indicador tiene un valor inicial de 33.3 mm/día en el periodo histórico, aumentando entre 1 y 2mm para el escenario RCP 4.5, así como en el escenario RCP 8.5, en el que la diferencia máxima es de 2mm para el horizonte 2060, respecto a la serie histórica.

Para caracterizar las **inclencias invernales**, se han utilizado dos indicadores de amenaza. El **número días con temperatura mínima menor de 0°C** experimenta un descenso, desde el promedio de 61.98 días en el periodo histórico hasta 48.63 días en el primer escenario RCP 4.5 y horizonte 2030, valor que sigue disminuyendo para el horizonte 2060. En el escenario más pesimista RCP 8.5, el horizonte 2060 pronostica un descenso hasta 32.02 días promedio; lo que supone una reducción de casi el 50% para el indicador. Por otra parte, los datos para la **temperatura mínima extrema** reportan un descenso desde el periodo histórico, con un promedio de -6.94 °C, hasta los -4.93°C para el horizonte 2060 del RCP 8.5. Por el contrario, los datos arrojados por el RCP 4.5, si bien coinciden en disminuir la temperatura mínima extrema, pronostican un descenso más contenido. Así, el horizonte 2030 prevé un promedio de -6.08°C, y de -5.50°C para el siguiente horizonte 2060.



Las **sequías** son otro de los eventos extremos que afectan a la Comunidad de Madrid, y se han evaluado mediante el indicador del **máximo número de días consecutivos con precipitación menor de 1 milímetro**. En este caso los valores van en aumento, con una variabilidad más moderada. Con un valor inicial de 42.07 días consecutivos en la serie histórica, se produce un aumento de 4 días para el horizonte 2030 del escenario RCP 4.5 y de 5 días para el horizonte 2060. Para el escenario RCP 8.5 y horizonte 2030 el valor promedio es menor que en el mismo horizonte del escenario anterior; sin embargo, el horizonte 2060 de este escenario vuelve a superar todos los datos anteriores alcanzando el máximo de 50.07 días.

En cuanto a los **incendios**, caracterizados por los **días con nivel de peligro de incendio muy alto**, muestran un aumento en los diferentes horizontes temporales con respecto a los 15.12 días del periodo histórico, siendo de aproximadamente 5 días en el horizonte temporal 2030 de ambos RCPs 4.5 y 8.5 (20.76 y 20.09 días, respectivamente), llegando casi a duplicarse en el horizonte temporal 2060 (27.06 y 28.30 días, respectivamente).

En resumen, la tendencia de los indicadores analizados apunta hacia un aumento en la severidad (en menor o mayor grado) de fenómenos como olas de calor, sequías e incendios. Así mismo, si bien las proyecciones de cambio climático analizadas no pronostican una variación significativa del promedio anual de las precipitaciones con respecto del periodo histórico, es difícil determinar si un posible cambio en la estacionalidad o en la intensidad de las mismas producirían efectos negativos en la severidad de inundaciones. Por otro lado, parece claro un aumento generalizado de las temperaturas; lo cual, si bien afecta negativamente a fenómenos como olas de calor, puede contribuir a disminuir la severidad o recurrencia de fenómenos relacionados con el frío, como así reflejan las proyecciones de los indicadores utilizados para la caracterización de inclemencias invernales. No obstante, y de manera similar al caso de las precipitaciones, un posible cambio en la estacionalidad o la intensidad de este tipo de fenómenos apuntaría a que no se les deba restar significancia, pese a su tendencia recesiva.





5 CARACTERIZACIÓN DE LA EXPOSICIÓN Y DE LA VULNERABILIDAD

En este apartado se describe la caracterización de la exposición y la vulnerabilidad de los factores determinantes del riesgo climático en el contexto territorial de análisis.

5.1 Contexto socioeconómico

La Comunidad de Madrid, situada en la Submeseta Sur de la Meseta Central de España y limítrofe con las provincias de Guadalajara, Cuenca y Toledo (Castilla-La Mancha), y Ávila y Segovia (Castilla y León), tiene una extensión de 8,026.77 km² y se compone de 179 términos municipales.

En 2020 contaba con una **población empadronada** de 6,779,888 habitantes (Figura 25-izq.), cifra que supone un incremento del 30% respecto a las 5,205,408 personas empadronadas en 2000. El término municipal de Madrid, con 3,334,730 habitantes, es el municipio más poblado con más del 49% del total de la población de la Comunidad. Las proyecciones de población que realiza el Instituto Nacional de Estadística (INE), además, muestran una Comunidad de Madrid en la que no parece que el incremento en el número de habitantes vaya a cesar. En este sentido, se estima que para 2033 la población de la Comunidad aumente en un 10.5% respecto a los 6,663,394 habitantes empadronados de 2020, alcanzando así un total de 7,392,458 personas (Figura 26).

Por edades, la edad media de la población de la Comunidad se ha incrementado en 3.4 años respecto a 2000 y el rango de edad con un mayor porcentaje de madrileños y madrileñas es el que va desde los 40 a los 49 años, que pasa del 13.7% del total de la población de 2000 al 17.3% de 2019. Según los datos del Padrón 2020, en la Comunidad de Madrid, hay 365,023 personas con 80 o más años, que representan un 5.4% de la población, de los cuales aproximadamente un tercio viven solos, la mayoría mujeres. En el caso de la ciudad de Madrid, viven más de tres millones de personas y concentra en torno al 65% de la población de 80 años o más de toda la Región.

En lo que a la **densidad de población** se refiere, Madrid es la Comunidad más densamente poblada de España, alcanzando en 2020 los 845 habitantes por km², lo que equivale a un incremento de 197 habitantes/km² respecto a la cifra del año 2000 (648 habitantes/km²). Dicha densidad se ve incrementada en el área metropolitana de Madrid donde se supera la cifra de 1.000 habitantes por km².

La evolución de las **migraciones desde el extranjero** a la Comunidad de Madrid está fuertemente influenciada por la crisis económica atravesada por España a finales de la primera década del siglo XXI. Hasta el inicio de la crisis, la llegada de migrantes a la Comunidad de Madrid mostraba una tendencia al alza (2007 representa el máximo histórico con la llegada de 179,608 personas desde el extranjero) y fue a partir de 2008 cuando la tendencia se invirtió llegando a reducir en un 65% la llegada de migrantes en 2013 (62,472 personas). Desde entonces, sin embargo, coincidiendo con la recuperación económica, la llegada de migrantes a la Comunidad se ha incrementado, cifrándose en 2018 en 151,128 personas. Por el contrario, las proyecciones de población migrante procedente del extranjero realizadas por el Instituto Nacional de Estadística (INE) muestran una tendencia según la cual la llegada de personas desde el extranjero tenderá a reducirse hasta algo menos de 95,000 en 2032.

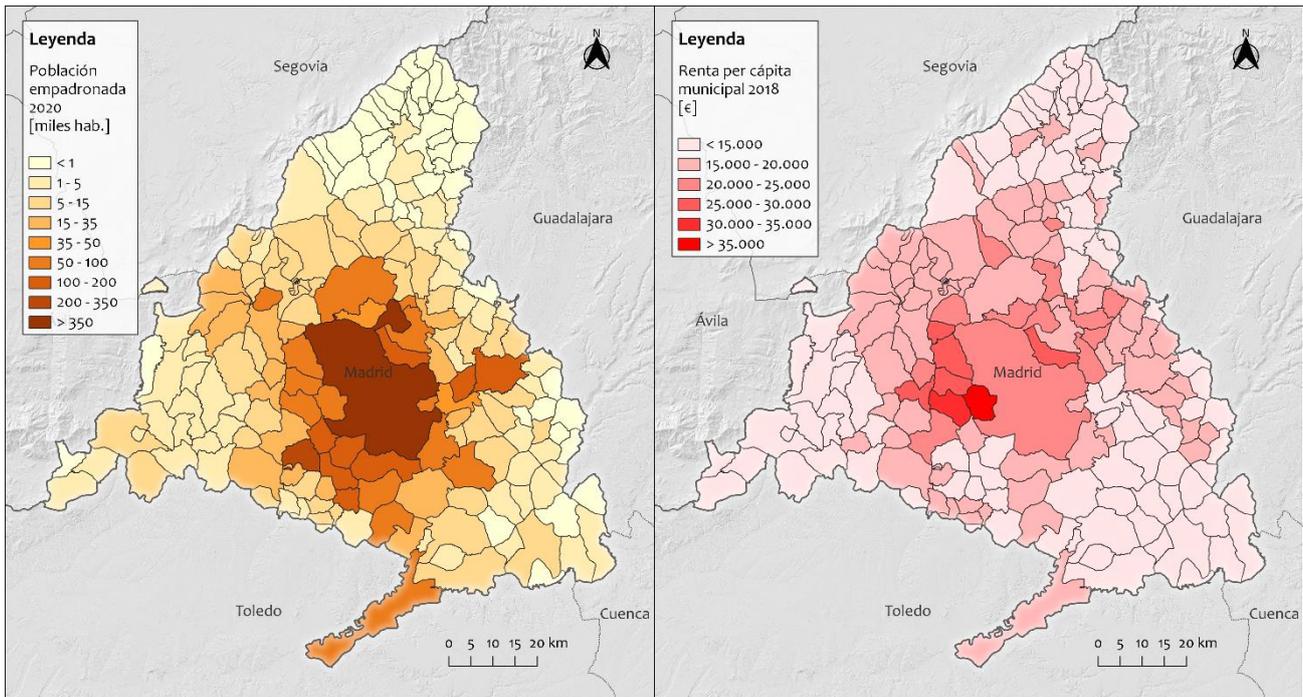


Figura 25. Población empadronada 2020 (izq.) y renta per cápita 2018 (drcha.) de la Comunidad de Madrid. (Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid).

Se estima que en 2035 la población de la Comunidad de Madrid sea un 8,5% superior a la de 2020.

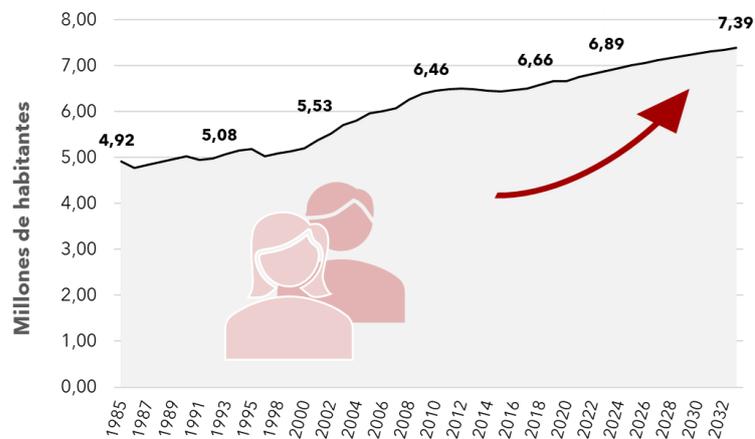


Figura 26. Evolución de la población en la Comunidad de Madrid y su proyección 1985 – 2033. (Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid e Instituto Nacional de Estadística).

En la parcela económica, la **renta per cápita**, indicador económico que relaciona el Producto Interior Bruto (PIB) de un territorio y el número de habitantes del mismo, se cifra en 2017 (último año para el que se dispone de información) en 19,312 € por persona, lo que supone un incremento del 49% respecto a los niveles de 2000. Dicha cantidad, sin embargo, no se reparte de forma homogénea a lo largo de la Comunidad y son los municipios pertenecientes al área metropolitana de Madrid, a la Cuenca del Guadarrama, a la Cuenca Alta del Manzanares y algunos de los que integran la Cuenca del Medio Jarama los que presentan mayores rentas per cápita (Figura 25-drcha.).

En cuanto a la **población ocupada**, la crisis económica vuelve a ser clave a la hora de describir su evolución ya que esta parece ser la responsable de la destrucción de empleo producida a partir de 2009. Si en 2008 las personas ocupadas en la Comunidad de Madrid se cifraban en 3.1 millones, 2014 se erigió como el año con la menor ocupación de la serie disminuyendo el número de personas ocupadas a 2.7 millones, lo que supone una reducción de la ocupación del 13,3% respecto a 2008. La recuperación económica trajo de la mano la generación de empleo y en 2019 la cifra de personas ocupadas en la Comunidad recuperó los niveles de 2008.

Según las **actividades económicas predominantes**, es el sector servicios aquel que ocupa a un mayor número de personas en la Comunidad de Madrid. En 2019, concretamente, son 2.16 millones las personas que trabajan en el sector terciario, lo que equivale al 85% del total de la población ocupada de la Comunidad. A este sector le siguen la industria, que emplea a 277 mil personas (9% de la población ocupada total), la construcción que hace lo propio con 197 mil personas (6% sobre el total) y, por último, la agricultura que emplea a 6,100 personas (0.2% de la población ocupada total). Al profundizar en el análisis, se observan diferencias en función del sexo. Mientras que el 13% de los hombres ocupados trabajan en actividades industriales y el 10.5% en la construcción, dichos porcentajes se reducen al 5.4% y al 1.3%, respectivamente, en el caso de las mujeres. Además, si bien el sector servicios es el predominante en ambos sexos, es en el caso de las mujeres donde mayor ocupación representa, dando empleo a un 93% de las mujeres ocupadas frente a un 76% del total de hombres (Figura 27).

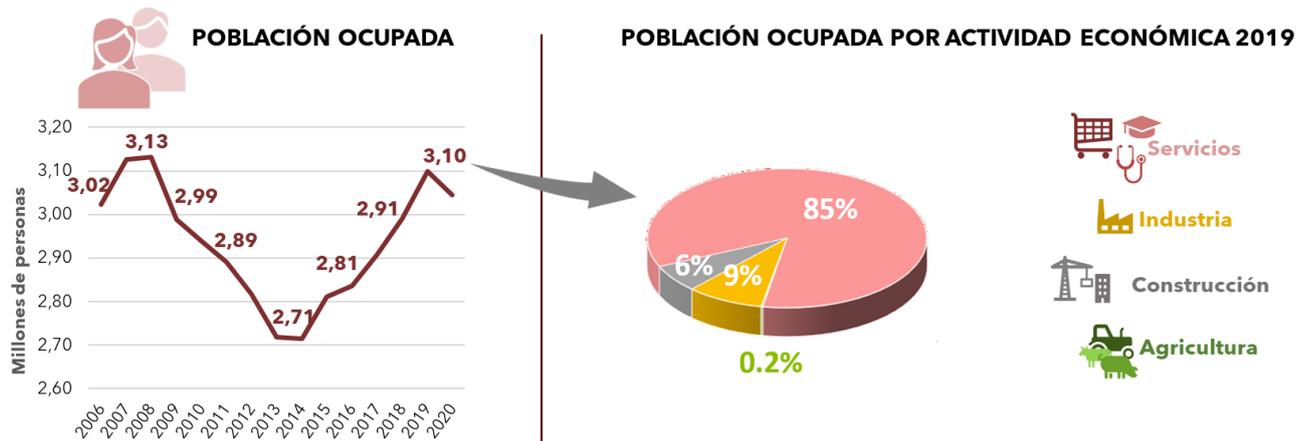


Figura 27: Evolución de la población ocupada 2006-2019 y reparto de la ocupación por actividades económica (2019). (Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid).

5.2 Selección de cadenas de impacto

Los impactos del cambio climático no son eventos aislados, sino que resultan de una **cadena de impactos**, la cual es una relación de causa-efecto entre una amenaza asociado al cambio climático y un determinado receptor o conjunto de receptores dentro de un sector de análisis. Los receptores sensibles se refieren a todos aquellos elementos que pueden verse expuestos de forma potencial por las distintas amenazas que presenta el territorio objeto de análisis. La cadena de impactos permite sistematizar y priorizar los factores que llevan al riesgo de un determinado sistema y facilitar la identificación de indicadores que serán utilizados en la evaluación del riesgo. Por este motivo, resulta de interés desde el punto de vista de la evaluación del riesgo.

Teniendo en cuenta la información recopilada sobre el contexto climático de la CAM y los posibles impactos que puedan ocasionar sobre algunos de sus principales sectores, la evaluación del riesgo de los municipios de la CAM ante el cambio climático se ha realizado considerando las siguientes cadenas de impacto:

- Impacto por olas de calor sobre la salud humana
- Impacto por inundaciones fluviales sobre el medio urbano
- Impacto por inclemencias invernales sobre el medio urbano
- Impacto por sequía sobre el sector primario
- Impacto por sequía sobre la población
- Impacto por incendios sobre el medio natural

5.2.1 Impacto por olas de calor sobre la salud humana

Las alteraciones del clima pueden tener repercusión en la salud de la población de forma directa por la intensificación de los fenómenos extremos, y de los patrones meteorológicos de temperatura y precipitación; o de forma indirecta provocando cambios en la calidad de y cantidad de recursos materiales (entre los que se incluyen los recursos hídricos). Estos cambios ocasionados por nuevas condiciones climatológicas pueden afectar a la salud por ejemplo a través de la



alteración de la distribución geográfica de vectores de transmisión de enfermedades infecciosas y su capacidad de adaptación a diferentes hábitats. También pueden producirse afecciones en la salud humana debido al aumento de la intensidad de la radiación ultravioleta favorecida por situaciones anticiclónicas; aumento de partículas en suspensión y contaminantes atmosféricos con el aumento de sequías, y liberación de partículas por incendios forestales; o el aumento de niveles de ozono troposférico que se intensifica con las altas temperaturas.

Los indicadores de olas de calor analizados pronostican un aumento severo en la frecuencia y duración de los eventos de olas de calor que se prevén sobre la Comunidad. Los impactos previstos sobre la salud humana como consecuencia del incremento en el número e intensidad de las olas de calor vinculados al cambio climático se traducen en un aumento de las tasas de mortalidad y morbilidad, tal y como establece la Agencia Europea del Medio Ambiente en el estudio de 2012 *“Urban adaptation to climate change in Europe. Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies”*.

Aunque las olas de calor conllevan de forma directa algunos efectos entre los que se incluyen insolación, sensación de fatiga, agotamiento y golpes de calor, también pueden acarrear diversos impactos en la salud humana de mayor gravedad, como son principalmente aumento de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, afecciones al sistema nervioso y problemas respiratorios u otras enfermedades ya preexistentes (Deschenes, 2014), y aumento de mortalidad. Ejemplo de ello es la ola de calor de 2003 en Europa, que dejó más de 80,000 víctimas causa de las altas temperaturas (Wolf y McGregor 2013).

Atendiendo a los efectos de las olas de calor sobre la salud humana, se han detectado tres componentes asociados al exceso de mortalidad por altas temperaturas: intensidad de la temperatura, acumulación de días con altas temperaturas y momento del período estival en que se produce la exposición; siendo la intensidad el componente que más influye. Además, la mayor parte de la mortalidad ocasionada por las altas temperaturas se produce en personas de edad avanzada, las cuales a menudo viven solas y presentan problemas de salud (cardíacos, respiratorios, etc.) que por sí mismos podrían explicar el fallecimiento, pero que se ven agravados por la deshidratación y la sobrecarga que supone el calor para un organismo envejecido y enfermo.

Además, hay que considerar el denominado efecto *“isla de calor”* que aumenta las temperaturas en el centro de la ciudad con respecto a las zonas rurales o de menor densidad de población, debido a la alta densidad de edificios y asfalto en las calles que acumulan calor durante el día y lo desprenden durante la noche. Por esta razón, se considera que existe un riesgo adicional en este grupo de población de edad avanzada residente en la ciudad de Madrid, sobre todo en los distritos del Centro y Sur de Madrid capital (atendiendo a los datos de exceso de riesgo de mortalidad de la ola de calor de 2003) y probablemente parte de los municipios de la corona sur/sureste (especialmente Alcorcón, Leganés y Getafe).

Los datos exactos de mortalidad y morbilidad asociadas a eventos de olas de calor son complicados de obtener. En base al informe de la Dirección General de Salud Pública de la Comunidad de Madrid, *“Vigilancia y control de los efectos de las olas de calor. Evaluación del plan de respuesta 2017”*, en los años 2015 y 2016 se registraron 15 y 3 fallecimientos a cause de golpes de calor.

Dicho documento realiza un análisis de mortalidad en la temporada de vigilancia de olas de calor (del 1 de junio al 15 de septiembre), y muestra que el número de fallecidos totales registrados en los 107 días que abarca la temporada, fue de 10,667 (79 fallecidos más que en 2016), de las cuales un 70% eran personas mayores de 74 años (ver Tabla 20).

Por otra parte, el documento también recoge las urgencias atendidas durante la temporada de vigilancia (ver Tabla 21), en las cuales para el grupo de edad de mayores de 65 años se observaron excesos de urgencias atendidas en varios días, a principios de verano (días 12, 19 y 22 de junio) que podrían tener relación con la primera ola de calor; además, en el Hospital General Universitario Gregorio Marañón se atendieron 16 urgencias con diagnóstico de *“golpe de calor”*, aunque no constan fallecidos con este diagnóstico para ese periodo de tiempo.

Tabla 20. Mortalidad observada para la Comunidad de Madrid en 2017 durante la temporada de vigilancia. (Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Salud Pública de la Comunidad de Madrid).

Edad	Muertes observadas	%
Total	10,667	100
>74 años	7,475	70.09



Tabla 21. Urgencias atendidas observadas en la Comunidad de Madrid en 2017 durante la temporada de vigilancia. (Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Dirección General de Salud Pública de la Comunidad de Madrid).

Edad	Urgencias atendidas observadas	%	Localización
Total	44,403	100	Hospital General Universitario Gregorio Marañón
>65 años	13,687	30.82	
Total	14,354	100	Distritos Moratalaz y Retiro
>65 años	7,045	49.08	

De forma general, el documento concluye que el impacto en salud de las temperaturas del verano de 2017 estuvo en concordancia con los datos referentes al periodo 2004-2016, con valores de morbimortalidad observada inferiores a los valores esperados a excepción de 2015 (año en que se registró un aumento tanto en el número de fallecimientos como en el de urgencias atendidas).

Por otra parte, la exposición al calor está fuertemente determinada por el calor externo del entorno, sobre el cual el cambio climático tiene especial incidencia y el tejido urbano es una componente importante. Considerando la distribución demográfica de la Comunidad de Madrid, hay que considerar especialmente el efecto "isla de calor" que se produce en zonas urbanas y que afecta a gran densidad de población, incrementando la exposición a altas temperaturas y con ello el riesgo asociado a la salud humana, tal y como recoge el estudio de Klein *et al.* (2014).

Además, según recoge el documento de "Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España" del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Sanz, M.J. y Galán, E., 2021), se estima que el aumento de temperatura tendrá también efectos sobre la salud humana de forma indirecta, contribuyendo al aumento de algunas enfermedades infecciosas transmitidas por el agua y la propagación de vectores asociadas a las mismas.

En la siguiente Tabla 22 se recogen los principales impactos considerados producidos por las olas de calor sobre la salud humana:

Tabla 22. Cadena de impacto de olas de calor sobre la salud humana. (Fuente: Elaboración propia).

Cadena de impacto	Sector	Potenciales impactos
Olas de calor sobre la salud humana	Salud	Posible aumento de la mortalidad y morbilidad
		Posibles afecciones sobre la salud: golpes de calor, deshidratación, cáncer de piel, etc.
		Posibles enfermedades infecciosas transmitidas por el agua y la propagación de vectores asociadas a las mismas

5.2.2 Impacto por inundaciones fluviales sobre el medio urbano

Las inundaciones, en general, afectan negativamente tanto a los recursos estructurales como al bienestar de las personas, además de generar daños indirectos en el funcionamiento de servicios básicos a la población. Entendiendo el medio urbano como el conjunto de superficies y estructuras artificiales en el que reside la población (edificaciones, infraestructuras, equipamientos, etc.), en este apartado se analizan los principales impactos asociados a este tipo de eventos. Si bien con los indicadores climáticos analizados para evaluar las precipitaciones intensas en el futuro no se puede asegurar con certeza un aumento severo en la ocurrencia de este tipo de fenómenos, resulta razonable considerar un aumento en la severidad de los mismos, por su naturaleza de fenómenos extremos. Por lo que, dadas las características poblacionales y de habitabilidad del entramado urbano de la Comunidad, se vuelve fundamental su consideración en este estudio.

El Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX) del Ministerio de Fomento y el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente concluyó en 2013 el análisis "Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructura de transporte en España". Las conclusiones del informe muestran que los mayores impactos sobre la red vial y ferroviaria se producirán en taludes debido al aumento de la intensidad de precipitaciones extremas que provocarán gran erosión y también deslizamientos de ladera y daños que afecten a la estabilidad de los puentes.



Las pérdidas económicas que pueden llegar a generar las inundaciones han adquirido una importancia especial a nivel global. Las inundaciones más relevantes del año 2020 en la Ciudad de Madrid y sus costes asociados se presentan a continuación (Tabla 23):

Tabla 23. Inundaciones y costes asociados en el año 2020 para la ciudad de Madrid. (Fuente: Consorcio de Seguros sobre la ciudad de Madrid.).

Fecha	Número de expedientes	Coste declarado (Millones de €)	Coste pendiente estimado (Millones de €)	Coste total (Millones de €)
17/09/2020	191	1.57	0.05	1.62
31/05/2020	220	0.76	0	0.76
25/05/2020	216	0.72	0	0.72

En el contexto particular de la Comunidad de Madrid, hay que tener en cuenta el impacto sobre la red de transporte público que provocan los episodios de inundación, concretamente sobre la red de Metro, que en dichas situaciones puede quedar parcialmente fuera de servicio por inundaciones en la red subterránea.

A continuación, se detalla la cadena de impacto sobre el medio urbano (Tabla 24):

Tabla 24. Cadena de impacto de inundaciones fluviales sobre el medio urbano. (Fuente: Elaboración propia).

Cadena de impacto	Sector	Potenciales impactos
Inundaciones fluviales sobre el medio urbano	Urbanismo y edificación	Daños estructurales a edificaciones.
	Movilidad e Infraestructuras del transporte	Posibles daños físicos a la red de carreteras y caminos, y red ferroviaria: erosión de la estructura de puentes, taludes y firmes.
		Posibles daños físicos a la red de carreteras y caminos, y red ferroviaria: inundación de los firmes por insuficiencia en la capacidad de drenaje.
		Red de carreteras: inoperatividad en pasos subterráneos
		Red de Metro: inoperatividad por inundaciones en túneles
		Posibles daños físicos a la red de carreteras y caminos: cortes en la circulación y operatividad urbana
		Posibles daños físicos a red ferroviaria: Caídas de objetos en las vías, impacto en las pantallas acústicas, en particular para las líneas de alta velocidad.
		Inoperatividad en la red aeroportuaria ante precipitaciones de alta intensidad y lluvias extremas
	Industria, servicios y comercio	Posibles daños en las edificaciones urbanas
		Interrupción del servicio o alteraciones en la actividad económica debido a las complicaciones en las redes de transporte

5.2.3 Impacto por inclemencias invernales sobre medio urbano

En el caso de las inclemencias invernales, los indicadores climáticos analizados para la Comunidad de Madrid prevén un aumento de las temperaturas mínimas que sugieren una reducción en la ocurrencia del número de eventos meteorológicos por frío en la Región. Sin embargo, y al igual que en el caso de las inundaciones, resulta razonable considerar un aumento en la severidad de las inclemencias invernales que acontezcan en el futuro (alcanzando niveles similares a los de Filomena de 2021), y que puedan poner en riesgo los municipios.

De tal manera, ya en 2018 el Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEDEX) publicaba un estudio en el que analizaba la vulnerabilidad de las redes de infraestructura y transporte al cambio climático, y mostraba que, aunque los escenarios climáticos proyectasen una disminución en las nevadas, la infraestructura de red estatal de transporte era muy sensible a este tipo de episodios. En el caso particular de la red aeroportuaria la mayor incidencia de heladas extremas podría afectar a la operatividad del aeropuerto en momentos puntuales, como fue constatado durante Filomena.





Los daños económicos más destacables debidos a inclemencias invernales en la Comunidad se han producido recientemente durante la borrasca Filomena. La Unión Española de Entidades Aseguradoras y Reaseguradoras publicó un informe (UNESPA, 2021) en el que se recogen el número de siniestros y su correspondiente importe económico que registraron las aseguradoras españolas a causa del impacto de la borrasca Filomena con periodo de ocurrencia del 6 al 19 de enero, y que se presentan en la siguiente Tabla 25:

Tabla 25. Número de siniestros e importe económico registrados por UNESPA en la Comunidad de Madrid por la borrasca Filomena según el tipo de multirriesgo. (Fuente: Unión Española de Entidades Aseguradoras y Reaseguradoras (UNESPA)).

Motivo del siniestro	Tipo de multirriesgo	Nº de siniestros		Importe económico (€)	
Nieve	Multirriesgo de hogar	52,238	70,360	3,8620,777	102,975,799
	Multirriesgo de comercios	2,531		5,202,945	
	Multirriesgo de comunidades de propietarios	11,416		9,062,612	
	Multirriesgo de industrias y pymes	4,021		44,985,750	
	Otros daños materiales	153		5,103,715	
Viento	Multirriesgo de hogar	1,016	1,280	651,171	974,506
	Multirriesgo de comercios	38		35,242	
	Multirriesgo de comunidades de propietarios	171		111,525	
	Multirriesgo de industrias y pymes	50		165,738	
	Otros daños materiales	5		10,830	
Lluvia	Multirriesgo de hogar	3,027	6,944	1419,836	3,275,703
	Multirriesgo de comercios	212		154,990	
	Multirriesgo de comunidades de propietarios	3,494		949,154	
	Multirriesgo de industrias y pymes	196		643,950	
	Otros daños materiales	196		643,950	
Total		78,584		107,226,008	

Los datos desagregados por líneas de negocio (multirriesgo de hogar; multirriesgo de comunidades, multirriesgo de comercios; multirriesgo industrial y pyme; otros daños materiales, etc.) demuestran las distintas afecciones del impacto de fenómenos extremos sobre la operatividad del medio urbano. De forma general, la cadena de impacto de inclemencias invernales sobre medio urbano es la siguiente (Tabla 26):

Tabla 26. Cadena de impacto de inclemencias invernales sobre el medio urbano. (Fuente: Elaboración propia).

Cadena de impacto	Sector	Potenciales impactos
Inclemencias invernales sobre el medio urbano	Urbanismo y edificación	Daños estructurales a edificaciones
	Movilidad e Infraestructuras del transporte	Posibles daños físicos a las redes de transporte
		Posible interrupción de la operatividad de las redes de transporte
	Industria, servicios y comercio	Posibles daños en las instalaciones, corte de suministro e interrupción del servicio





5.2.4 Impacto por sequía sobre el sector primario

El indicador de sequía analizado determina un aumento en la duración de los periodos de ausencia de precipitaciones de cara al futuro, agravándose hacia final de siglo, que tendrá un impacto directo sobre la producción agropecuaria de la Región, así como de manera indirecta, el aumento en la intensidad de las plagas y enfermedades.

Según el informe *"Adaptación al Cambio Climático: Identificación de medidas de adaptación a partir de los impactos sobre los recursos hídricos en la Comunidad de Madrid"* de Garrote e Iglesias (2012), el impacto del cambio climático en el sector agropecuario será muy significativo en la Comunidad de Madrid, debido a la estrecha relación entre la agricultura y el régimen hidrológico. En este sentido, hay que añadir también los efectos de las altas temperaturas que conllevarán un aumento de las necesidades de dotación del riego para la agricultura. Según el censo agrícola de 2009 (INE, 2009), el 6% de la superficie agrícola total de la Comunidad de Madrid (387,000 ha) son cultivos de regadío (23,000 ha). Aunque a nivel global, la importancia cuantitativa de la agricultura en la actividad económica de la Comunidad de Madrid es testimonial - la agricultura supuso el 0.13% del PIB de la Comunidad en el 2007 (Garrote e Iglesias, 2012)-, sobre todo respecto a otras regiones españolas, la agricultura de regadío es uno de los sectores que están más directamente expuestos como consecuencia de la reducción de disponibilidad de agua debida al cambio climático, ya que, salvo que se adoptan medidas de adaptación apropiadas, su viabilidad a largo plazo puede verse seriamente comprometida. Además, la intensificación de sequías en la agricultura conlleva consigo una necesidad del uso de productos fitosanitarios que tienen un riesgo asociado para la salud pública, el medioambiente y los gastos económicos de las explotaciones.

En el caso del sector ganadero, tal y como recoge el documento Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España citado anteriormente, el aumento de temperatura en forma de eventos extremos y el aumento de las temperaturas mínimas en verano generan episodios de estrés térmico en los animales, lo cual hace disminuir su bienestar y producción, llegando incluso a ser mortal. La disminución de precipitaciones conllevará una menor disponibilidad de agua, afectando a la capacidad de los animales de mitigar el estrés por calor e incrementando el malestar animal (Nardone *et al.* 2010). Por ese motivo, las densidades ganaderas con las que se trabajen y los recursos disponibles especialmente en la ganadería extensiva son un factor importante en los potenciales impactos de la sequía sobre el sector (Deniz *et al.* 2019).

Todos estos efectos sobre las zonas de producción óptima tendrán un impacto en el mercado y la actividad económica agropecuaria. Los principales impactos identificados sobre el sector primario se recogen en la Tabla 27.

Tabla 27. Cadena de impacto de sequía sobre el sector primario. (Fuente: Elaboración propia).

Cadena de impacto	Sector		Potenciales impactos
Sequía sobre el sector primario	Primario	Agrícola	Posible pérdida de áreas de cultivo
			Pérdida de productividad agrícola por limitaciones con el abastecimiento de agua
			Posible impacto económico por limitaciones en abastecimiento de agua para riego
			Expansión de frontera agrícola e invasión de zonas naturales
			Sobreexplotación de agua subterránea
	Pecuario	Pecuario	Posible pérdida de áreas de pastoreo
			Posible cierre de explotaciones por reducción de abastecimiento de agua e impacto económico asociado
			Sobreexplotación de agua subterránea





5.2.5 Impacto por sequía sobre la población

Los efectos del cambio climático en los recursos hídricos superficiales en España quedan recogidos en el estudio “Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural” (CEDEX, 2011). Las proyecciones climáticas analizadas en ese estudio pronostican una reducción generalizada de la precipitación conforme avanza el siglo XXI (de manera más acusada a lo que reflejan las proyecciones analizadas en el presente análisis) y que van asociadas a una disminución de las aportaciones en régimen natural en la totalidad de las cuencas españolas. Junto al descenso en la disponibilidad del recurso hídrico, se asocia un probable deterioro de la calidad y el estado de las masas de agua, que lleva asociado un aumento en costes ante la necesidad de incrementar su tratamiento, tanto de potabilización como de depuración.

Los recursos hídricos de la Comunidad de Madrid están integrados en el sistema de gestión de la Confederación Hidrográfica de Tajo, conformado por distintas cuencas interconectadas: la cuenca del curso principal del río Tajo, la cuenca del río Tajuña, la cuenca del río Henares, la cuenca del río Jarama, la cuenca del Guadarrama y la cuenca completa del río Alberche. Los valores medios anuales de las principales variables hidrológicas en las cuencas de la cabecera del Tajo se presentan a continuación (Tabla 28):

Tabla 28. Variables hidrológicas en las cuencas del Macrosistema de la Comunidad de Madrid. (Fuente: Adaptación al cambio climático: Identificación de medidas de adaptación a partir de los impactos sobre los recursos hídricos en la Comunidad de Madrid).

ZONA	PRECIPITACIÓN (mm)	ETP (mm)	APORTACIÓN (hm ³)
Cabecera del Tajo	649.34	632.57	1,191
Tajo intermedio	470.27	753.40	118
Tajuña	534.72	679.47	132
Henares	584.38	675.79	518
Jarama- Manzanares	639.96	688.43	992
Guadarrama	531.39	738.45	162
Alberche	667.99	757.68	823

El estudio de Garrote e Iglesias (2012) recoge que, en las cuencas propias del abastecimiento de Madrid, la disponibilidad obtenida para una demanda continua es de unos 585 hm³/año, situándose esta cifra cerca de su límite de capacidad, aunque la explotación conjunta de todas las cuencas, junto con los recursos subterráneos y los procedentes de cuencas vecinas hace que la disponibilidad real sea sustancialmente mayor. Por lo que se refiere a los recursos subterráneos, destacan los dos acuíferos de la parte central de la cuenca (acuífero cretácico carbonatado y acuífero terciario detrítico).

La demanda en la Comunidad de Madrid es principalmente de abastecimiento urbano, y está gestionada por el **Canal de Isabel II**, que gestiona el abastecimiento de agua a una población de más seis millones de habitantes de 175 municipios (hay otros abastecimientos independientes que comparten este mismo ámbito geográfico). El Canal de Isabel II también gestiona la mayor parte de las depuradoras de la Comunidad de Madrid, exceptuando algunas industrias y urbanizaciones que tienen sistemas propios. El total de demanda urbana abastecida por el CYII en 2005 fue de 610.10 hm³, de los cuales 323 hm³/año se destinaron al abastecimiento urbano del municipio de Madrid (un 52.9%). La demanda urbana se desglosa en un 70% destinada a consumo de población, un 24% para uso industrial que consume agua de redes municipales y un 6% destinado a uso municipal. En lo que se refiere a pérdidas totales, se estiman en un 8%. La disponibilidad de agua regulada en diversos puntos del sistema de abastecimiento se recoge en la siguiente tabla (Tabla 29):



Tabla 29. Disponibilidad de agua regulada en diversos puntos del sistema de abastecimiento a Madrid. (Fuente: Adaptado de Garrote e Iglesias (2012)).

EMPLAZAMIENTO	APORTACIÓN MEDIA (hm ³ /año)	VOLUMEN DE EMBALSE (hm ³)	DISPONIBILIDAD (hm ³ /año)
E. Manzanares	79.52	91	19.51
E. Navacerrada	11.73	11	2.97
E. Atazar	210.67	588	64.31
E. Jarosa	14.94	7	2.09
E. El Vado	121.14	55	37.32
E. Pedrezuela	47.98	39	12.86
E. Valmayor	26.18	124	2.37
Total abastecimiento CAM	516.83	915	141.42

El Canal gestiona una infraestructura de captación, tratamiento y distribución compuesta de forma genérica por: 14 embalses con una capacidad máxima de almacenamiento de 946 hm³, 14 estaciones de tratamiento (ETAP) con una capacidad total de 46.3 m³/s, 22 grandes depósitos reguladores con 2.7 hm³ de capacidad y una red de distribución formada que a fecha de 2009 tenía una longitud de más de 15.000 km. Canal de Isabel II lleva registrando las aportaciones de entrada a los embalses en la Comunidad de Madrid desde hace prácticamente 100 años. Aunque la aportación media en los periodos 1913-2008 y 1940-2008 es muy similar, en el periodo registrado (1979-2008) se ha reducido de manera sustancial, en torno a un 20%.

Es difícil determinar el efecto que podría tener la disminución de las precipitaciones, y por tanto de las aportaciones sobre el sistema de abastecimiento de Madrid, debido a su gran complejidad. Garrote e Iglesias (2012) concluyen en su estudio que los recursos propios en los ríos de la Región con los que cuenta el abastecimiento madrileño, salvo en los casos de los ríos Sorbe y Jarama, se encuentran próximos a la máxima regulación posible, dadas las características hidrológicas de sus aportaciones, por lo que el sistema se enfrenta a una gran exposición frente a la reducción de las aportaciones. Por tanto, y según recoge el estudio, aumentar la resiliencia del abastecimiento debería centrarse en la gestión sostenible de la demanda y en la obtención de recursos complementarios fuera de la Comunidad, puesto que los recursos procedentes de la reutilización de aguas residuales regeneradas tienen una utilización limitada y exigen grandes inversiones en infraestructura de distribución. Es importante señalar que la eficiencia del uso del agua es ya muy favorable en la Comunidad, debido sobre todo a los esfuerzos del CYII en el contexto (tarifas por bloques y estacionales) y a sus iniciativas de sensibilización y educación.

Los principales impactos identificados sobre la población se recogen en la Tabla 30.

Tabla 30. Cadena de impacto de sequía sobre población. (Fuente: Elaboración propia).

Cadena de impacto	Sector	Potenciales impactos
Sequía sobre población	Recursos hídricos	Posible desabastecimiento por la reducción de las aportaciones
		Posible sobreexplotación de acuíferos
		Posible subsidencia en el terreno que afecte a edificios e infraestructuras por la menor recarga de acuíferos
		Posible afección a la calidad de las aguas superficiales y subterráneas
		Posible encarecimiento de los procesos de potabilización y tratamiento de aguas residuales



5.2.6 Impacto por incendios sobre el medio natural

Como refleja el análisis de los indicadores climáticos, se observa un aumento considerable del riesgo de sufrir incendios en la Comunidad en las próximas décadas. La variabilidad en la precipitación, la temperatura, el viento y la humedad como resultado del cambio climático, puede conllevar alteraciones en las condiciones de humedad del combustible de madera, hojas, suelo y otra materia orgánica del suelo. El estudio de Sanz y Galán (2021) refleja que alrededor de la región mediterránea, de forma general el cambio climático reduce los niveles de humedad del combustible de los valores actuales, aumentando la sequedad, lo que intensifica el peligro derivado de factores climáticos de los incendios forestales. Esto condicionará un mayor riesgo de ignición principalmente en zonas de interfaz urbano-forestal y agrícola-forestal.

En el contexto regional, la inversión destinada a la prevención y extinción de incendios forestales y, por tanto, a la gestión del riesgo, se recoge en la **Memoria de 2019** (Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid, 2019). En la Comunidad de Madrid se cuenta con la ayuda económica de la Dirección General de Emergencias como unidad gestora mediante los recursos incluidos en los contratos de servicios de "Prevención y Extinción de Incendios Forestales, Zona Este y Zona Oeste" del FEADER (Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural). El FEADER cofinancia el 53% del gasto público admisible, y la Administración General del Estado otro 14.10% (Tabla 31):

Tabla 31. Inversión en Prevención de Incendios Forestales en la Comunidad de Madrid. (Fuente: Memoria 2019 del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid).

PRESENTADO	GASTO PÚBLICO COFINANCIABLE	IMPORTE FEADER	IMPORTE AGE	IMPORTE COMUNIDAD DE MADRID
ZONA ESTE (nov17/may18)	1,140,098.26 €	604,252.08 €	160,753.85 €	375,092.33 €
ZONA OESTE (oct18/may19)	1,245,073.96 €	659,889.20 €	175,555.43 €	409,629.33 €
ZONA ESTE (oct18/may19)	1,008,369.83 €	534,889.20 €	142,180.15 €	331,753.67 €
TOTAL	3,393,542.05 €	534,436.01 €	534,436.01 €	534,436.01 €

Los principales impactos identificados se recogen en la siguiente Tabla 32:

Tabla 32. Cadena de impacto de incendios sobre el medio natural. (Fuente: Elaboración propia).

Cadena de impacto	Sector		Potenciales impactos
Incendios sobre medio natural	Primario	Agrícola	Posible pérdida de áreas de cultivo
			Posible impacto económico por pérdida en la productividad
		Pecuario	Posible pérdida de áreas de pastoreo
			Sobreexplotación de agua subterránea
	Patrimonio natural y biodiversidad		Posible pérdida de biodiversidad
			Posible pérdida de áreas protegidas
			Posible impacto económico por pérdida de áreas protegidas
			Modificación en la estructura, composición y servicios ecosistémicos del hábitat con posibles sucesiones ecológicas de las especies mejor adaptadas
			Degradación del suelo y aumento de la erosión
			A gran escala pueden producir cambios en el ciclo hidrológico dentro de la cuenca hidrográfica por problemas en la infiltración del agua, aumento del flujo superficial del agua y en el consumo de agua por la vegetación debido a las altas tasas de evapotranspiración.



5.3 Caracterización de la exposición y de la vulnerabilidad

Una vez priorizadas las 6 cadenas de impacto más relevantes en el contexto de la Comunidad de Madrid e identificado el tipo de datos que se requiere para su caracterización, se ha analizado la disponibilidad de información de acceso público de carácter municipal. De acuerdo con la metodología planteada, se considera el municipio como la unidad de análisis territorial sobre la que se lleva a cabo la caracterización de la vulnerabilidad y la evaluación del riesgo. Para dicho fin, se han consultado las fuentes de datos públicas, autonómicas y nacionales, que pudieran disponer de la información más actualizada y relevante para el propósito del modelo de datos propuesto, y que, al mismo tiempo, garanticen una cobertura para el total de municipios (en la mayoría de los casos) de la Comunidad de Madrid. Entre dichas fuentes, destacan a nivel autonómico el *Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid*, origen del panel de Indicadores Municipales y del Banco de Datos Territorial de la Comunidad; el *Catálogo de Información Geográfica de la Comunidad de Madrid*, plataforma de descarga de información geográfica de la Comunidad; y otras fuentes como el Canal de Isabel II o la sección web del Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid. Además, para complementar esta información, destinada a la elaboración de indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, se han consultado también fuentes de carácter nacional como el *Censo de Población y Viviendas* y el *Censo Agrario del Instituto Nacional de Estadística*, o el *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD)*. Por su parte, para el cálculo de los indicadores de amenaza de las distintas cadenas de impacto priorizadas se han empleado los datos analizados en el apartado 4.3 Indicadores climáticos del presente documento.

El objetivo de esta fase ha sido el poder caracterizar a través del mayor número de datos posible los distintos componentes de la vulnerabilidad para cada una de las 6 cadenas de impacto priorizadas. Para ello, la identificación y recopilación de datos se ha llevado a cabo buscando relaciones directas con posibles indicadores de amenaza, exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. Tras la recopilación de información se ha desarrollado una base de datos de indicadores. Para cada indicador se ha incluido la siguiente información descriptiva:

- Cadena de impacto a la que corresponde
- Componente del riesgo en el que se incluye:
- Amenaza
- Exposición
- Sensibilidad
- Capacidad de adaptación
- Identificador unívoco del indicador
- Nombre del indicador
- Alias del indicador
- Definición y explicación del indicador y de los parámetros de los que consta
- Unidades de medida del indicador
- Cálculo o forma de obtener el indicador a partir de sus parámetros correspondientes
- Fuente de la que se obtiene el dato
- Fecha de la última actualización del dato
- Horizontes temporales a los que responde el dato (indicadores de amenaza)
- Periodicidad con la que se calcula el indicador o la información requerida para su cálculo
- Enlace web a la fuente de la que se obtiene el indicador o información

Conviene resaltar la dificultad que en algunos casos se ha experimentado al decidir si un indicador contribuye a que el receptor de una determinada amenaza vea afectada su sensibilidad o su capacidad adaptativa, entendidas éstas como el grado de fragilidad intrínseca y la capacidad de resistencia o de recuperación de un municipio, respectivamente. Para superar dicho obstáculo se ha utilizado el siguiente criterio: si a medida que aumenta el valor del indicador se incrementa también la vulnerabilidad, entonces se considera que es un indicador de sensibilidad; y si, por el contrario, disminuye la vulnerabilidad, entonces se considera que se trata de un indicador de capacidad de adaptación.

Como resultado de todo ello, como resume la Tabla 33, se ha generado una base de datos con 16 indicadores para la cadena de impacto por olas de calor sobre la salud de la población; 11 indicadores para la cadena de impacto por sequía sobre la población; 24 indicadores para la cadena de impacto por inundaciones sobre medio urbano; 23 indicadores para la cadena de impacto por inclemencias invernales sobre medio urbano; 8 indicadores para la cadena de impacto por sequía sobre sector agropecuario; y 9 indicadores para la cadena de impacto por incendios sobre el medio natural.



Tabla 33. Número y tipo de indicadores incorporados en el análisis de vulnerabilidad y riesgo para cada cadena de impacto
(Fuente: Elaboración propia).

CADENAS DE IMPACTO	INDICADORES				TOTAL
	Amenaza	Exposición	Sensibilidad	Cap. adapt.	
Impacto por olas de calor sobre la población	3	1	6	6	16
Impacto por sequía sobre la población	1	1	5	4	11
Impacto por inundaciones sobre medio urbano	2	5	13	4	24
Impacto por inclemencias invernales sobre medio urbano	2	5	9	6	23
Impacto por sequía sobre sector agropecuario	1	2	4	1	8
Impacto por incendios sobre el medio natural	1	1	4	3	9

El listado completo de indicadores, la componente del riesgo en el que se incluyen, la identificación empleada, la cadena de impacto a la que corresponden y una breve descripción se puede consultar en el Anejo I.

Finalizado el análisis de fuentes de información y la definición de indicadores, se ha llevado a cabo el tratamiento y preparación de las componentes del riesgo para cada municipio. Si bien gran parte de los datos recopilados ya poseen el formato pretendido o tan solo requieren ~~se~~ simples operaciones numéricas (este es el caso de la información municipal proveniente de fuentes como el panel de *Indicadores Municipales* y el *Banco de Datos Territorial* del *Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid*, o el *Censo de Población y Viviendas* y el *Censo Agrario* del *Instituto Nacional de Estadística*), existe también información para la que ha sido necesaria la aplicación de un conjunto de operaciones de tratamiento y transformación.

La información geográfica de carácter autonómico o nacional obtenida de fuentes como el *Catálogo de Información Geográfica de la Comunidad de Madrid*, el *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD)* o los escenarios de cambio climático de *AdapteCCa* (periodos histórico, 2011-2040 y 2041-2070, bajo escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5) ha sido sometida a diversos procesos de análisis estadísticos espaciales mediante operaciones en un Sistema de Información Geográfica, que han posibilitado que la información original haya sido adaptada a la unidad de análisis propia de este trabajo, es decir, el municipio.

Una vez tratada y almacenada en la base de datos dispuesta para ello, la información (indicadores) de las diferentes cadenas de impacto es sometida a tratamientos estadísticos independientes de normalización, estandarización (escala de 1 a 6) para poder agregar los valores de los indicadores normalizados de sensibilidad y de capacidad adaptativa. La obtención de los índices compuestos de sensibilidad y de capacidad adaptativa se ha realizado con una asignación de pesos a los diferentes indicadores individuales normalizados y reescalados. El objetivo de dichos pesos es el de otorgar la importancia específica de cada uno de los indicadores individuales respecto al índice compuesto y eliminar, a su vez, posibles redundancias en la información asociada. Finalmente, el cociente entre ambos índices compuestos posibilita la obtención del índice de vulnerabilidad de cada municipio. Este último, una vez normalizado, reescalado y combinado con los índices, a su vez normalizados y reescalados, de exposición y amenaza (Ecuación (1)), da como resultado un índice de riesgo para cada municipio de la Comunidad de Madrid que varía de 1 a 6 (Tabla 34) y es específico para cada una de las cadenas de impacto, escenarios y horizontes analizados.

$$(1) \quad R = A \cdot E \cdot \frac{S}{CA}$$

- R: riesgo
- A: amenaza
- E: exposición
- S: sensibilidad
- CA: capacidad de adaptación





Tabla 34. Clasificación de riesgo climático establecido (Fuente: Elaboración propia).

Valores de riesgo*	Clasificación
1 a 2	Bajo
2 a 3	Medio Bajo
3 a 4	Medio
4 a 5	Medio Alto
5 a 6	Alto
*Valores normalizados y estandarizados	

Este análisis facilita realizar comparativas entre diferentes municipios, identificar cuáles son más vulnerables y afrontan mayores riesgos, e identificar y priorizar el planteamiento de acciones locales que tengan como objetivo una disminución del nivel de riesgo frente al que están expuestos.





6

EVALUACIÓN DEL RIESGO

En este apartado, se analizan los resultados obtenidos de la evaluación del riesgo para las cadenas de impacto seleccionadas.

6.1 Riesgo de olas de calor sobre la salud humana

Una vez obtenidos los resultados del índice de riesgo de olas de calor sobre la salud de la población, se han contabilizado el número de municipios que presentan cada categoría de riesgo en los diferentes escenarios de cambio climático y horizontes temporales (Tabla 35). Como punto de partida, la mayoría de municipios presentan un nivel de riesgo medio bajo, el cual se mantiene en el horizonte temporal 2030 de ambos RCPs. Si bien es cierto que, así mismo, muchos pasan en este periodo a un nivel superior, con un riesgo medio, el cambio es más evidente en el horizonte temporal 2060, especialmente en el RCP 8.5, donde se contabilizan un total de 107 municipios. De manera general podría decirse que el nivel de riesgo aumenta con el tiempo, siendo evidente la desaparición del número de municipios en niveles bajos. Del mismo modo, el número de municipios con niveles altos de riesgo prácticamente se duplica en el horizonte temporal 2060 de ambos RCPs, con respecto del histórico.

Tabla 35. Número de municipios que presentan cada nivel de riesgo de olas de calor sobre población para el periodo histórico y los escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).

		RIESGO				
		Histórico (1971-2000)	RCP 4.5		RCP 8.5	
			Horizonte 2030 (2011-2040)	Horizonte 2060 (2041-2070)	Horizonte 2030 (2011-2040)	Horizonte 2060 (2041-2070)
Olas de calor sobre la población	Bajo	14	0	0	0	0
	Medio Bajo	147	144	96	137	46
	Medio	8	18	62	25	107
	Medio Alto	3	8	8	6	9
	Alto	7	9	13	11	17

Los municipios con mayores niveles de riesgo en todas las situaciones son Madrid, Móstoles, Fuenlabrada, Leganés, Getafe, Alcalá de Henares y Alcorcón, evaluados con un nivel de riesgo alto (Tabla 36). El municipio de Parla tiene un riesgo medio alto en el histórico de datos, aumentando hasta un riesgo alto en los dos escenarios RCP, ocurriendo de la misma forma con el municipio de Torrejón de Ardoz. En el caso de Alcobendas se da una situación similar, con un riesgo Medio Alto tanto en el histórico como en el RCP 4.5 periodo 2011 – 2040; y un riesgo alto en el otro periodo del RCP 4.5 y en el RCP 8.5. Para los RCP 4.5 y 8.5 la valoración del riesgo es de 6, la máxima puntuación, en la mayoría de los casos. Únicamente los municipios de Parla, Torrejón de Ardoz y Alcobendas tienen un riesgo menor de 6 en alguno de los periodos de los RCP. Destaca el escenario RCP 8.5 periodo 2041 – 2070 en el cual todos los municipios mencionados tienen una valoración del riesgo de 6.

Por otro lado, los municipios que presentan un menor nivel de riesgo (Tabla 37) para el histórico son Batres, Alameda del Valle, Robledo de la Jara, Ribatejada, Pinilla del Valle, Somosierra, Navalagamella, Berzosa de Lozoya, Olmeda de las Fuentes y Villar del Olmo, con valores de riesgo inferior a 2. Estos municipios presentan un riesgo medio bajo para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 en cada uno de sus periodos, con riesgos entre 2 y 3 en todos los casos.





Tabla 36. Municipios con mayor riesgo de olas de calor sobre población en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070).
(Fuente: Elaboración propia).

Histórico		RCP 4.5: 2011-2040		RCP 4.5: 2041-2070		RCP 8.5: 2011-2040		RCP 8.5: 2041-2070	
Municipio	Riesgo	Municipio	Riesgo	Municipio	Riesgo	Municipio	Riesgo	Municipio	Riesgo
Madrid	6.00	Madrid	6.00	Madrid	6.00	Madrid	6.00	Madrid	6.00
Móstoles	5.95	Móstoles	6.00	Móstoles	6.00	Móstoles	6.00	Móstoles	6.00
Fuenlabrada	5.70	Fuenlabrada	6.00	Fuenlabrada	6.00	Fuenlabrada	6.00	Fuenlabrada	6.00
Leganés	5.65	Leganés	6.00	Leganés	6.00	Leganés	6.00	Leganés	6.00
Getafe	5.56	Getafe	6.00	Getafe	6.00	Getafe	6.00	Getafe	6.00
Alcalá de Henares	5.43	Alcalá de Henares	6.00						
Alcorcón	5.35	Alcorcón	6.00	Alcorcón	6.00	Alcorcón	6.00	Alcorcón	6.00
Parla	4.76	Parla	5.96	Parla	6.00	Parla	6.00	Parla	6.00
Torrejón de Ardoz	4.75	Torrejón de Ardoz	5.92	Torrejón de Ardoz	6.00	Torrejón de Ardoz	6.00	Torrejón de Ardoz	6.00
Alcobendas	4.05	Alcobendas	4.98	Alcobendas	5.85	Alcobendas	5.12	Alcobendas	6.00

Tabla 37: Municipios con menor riesgo de olas de calor sobre población en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070).
(Fuente: Elaboración propia).

Histórico		RCP 4.5: 2011-2040		RCP 4.5: 2041-2070		RCP 8.5: 2011-2040		RCP 8.5: 2041-2070	
Municipio	Riesgo	Municipio	Riesgo	Municipio	Riesgo	Municipio	Riesgo	Municipio	Riesgo
Batres	1.82	Batres	2.07	Batres	2.32	Batres	2.11	Batres	2.49
Alameda del Valle	1.86	Alameda del Valle	2.12	Alameda del Valle	2.37	Alameda del Valle	2.17	Alameda del Valle	2.54
Robledillo de la Jara	1.87	Robledillo de la Jara	2.14	Robledillo de la Jara	2.38	Robledillo de la Jara	2.18	Robledillo de la Jara	2.55
Ribatejada	1.88	Ribatejada	2.16	Ribatejada	2.42	Ribatejada	2.20	Somosierra	2.59
Pinilla del Valle	1.90	Somosierra	2.16	Somosierra	2.42	Somosierra	2.21	Ribatejada	2.60
Somosierra	1.90	Pinilla del Valle	2.17	Pinilla del Valle	2.43	Pinilla del Valle	2.22	Pinilla del Valle	2.60
Navalagamella	1.91	Navalagamella	2.20	Berzosa del Lozoya	2.46	Berzosa del Lozoya	2.25	Berzosa del Lozoya	2.64
Berzosa del Lozoya	1.92	Berzosa del Lozoya	2.21	Navalagamella	2.47	Navalagamella	2.25	Horcajo de la Sierra-Aoslos	2.66
Olmeda de las Fuentes	1.93	Horcajo de la Sierra-Aoslos	2.22	Horcajo de la Sierra-Aoslos	2.48	Horcajo de la Sierra-Aoslos	2.27	Navalagamella	2.67
Villar del Olmo	1.93	Olmeda de las Fuentes	2.24	Villar del Olmo	2.52	Villar del Olmo	2.28	Robregordo	2.70



De manera gráfica (Figura 28) se observa como el mayor riesgo de olas de calor durante el periodo histórico se produce en el área metropolitana de Madrid, con un riesgo principalmente alto o medio alto, mientras que en el resto de municipios predomina un riesgo medio bajo. Los municipios que tienen un riesgo bajo se distribuyen entre la Sierra Norte y algunos aislados en la Cuenca del Tajuña y Cuenca del Alberche.

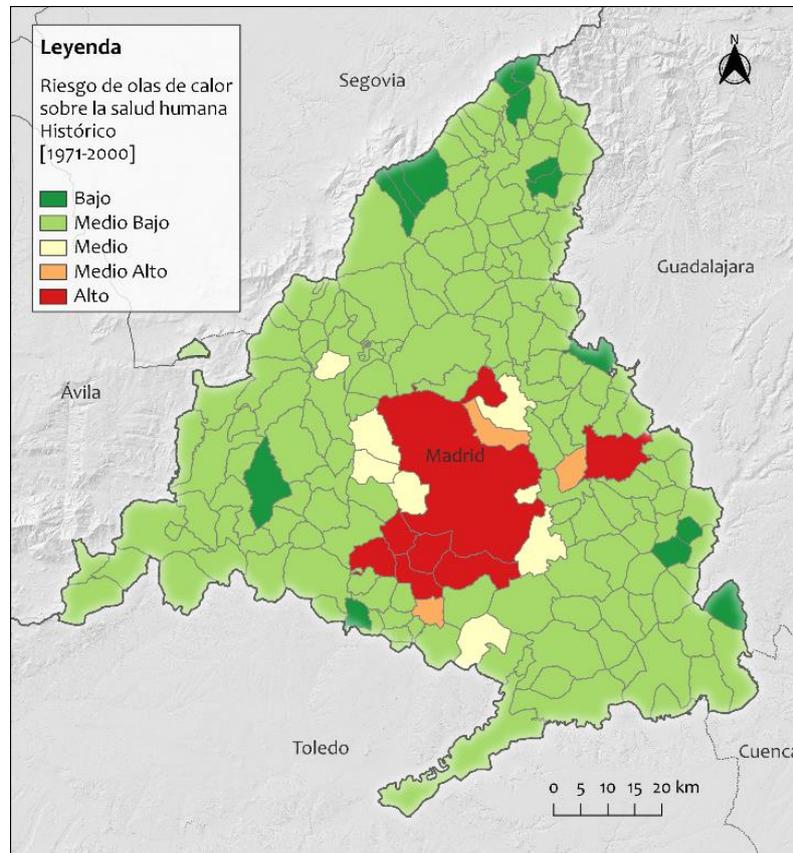


Figura 28. Riesgo de olas de calor sobre la salud humana para el histórico (1971 - 2000) en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).

La Figura 29 muestra el riesgo de olas de calor sobre la salud humana para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para sus dos horizontes 2030 y 2060. En el escenario RCP 4.5 el horizonte 2030 presenta un aumento del riesgo en los municipios clasificados con riesgo bajo en el histórico, hasta alcanzar un nivel medio bajo. Además, aparecen más municipios con riesgo de medio alto en el Corredor del Henares y la zona urbana sur. Así mismo, desaparece el riesgo bajo en todos los municipios y se sustituye por riesgo medio bajo. En la zona urbana sur varios municipios alcanzan el riesgo medio, como Aranjuez, Arganda del Rey, Pinto o Torrejón de la Calzada. En el horizonte 2060 las previsiones empeoran, apareciendo un mayor número de municipios con riesgo medio en toda la comunidad, exceptuando la Sierra Norte que mantiene un riesgo medio bajo en su mayoría. Los municipios de Rivas Vaciamadrid y Coslada alcanzan un riesgo alto, superándose respecto al horizonte 2030.

En el caso del RCP 8.5 horizonte 2030, las previsiones son similares al anterior escenario, aumenta el número de municipios con riesgo medio y medio alto y éstos se distribuyen predominantemente por el área metropolitana y la zona urbana sur de la Comunidad. El horizonte 2060 presenta una situación más alarmante, con una mayoría de municipios con riesgo entre medio y alto en toda la Comunidad. Las zonas de mayor riesgo se encuentran en el Área Metropolitana, Corredor del Henares y la zona urbana sur.

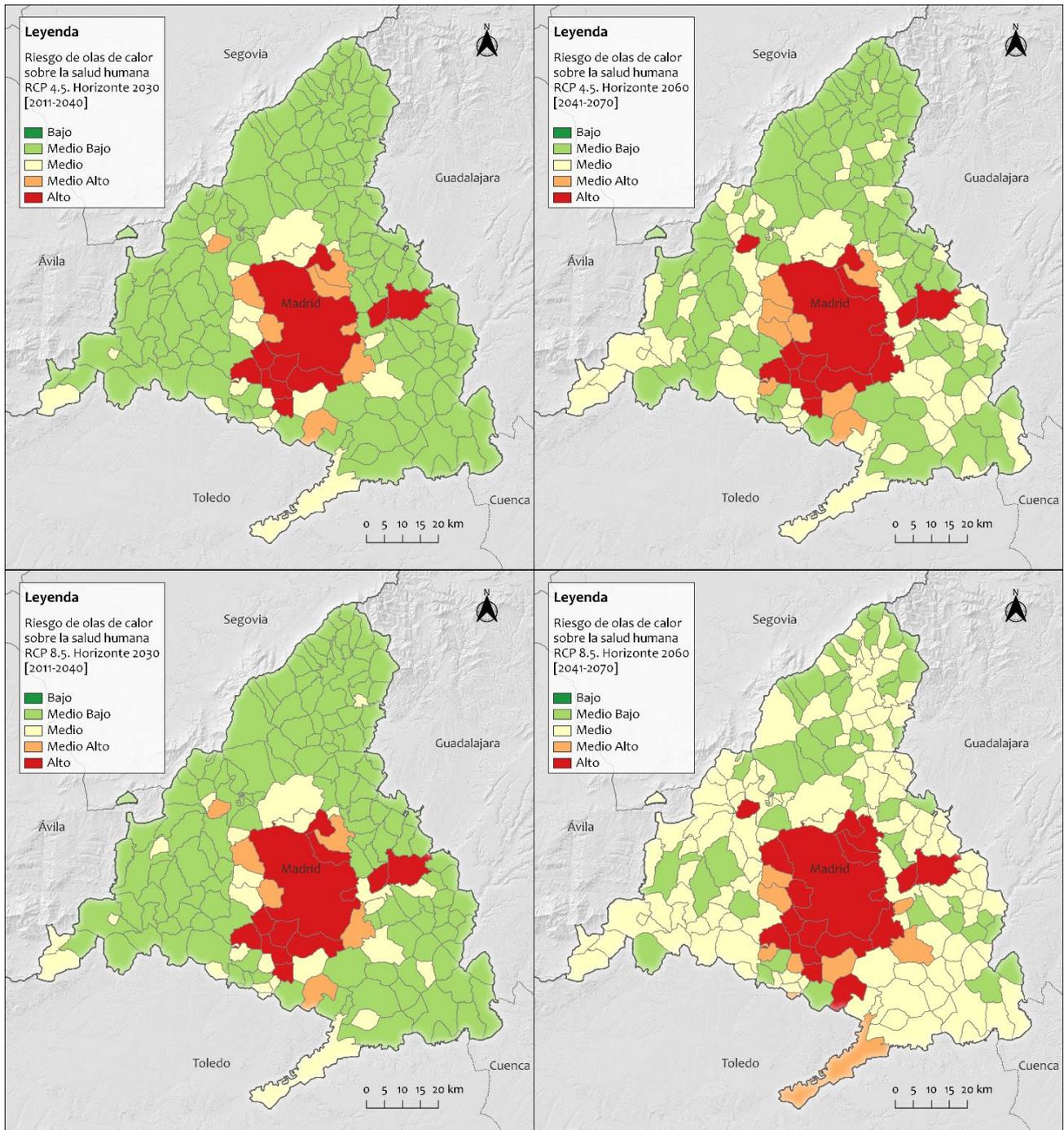


Figura 29. Riesgo de olas de calor sobre la salud humana para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para sus dos horizontes 2030 y 2060 en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).





6.2 Riesgo de inundaciones fluviales sobre el medio urbano

Respecto a las inundaciones fluviales que sufre el medio urbano, se evalúan en el siguiente apartado los resultados del índice de riesgo municipal obtenido. En la Tabla 38 se recoge el número de municipios que presentan cada nivel de riesgo en los diferentes escenarios y horizontes analizados. Una gran parte de los municipios de la Comunidad de Madrid presentan un riesgo de medio bajo a medio alto en el histórico, siendo 84 los que presentan un riesgo medio. Estos datos varían en los escenarios aumentando el número de municipios con riesgo medio alto de 32 (histórico) hasta 42 (horizonte 2060 de los dos RCPs). Ningún municipio presenta riesgo bajo en ninguna de las situaciones y los 14 municipios con riesgo alto en el histórico aumentan a 15 en los demás horizontes previstos.

Tabla 38. Número de municipios que presentan cada nivel de riesgo de inundaciones sobre medio urbano para el periodo histórico y los escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).

		RIESGO				
		Histórico (1971-2000)	RCP 4.5		RCP 8.5	
			Horizonte 2030 (2011-2040)	Horizonte 2060 (2041-2070)	Horizonte 2030 (2011-2040)	Horizonte 2060 (2041-2070)
Inundaciones fluviales sobre medio urbano	Bajo	0	0	0	0	0
	Medio Bajo	49	40	39	39	34
	Medio	84	88	83	90	88
	Medio Alto	32	36	42	35	42
	Alto	14	15	15	15	15

Los municipios que presentan una situación más desfavorable en el histórico son los siguientes (Tabla 39): Alcalá de Henares, Aranjuez, Collado Villalba, Madrid, San Fernando de Henares, Pelayos de la Presa, Alpedrete, Estremera, Rozas de Puerto Real y Alcobendas. Todos ellos se clasifican con riesgo alto en este periodo, así como en los posteriores periodos estudiados de ambos escenarios. Dentro de esta situación, los cinco primeros municipios mencionados presentan el riesgo más alto en todas las situaciones.

Por el contrario, los municipios que presentan menor riesgo frente a inundaciones (Tabla 40) son Moraleja de Enmedio, Serranillos del Valle, Loeches, San Martín de la Vega, Batres, Meco, Majadahonda, Torrelodones, Daganzo de Arriba y Fuente el Saz de Jarama. Estos municipios se clasifican con un nivel de riesgo medio bajo en el histórico de datos y en cada periodo de los RCP 4.5 y 8.5, destacando Moraleja de En medio como el municipio con el menor riesgo para el histórico de datos con una valoración de 2.4 (riesgo medio bajo).





Tabla 39. Municipios con mayor riesgo de inundaciones fluviales sobre medio urbano en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).

Histórico Municipio	RCP 4.5: 2011-2040 Municipio	RCP 4.5: 2041-2070 Municipio	RCP 8.5: 2011-2040 Municipio	RCP 8.5: 2041-2070 Municipio
Alcalá de Henares	6.00	Alcalá de Henares	6.00	Alcalá de Henares
Aranjuez	6.00	Aranjuez	6.00	Aranjuez
Collado Villalba	6.00	Collado Villalba	6.00	Collado Villalba
Madrid	6.00	Madrid	6.00	Madrid
San Fernando de Henares	6.00	San Fernando de Henares	6.00	San Fernando de Henares
Pelayos de la Presa	5.97	Pelayos de la Presa	6.00	Pelayos de la Presa
Alpedrete	5.90	Alpedrete	5.94	Alpedrete
Estremera	5.65	Estremera	5.85	Estremera
Rozas de Puerto Real	5.62	Rozas de Puerto Real	5.62	Rozas de Puerto Real
Alcobendas	5.36	Alcobendas	5.53	Alcobendas

Tabla 40. Municipios con menor riesgo de inundaciones fluviales sobre medio urbano en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).

Histórico Municipio	RCP 4.5: 2011-2040 Municipio	RCP 4.5: 2041-2070 Municipio	RCP 8.5: 2011-2040 Municipio	RCP 8.5: 2041-2070 Municipio
Moraleja de Enmedio	2.40	Moraleja de Enmedio	2.48	Moraleja de Enmedio
Serranillos del Valle	2.48	Loeches	2.54	Loeches
Loeches	2.49	Serranillos del Valle	2.57	San Martín de la Vega
San Martín de la Vega	2.53	San Martín de la Vega	2.57	Serranillos del Valle
Batres	2.53	Meco	2.61	Meco
Meco	2.57	Batres	2.62	Majadahonda
Majadahonda	2.57	Majadahonda	2.65	Torrelodones
Torrelodones	2.58	Daganzo de Arriba	2.65	Batres
Daganzo de Arriba	2.58	Torrelodones	2.67	Daganzo de Arriba
Fuente el Saz de Jarama	2.59	Fuente el Saz de Jarama	2.67	Fuente el Saz de Jarama



Las inundaciones suponen un factor de riesgo en casi toda la Comunidad de Madrid debido en gran parte a los cursos fluviales que recorren su territorio. El periodo histórico muestra (Figura 30) un riesgo alto en el Área Metropolitana y algunos municipios de la Sierra Norte, Cuenca del Alberche y Cuenca del Tajuña y riesgo Medio Alto en la Sierra Norte y municipios dispersos de la Cuenca del Alberche y el Corredor del Henares. La mejor situación del histórico es un riesgo medio bajo y se distribuye en municipios de la zona urbana sur y noroeste, y Corredor del Henares, como se observa en la Figura 30.

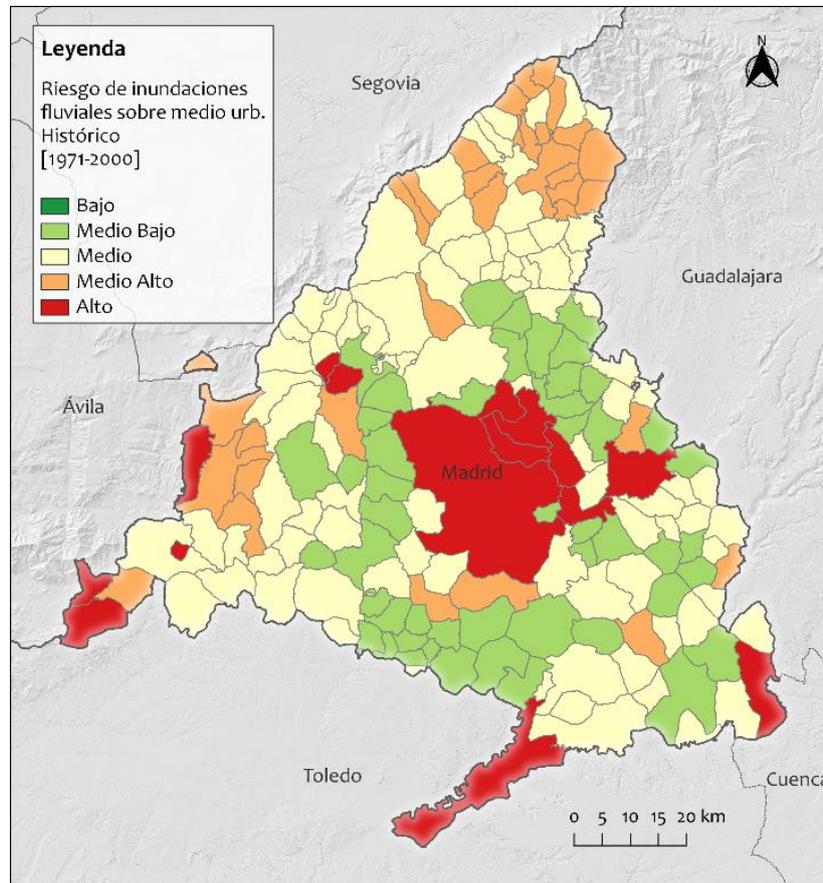


Figura 30: Riesgo de inundaciones fluviales sobre el medio urbano para el histórico (1971 - 2000) en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).

En los dos escenarios estudiados la tendencia del riesgo es creciente, en ningún municipio disminuye el riesgo respecto al histórico (Figura 31).

El estudio del RCP 4.5 muestra un escenario muy similar al histórico en el horizonte 2030 en la clasificación de riesgo de los municipios, aumentando el número de municipios con riesgo medio alto en la Sierra Norte (Villavieja del Lozoya y Rascafría) y sumando el municipio de Getafe al riesgo alto. Para el horizonte 2060 se mantiene el riesgo en la mayoría de los municipios y son varios los municipios que aumentan su riesgo a medio alto en la Cuenca del Alberche y la Sierra Norte.

En el caso del escenario RCP 8.5, en su horizonte 2030, algún municipio aumenta su nivel de riesgo respecto al histórico, de medio bajo a medio y de medio a medio alto, pero por lo general se mantienen constantes. Para el horizonte 2060 se aprecia un aumento más notable del riesgo en municipios de la zona urbana noroeste que llegan a un riesgo medio, y en la Cuenca del Alberche, donde aumenta el riesgo a medio alto en varios municipios, como es el caso de San Martín de Valdeiglesias y Navas del Rey.

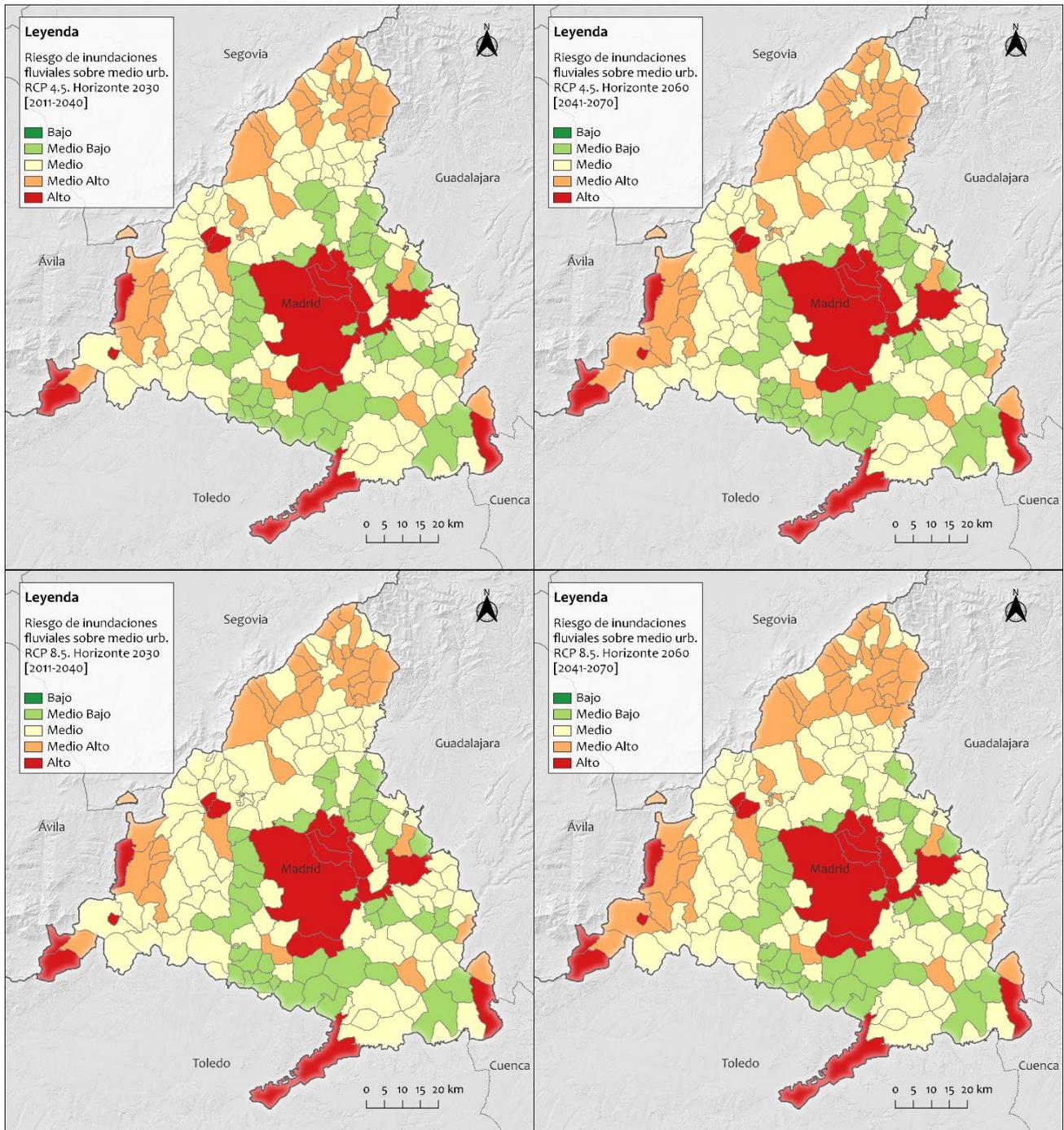


Figura 31: Riesgo de inundaciones fluviales sobre el medio urbano para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para sus dos horizontes 2030 y 2060 en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).



6.3 Riesgo de inclemencias invernales sobre el medio urbano

En este apartado se recogen los resultados del riesgo de inclemencias invernales sobre el medio urbano. La Tabla 41 muestra como el número de municipios con riesgo medio y medio alto para el histórico es de 74, mientras que 22 municipios presentan un nivel de riesgo alto. Los datos reflejan un descenso del número de municipios con riesgo alto (pasando de 22 a 9 en el horizonte 2060 del RCP 8.5) y un aumento de municipios con riesgo medio, especialmente en el horizonte 2060 del RCP 4.5 con 98 municipios.

Tabla 41. Número de municipios que presentan cada nivel de riesgo de inclemencias invernales para el periodo histórico y los escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).

		RIESGO				
		Histórico (1971-2000)	RCP 4.5		RCP 8.5	
			Horizonte 2030 (2011-2040)	Horizonte 2060 (2041-2070)	Horizonte 2030 (2011-2040)	Horizonte 2060 (2041-2070)
Inclemencias invernales sobre medio urbano	Bajo	0	0	0	0	1
	Medio Bajo	9	24	50	31	71
	Medio	74	93	98	92	84
	Medio Alto	74	46	19	41	14
	Alto	22	16	12	15	9

Los diez municipios que presentan mayor riesgo de inclemencias invernales sobre medio urbano (Tabla 42) en el histórico son: Alcalá de Henares, Alcobendas, Aranjuez, Colmenar Viejo, Estremera, Getafe, Madrid, Navalcarnero, San Fernando de Henares y San Sebastián de los Reyes. Estos valores se mantienen en riesgo alto en los dos periodos de cada escenario, si bien son algo menor en el RCP 8.5 periodo 2040-2070 en el municipio de Alcobendas que tiene un riesgo medio alto.

Los diez municipios con menor riesgo (Tabla 43) en el histórico son: Batres, Serranillos del Valle, Moraleja de En medio, Torrejón de la Calzada, Griñón, Casarrubuelos, Cubas de la Sagra, Pozuelo del Rey, Morata de Tajuña y Velilla de San Antonio, con un riesgo medio bajo en todos los casos excepto en Velilla de San Antonio en el que el riesgo es Medio. La evolución en los siguientes periodos se mantiene constante, con todos los municipios en riesgo medio bajo y con una mejora significativa en Batres para el RCP 8.5 horizonte 2060, en el que el riesgo es bajo.



Las inclemencias invernales suponen un gran factor de riesgo en la Comunidad de Madrid, de acuerdo con el histórico una gran cantidad de municipios presentan un riesgo medio alto y alto en la Sierra Norte, zona urbana noroeste zona urbana sur y el centro principalmente (Figura 32). Los municipios que por el contrario presentan un riesgo menor, se encuentran en la Cuenca del Tajuña y el Corredor del Henares y tienen un riesgo Medio. De forma excepcional varios municipios tienen un riesgo medio bajo y se ubican en la zona urbana sur de la Comunidad.

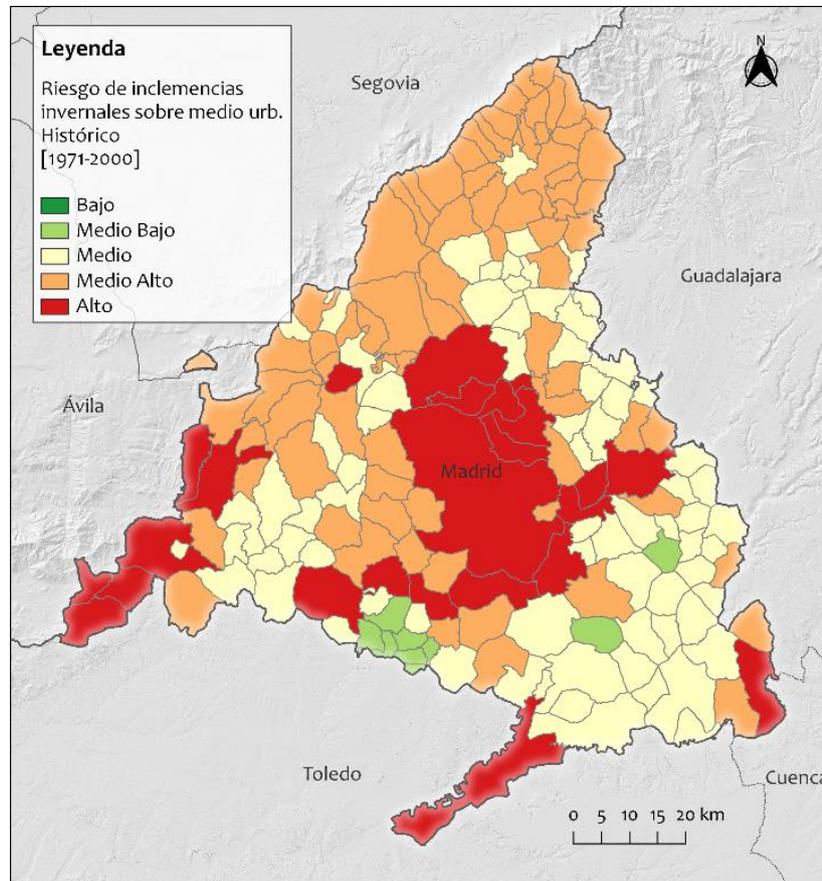


Figura 32: Riesgo de inclemencias invernales sobre el medio urbano para el histórico (1971 - 2000) en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).

El horizonte 2030 del RCP 4.5 (Figura 33) presenta una situación más favorable que el histórico, de forma generalizada. Algunos municipios disminuyen su riesgo de medio alto a medio y de medio a medio bajo tanto en la Sierra Norte como en las zona urbana noroeste y Cuenca del Tajuña. También se produce un descenso del riesgo alto a medio alto en la Cuenca del Alberche y el área metropolitana. La situación esperada en el horizonte 2060 es aún mejor, predominando el riesgo medio en la Sierra Norte y medio bajo al sureste de la Comunidad. El mayor riesgo se produce en el Área Metropolitana, si bien se reducen los municipios con riesgo alto en esta zona.

Para el escenario RCP 8.5 (Figura 33) el horizonte 2030 se presenta un menor riesgo que en el histórico en gran parte del territorio, muchos municipios pasan de riesgo medio alto a medio en municipios de la Sierra Norte y Cuenca del Alberche. También aparece una mayor cantidad de municipios con riesgo medio bajo en la Cuenca del Tajuña y en la zona urbana sur. La situación más favorable aparece en el horizonte 2060 de este escenario, con una gran presencia de municipios con riesgo medio bajo en la zona urbana sur y en la Cuenca del Tajuña, y con riesgo Medio al norte y oeste de la Comunidad. Los municipios con riesgo Alto se concentran en parte del Área Metropolitana y en la zona urbana noroeste (Colmenar Viejo).

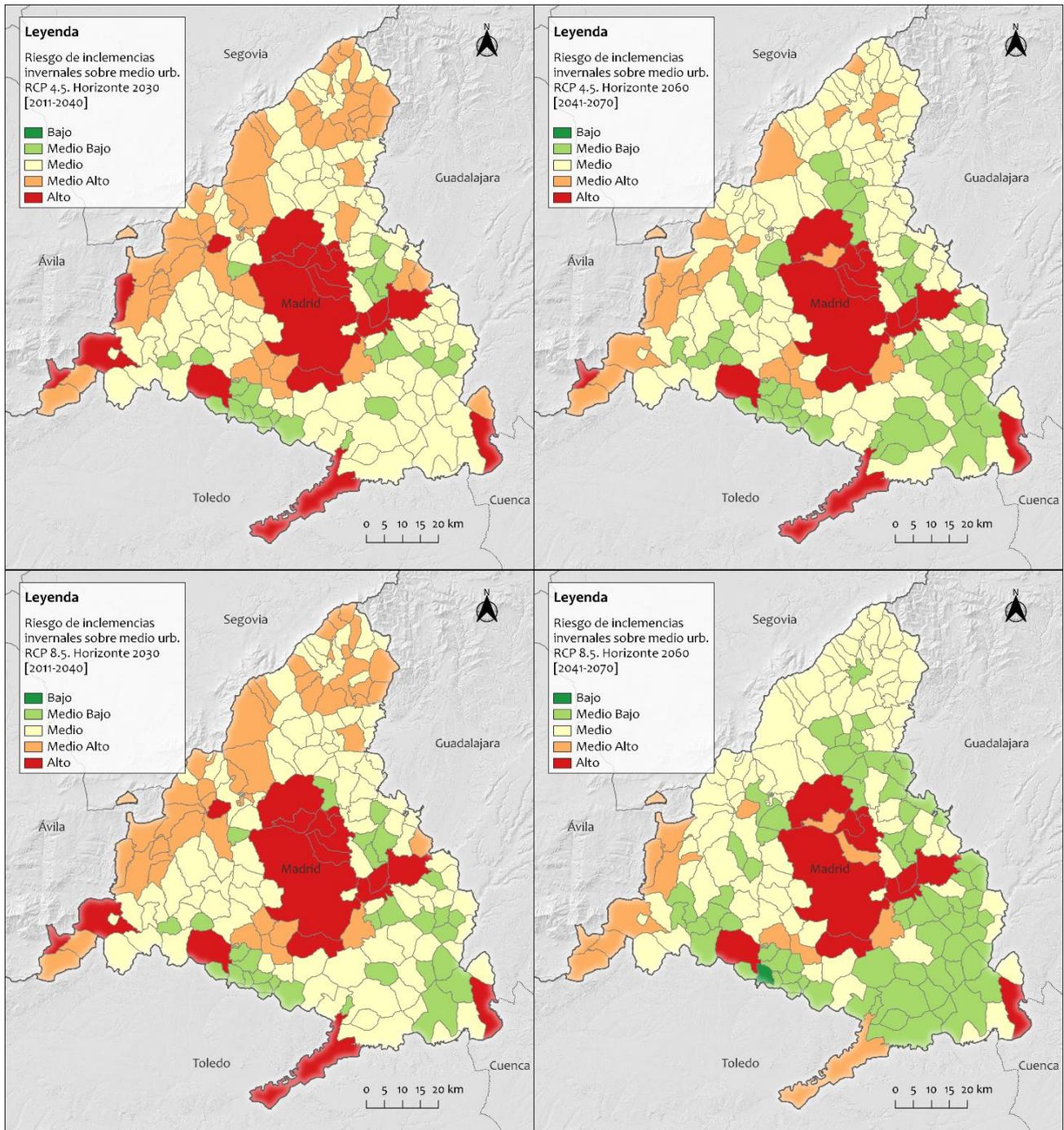


Figura 33: Riesgo de inclemencias invernales sobre el medio urbano para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para sus dos horizontes 2030 y 2060 en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).



6.4 Riesgo de sequía sobre el sector primario

En este apartado se presentan los resultados de la evaluación del riesgo de sequía sobre el sector primario a nivel municipal. El periodo histórico refleja gran variabilidad del riesgo en toda la Comunidad (Tabla 44), siendo 12 los municipios en riesgo bajo, 18 en riesgo alto, y el resto se agrupan sobre el riesgo medio bajo a medio alto. Los escenarios estudiados tienen a disminuir el número de municipios en riesgo bajo (4 en el segundo periodo del RCP 8.5) y aumentar los municipios en riesgo alto, especialmente en el segundo horizonte (2060), llegando a 23 municipios en el RCP 4.5 y 26 municipios en el RCP 8.5.

Tabla 44. Número de municipios que presentan cada nivel de riesgo de sequía sobre el sector agropecuario para el periodo histórico y los escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).

		RIESGO				
		Histórico (1971-2000)	RCP 4.5		RCP 8.5	
			Horizonte 2030 (2011-2040)	Horizonte 2060 (2041-2070)	Horizonte 2030 (2011-2040)	Horizonte 2060 (2041-2070)
Sequía sobre el sector agropecuario	Bajo	12	9	6	9	4
	Medio Bajo	58	51	49	51	46
	Medio	68	70	67	71	64
	Medio Alto	23	27	34	27	39
	Alto	18	22	23	21	26

Los municipios evaluados con mayor riesgo (Tabla 45) en el histórico son: Aranjuez, Colmenar de Oreja, Madrid, San Martín de Valdeiglesias, San Martín de la Vega, Villarejo de Salvanés, Pinto, Getafe, Daganzo de Arriba y Colmenar Viejo. Todos ellos presentan un nivel de riesgo alto, alcanzando los cinco primeros la máxima valoración (6 sobre 6) en el periodo 2041-2070 de los dos escenarios.

Los municipios que muestran menor riesgo (Tabla 46) en el histórico son: Casarrubuelos, Puebla de la Sierra, La Acebeda, Pozuelo de Alarcón, Titulcia, Torrejón de la Calzada, Coslada, Berzosa del Lozoya, Valverde de Alcalá y El Atazar; con un riesgo bajo. El municipio de Casarrubuelos aumenta a riesgo medio bajo en sus previsiones de los dos periodos de cada escenario, le siguen Puebla de la Sierra, Pozuelo de Alarcón y La Acebeda que toman la misma clasificación de riesgo en el escenario RCP 4.5 periodo 1941 – 2070. Para el segundo periodo del RCP 8.5 son seis los municipios con riesgo medio bajo.





Tabla 45. Municipios con mayor riesgo de impacto de sequías sobre sector primario en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).

Histórico Municipio	RCP 4.5: 2011-2040 Municipio	RCP 4.5: 2041-2070 Municipio	RCP 8.5: 2011-2040 Municipio	RCP 8.5: 2041-2070 Municipio
Aranjuez	6.00	Aranjuez	6.00	Aranjuez
Colmenar de Oreja	6.00	Colmenar de Oreja	6.00	Colmenar de Oreja
Madrid	6.00	Madrid	6.00	Madrid
San Martín de Valdeiglesias	6.00	San Martín de Valdeiglesias	6.00	San Martín de Valdeiglesias
San Martín de la Vega	5.99	San Martín de la Vega	6.00	San Martín de la Vega
Villarejo de Salvanés	5.63	Villarejo de Salvanés	5.97	Pinto
Pinto	5.59	Pinto	5.91	Villarejo de Salvanés
Getafe	5.55	Colmenar Viejo	5.86	Colmenar Viejo
Daganzo de Arriba	5.53	Getafe	5.85	Daganzo de Arriba
Colmenar Viejo	5.51	Daganzo de Arriba	5.84	Getafe

Tabla 46. Municipios con menor riesgo de impacto de sequías sobre sector primario en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070)

Histórico Municipio	RCP 4.5: 2011-2040 Municipio	RCP 4.5: 2041-2070 Municipio	RCP 8.5: 2011-2040 Municipio	RCP 8.5: 2041-2070 Municipio
Casarrubuelos	1.94	Casarrubuelos	2.03	Casarrubuelos
Puebla de la Sierra	1.92	Puebla de la Sierra	1.98	Acebeda (La)
Acebeda (La)	1.91	Acebeda (La)	1.98	Puebla de la Sierra
Pozuelo de Alarcón	1.89	Pozuelo de Alarcón	1.96	Pozuelo de Alarcón
Titulcia	1.89	Titulcia	1.95	Titulcia
Torrejón de la Calzada	1.87	Torrejón de la Calzada	1.94	Torrejón de la Calzada
Coslada	1.86	Coslada	1.92	Coslada
Berzosa del Lozoya	1.74	Berzosa del Lozoya	1.79	Berzosa del Lozoya
Valverde de Alcalá	1.65	Valverde de Alcalá	1.70	Valverde de Alcalá
Atazar (El)	1.39	Atazar (El)	1.42	Atazar (El)

El análisis geográfico del periodo histórico (Figura 34) muestra un mayor riesgo, con valores de riesgo alto, en municipios de la zona centro (Área Metropolitana) y zona urbana sur, y un menor riesgo con gran presencia en municipios de la Sierra Norte y de forma dispersa en el resto del territorio. Se produce una gran variabilidad entre municipios, con casos de riesgo bajo frente a riesgo alto en municipios colindantes como es el caso de Titulcia (riesgo bajo) y los municipios de Chinchón, Ciempozuelos y Aranjuez (riesgo alto).

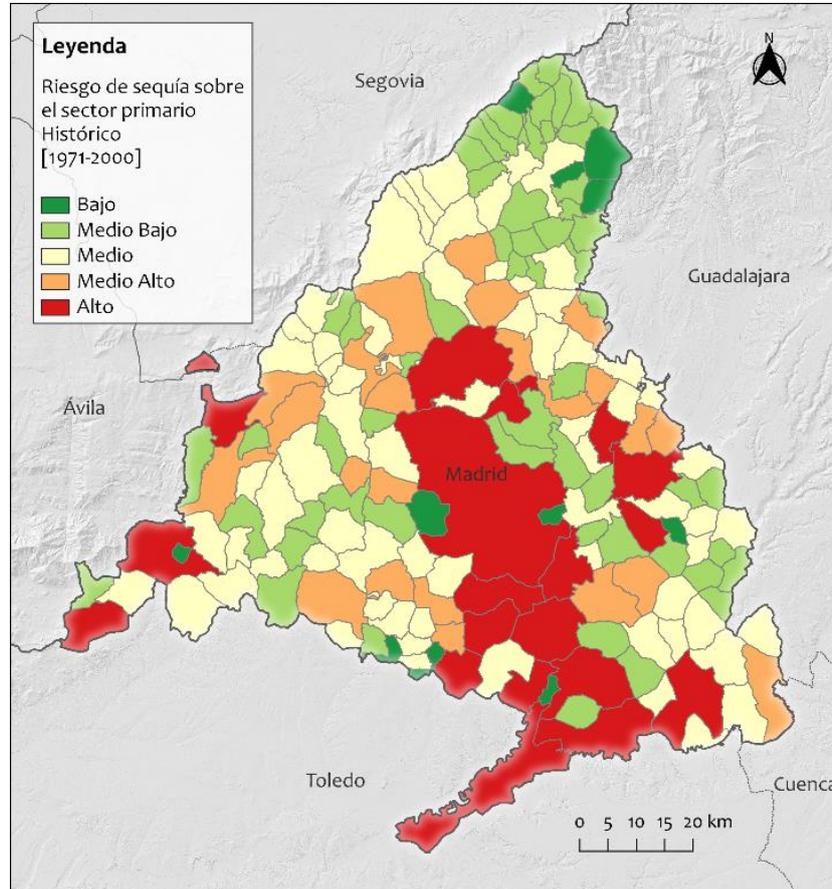


Figura 34: Riesgo de sequía sobre el sector primario para el histórico (1971 - 2000) en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).

La situación del horizonte 2030 del escenario RCP 4.5 es similar al histórico (Figura 35), pero presenta un aumento del riesgo en algunos municipios al oeste de la Comunidad (Cuenca del Alberche y zona urbana noroeste) en los que el riesgo pasa de medio bajo a medio y de medio a medio alto. Para el horizonte 2060 la situación prevista refleja un aumento generalizado del riesgo de manera paulatina, algunos municipios aumentan su riesgo respecto al horizonte anterior, especialmente en la Cuenca del Alberche, con más municipios que presentan un riesgo medio de sequía sobre el sector primario.

El escenario RCP 8.5 en su horizonte 2030 presenta un riesgo similar al del histórico en todos los municipios (Figura 35), aumentando el riesgo en algún municipio que pasa de medio a medio alto en la Sierra Norte (Rascafría) y en la zona urbana noroeste (Cercadilla). También pierden la categoría de riesgo bajo y pasan a medio bajo algunos municipios dispersos como Pelayos de la Presa o Serranillos del Valle. En el horizonte 2060 del mismo RCP, se aumenta ligeramente el riesgo de manera generalizada respecto al horizonte previo, con un mayor número de municipios con riesgo medio alto y alto que se distribuyen por la zona centro, Sierra Norte y zona urbana sur.

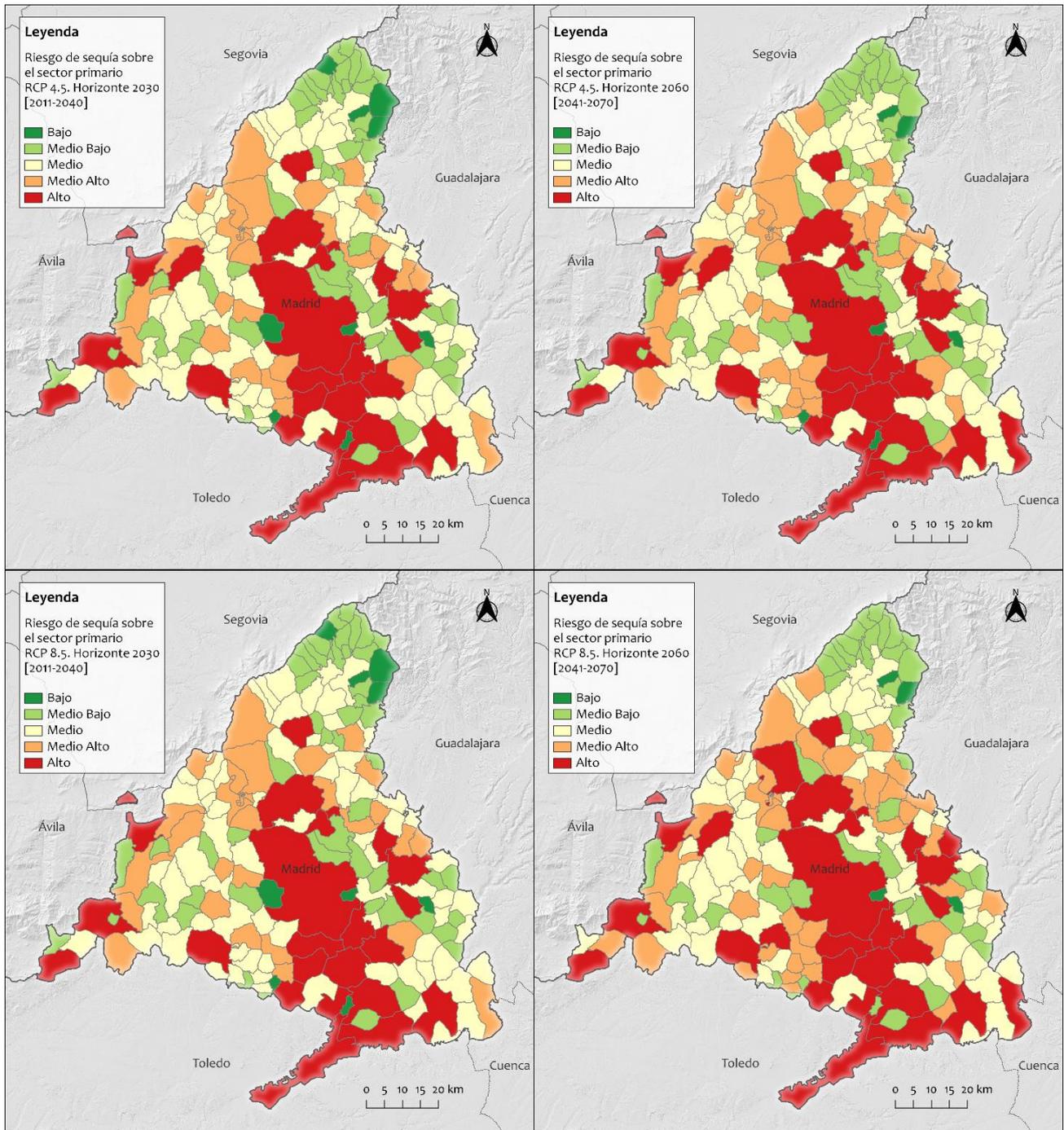


Figura 35: Riesgo de sequía sobre el sector primario para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para sus dos horizontes 2030 y 2060 en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).



6.5 Riesgo de sequía sobre población

Este apartado incluye los principales resultados del análisis del riesgo de sequías sobre la población a nivel municipal. La Tabla 47 recoge el número de municipios dentro de cada categoría de riesgo para los horizontes temporales y escenarios analizados. El grueso de municipios se agrupa en niveles de riesgo medio bajo, seguido de niveles de riesgo medio, para el histórico. Esta tendencia se mantiene en el RCP 4.5 y RCP 8.5, excepto en el caso del horizonte 2060 del RCP 8.5, donde se alcanzan los 82 municipios con riesgo medio, superando los 77 municipios con nivel de riesgo medio bajo. Son nueve los municipios del histórico con riesgo alto, que se mantienen en el primer periodo del RCP 4.5 y aumenta a 11 en el siguiente periodo, teniendo su máximo en el horizonte 2060 del RCP 8.5, con 12 municipios en riesgo alto.

Tabla 47. Número de municipios que presentan cada nivel de riesgo de sequía sobre la población para el periodo histórico y los escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).

		RIESGO				
		Histórico (1971-2000)	RCP 4.5		RCP 8.5	
			Horizonte 2030 (2011-2040)	Horizonte 2060 (2041-2070)	Horizonte 2030 (2011-2040)	Horizonte 2060 (2041-2070)
Sequía sobre la población	Bajo	2	1	1	1	0
	Medio Bajo	109	95	88	94	77
	Medio	52	64	71	65	82
	Medio Alto	7	10	8	9	8
	Alto	9	9	11	10	12

Los diez municipios que presentan un mayor riesgo de sequía (Tabla 48) son: Alcalá de Henares, Alcorcón, Fuenlabrada, Getafe, Leganés, Madrid, Móstoles, Parla, Torrejón de Ardoz y Coslada. Estos municipios presentan un riesgo alto en el histórico que se mantiene en los siguientes periodos. Solo el municipio de Coslada presenta un riesgo medio alto en el histórico y en el primer periodo del RCP 4.5.

Por el contrario, los diez municipios con menor riesgo de sequía (Tabla 49) en el histórico son: Somosierra, La Hiruela, Horcajo de la Sierra- Aoslos, Alameda del Valle, Montejo de la Sierra, Robledillo de la Jara, Soto del Real, El Atazar, Horcajuelo de la Sierra y Berzosa del Lozoya; en los cuales predomina el riesgo medio bajo. El periodo 2011-2040 del RCP 4.5 presenta un riesgo medio bajo en 9 de los 10 municipios, resultados que se mantienen tanto en el otro periodo del RCP 4.5 como en el primer periodo del RCP 8.5. Únicamente el municipio de Somosierra tiene un riesgo bajo en casi todas las situaciones excepto el periodo 2041-2070 del RCP 8.5, que tiene un riesgo medio bajo.





Tabla 48. Municipios con mayor riesgo de sequía sobre población en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).

Histórico	RCP 4.5: 2011-2040		RCP 4.5: 2041-2070		RCP 8.5: 2011-2040		RCP 8.5: 2041-2070		
Municipio	Municipio		Municipio		Municipio		Municipio		
Alcalá de Henares	6.00	Alcalá de Henares	6.00						
Alcorcón	6.00	Alcorcón	6.00	Alcorcón	6.00	Alcorcón	6.00	Alcorcón	6.00
Fuenlabrada	6.00	Fuenlabrada	6.00	Fuenlabrada	6.00	Fuenlabrada	6.00	Fuenlabrada	6.00
Getafe	6.00	Getafe	6.00	Getafe	6.00	Getafe	6.00	Getafe	6.00
Leganés	6.00	Leganés	6.00	Leganés	6.00	Leganés	6.00	Leganés	6.00
Madrid	6.00	Madrid	6.00	Madrid	6.00	Madrid	6.00	Madrid	6.00
Móstoles	6.00	Móstoles	6.00	Móstoles	6.00	Móstoles	6.00	Móstoles	6.00
Parla	6.00	Parla	6.00	Parla	6.00	Parla	6.00	Parla	6.00
Torrejón de Ardoz	6.00	Torrejón de Ardoz	6.00						
Coslada	4.76	Coslada	5.00	Coslada	5.20	Coslada	5.02	Coslada	5.23

Tabla 49. Municipios con menor riesgo de sequía sobre población en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).

Histórico	RCP 4.5: 2011-2040		RCP 4.5: 2041-2070		RCP 8.5: 2011-2040		RCP 8.5: 2041-2070		
Municipio	Municipio		Municipio		Municipio		Municipio		
Somosierra	1.88	Somosierra	1.95	Somosierra	1.98	Somosierra	1.94	Somosierra	2.03
Hiruela (La)	1.98	Hiruela (La)	2.06	Hiruela (La)	2.09	Hiruela (La)	2.06	Hiruela (La)	2.14
Horcajo de la Sierra-Aoslos	2.10	Horcajo de la Sierra-Aoslos	2.19	Horcajo de la Sierra-Aoslos	2.22	Horcajo de la Sierra-Aoslos	2.18	Montejo de la Sierra	2.29
Alameda del Valle	2.11	Montejo de la Sierra	2.19	Montejo de la Sierra	2.24	Montejo de la Sierra	2.19	Horcajo de la Sierra-Aoslos	2.30
Montejo de la Sierra	2.12	Alameda del Valle	2.19	Alameda del Valle	2.25	Alameda del Valle	2.20	Alameda del Valle	2.30
Robledillo de la Jara	2.14	Robledillo de la Jara	2.22	Robledillo de la Jara	2.26	Robledillo de la Jara	2.22	Robledillo de la Jara	2.30
Soto del Real	2.20	Horcajuelo de la Sierra	2.30	Soto del Real	2.34	Soto del Real	2.29	Berzosa del Lozoya	2.39
Atazar (El)	2.21	Soto del Real	2.30	Horcajuelo de la Sierra	2.35	Berzosa del Lozoya	2.30	Atazar (El)	2.40
Horcajuelo de la Sierra	2.22	Berzosa del Lozoya	2.30	Atazar (El)	2.35	Horcajuelo de la Sierra	2.30	Soto del Real	2.40
Berzosa del Lozoya	2.22	Atazar (El)	2.30	Berzosa del Lozoya	2.35	Atazar (El)	2.30	Horcajuelo de la Sierra	2.40



El análisis geográfico de los datos de riesgo de sequía sobre la población del periodo histórico (Figura 36) muestran cómo el nivel de riesgo es mayor en el área metropolitana y zona sur de la Comunidad de Madrid, con un riesgo de medio generalizado y alto en la zona centro de Madrid. Muchos municipios tienen riesgo medio bajo y se distribuyen principalmente por la Sierra Norte, la zona urbana noroeste, Cuenca del Alberche y Cuenca del Tajuña. Solamente dos municipios presentan riesgo bajo y se encuentran en la Sierra Norte: la Hiruela y Somosierra.

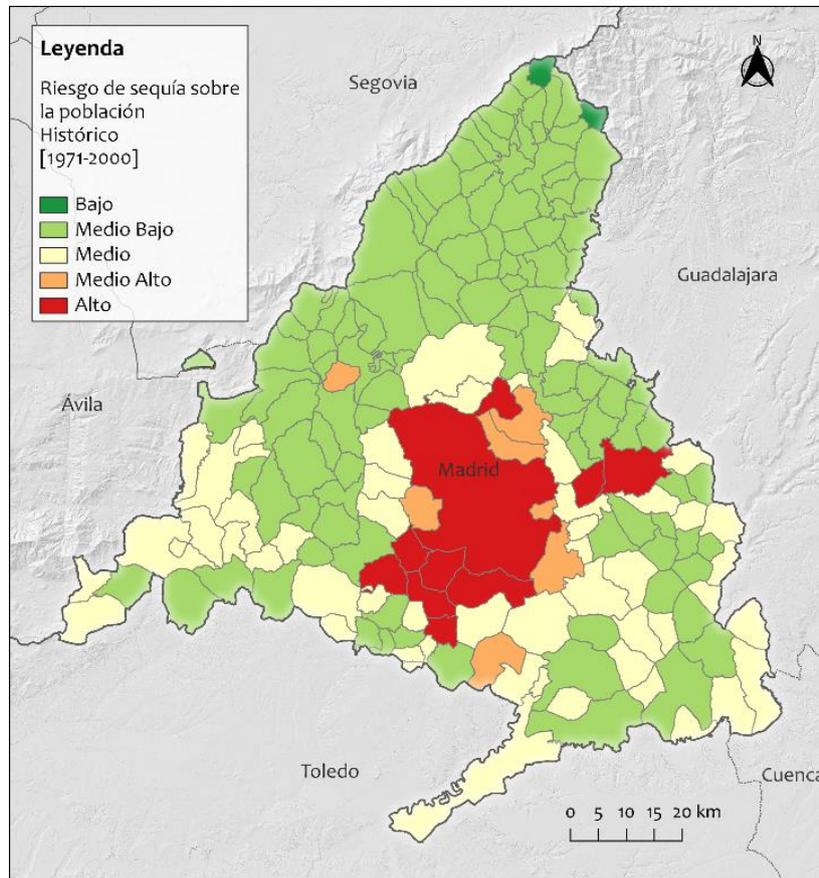


Figura 36: Riesgo de sequía sobre la población para el histórico (1971 - 2000) en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).

En el horizonte 2030 del RCP 4.5 (Figura 37) aumenta el riesgo de manera generalizada con respecto del histórico, aumentando riesgo de medio bajo a medio y de medio a medio alto en muchos municipios. El Área Metropolitana destaca por tener un nivel de riesgo alto o medio alto en algunos casos, mientras que las mejores previsiones se encuentran en la Sierra Norte, zona urbana noroeste y la Cuenca del Alberche con riesgo Medio Bajo. En el horizonte 2060 la situación es ligeramente peor y se produce un aumento del número de municipios con riesgo medio y medio alto en la zona urbana sur y el área metropolitana. Además, se suma Coslada a los municipios con un riesgo alto, respecto al horizonte anterior.

Las previsiones para el horizonte 2030 del escenario RCP 8.5 (Figura 37) difieren ligeramente respecto del histórico, ya que son pocos los municipios que aumentan su riesgo. Dos de los municipios del área metropolitana y la zona urbana sur cambian de un riesgo medio a medio alto (Pinto y Aranjuez) y Coslada aumenta su nivel de riesgo a alto. En el horizonte 2060 el municipio de Rivas Vaciamadrid se añade a los municipios con riesgo alto y aparece una mayor cantidad de territorio con riesgo medio en toda la Comunidad.

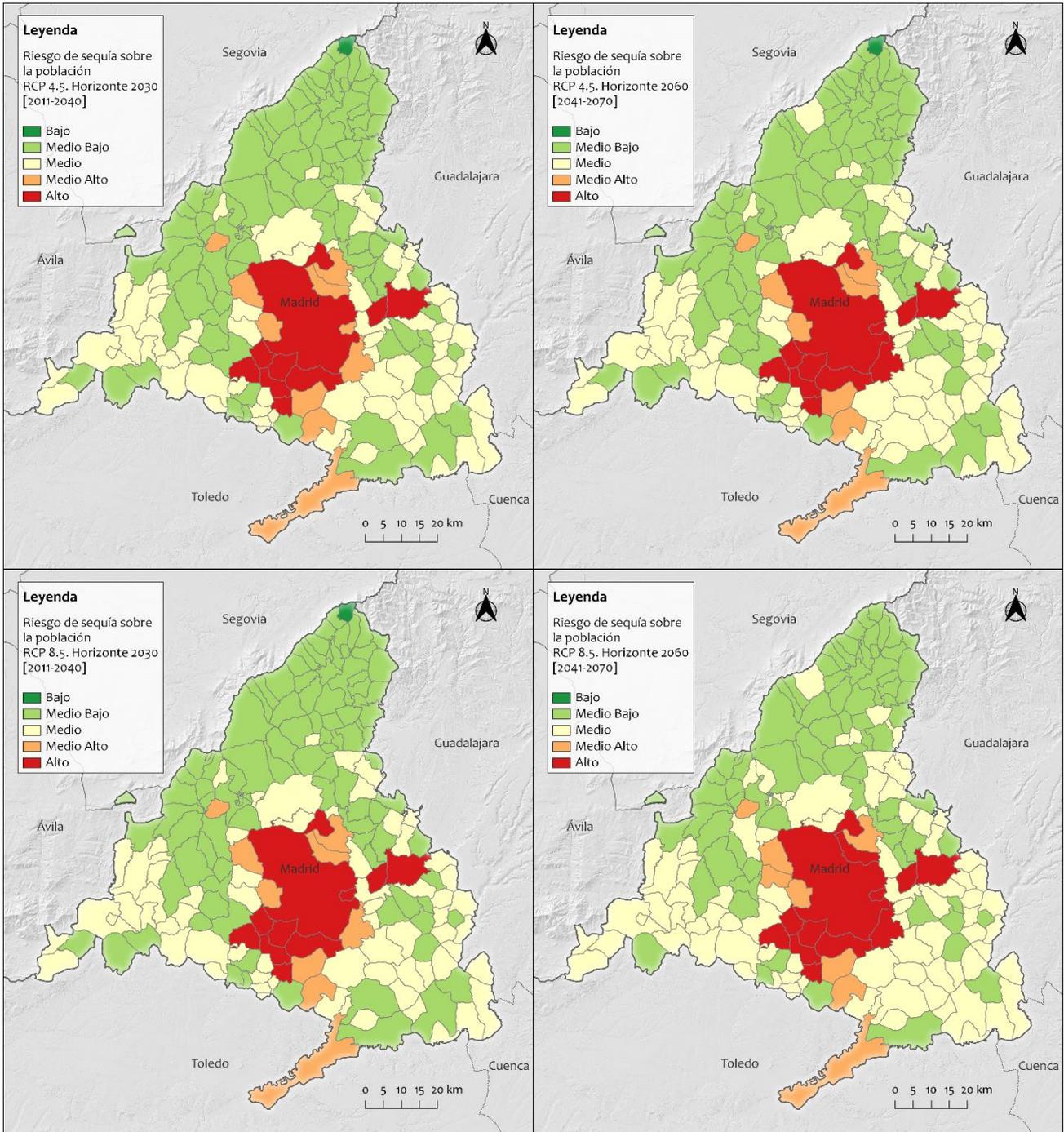


Figura 37: Riesgo de sequía sobre la población para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para sus dos horizontes 2030 y 2060 en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).





6.6 Riesgo de incendios sobre el medio natural

El siguiente apartado expone los principales resultados de la evaluación del riesgo de incendios sobre el medio natural. En la Tabla 50 se han recogido el número de municipios que presentan cada nivel de riesgo, mostrando una cantidad mayor de municipios mayor en niveles de riesgo bajo y medio bajo en el periodo histórico (90 y 55 respectivamente). La evolución prevista es una disminución de municipios en niveles de riesgo bajo (llegando a 48 en el horizonte 2060 del RCP 8.5) y un aumento de aquellos en riesgo alto, aumentando de 6 municipios en el histórico hasta 22 en el horizonte 2060 de ambos escenarios.

Tabla 50. Número de municipios que presentan cada nivel de riesgo de incendios en el medio natural para el periodo histórico y los escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).

		RIESGO				
		Histórico (1971-2000)	RCP 4.5		RCP 8.5	
			Horizonte 2030 (2011-2040)	Horizonte 2060 (2041-2070)	Horizonte 2030 (2011-2040)	Horizonte 2060 (2041-2070)
Incendios sobre el medio natural	Bajo	90	63	49	68	48
	Medio Bajo	55	71	73	68	71
	Medio	17	21	23	20	24
	Medio Alto	11	12	12	13	14
	Alto	6	12	22	10	22

Los municipios que presentan un mayor riesgo en el periodo histórico (Tabla 51) son: Cenicientos, Colmenar del Arroyo, Colmenar Viejo, Navalagamella, Robledo de Chavela, Villa del Prado, San Martín de Valdeiglesias, Valdemaqueda, Villanueva de Perales y Chapinería. Esta valoración del riesgo se mantiene constante para los seis primeros municipios en los siguientes escenarios, alcanzando el valor máximo en el escenario 8.5 (periodo 2041-2070). Los cuatro últimos municipios mencionados parten de un riesgo medio alto en el histórico y aumentan a alto en todas las situaciones siguientes, alcanzando casi la valoración máxima en el segundo periodo del RCP 8.5.

Los diez municipios con menor riesgo en el periodo histórico son (Tabla 52): Torrejón de la Calzada, Pozuelo del Rey, Alcorcón, Nuevo Baztán, Humanes de Madrid, Cervera de Buitrago, Coslada, Parla, Fuenlabrada y Leganés; con un riesgo Bajo. En los siguientes periodos de los RCP se observa un ligero aumento respecto del histórico, sin embargo, el riesgo permanece Bajo en todos los casos por lo que no se espera un cambio significativo.





Tabla 51. Municipios con mayor riesgo de impacto de incendios sobre medio natural en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).

Histórico	RCP 4.5: 2011-2040		RCP 4.5: 2041-2070		RCP 8.5: 2011-2040		RCP 8.5: 2041-2070		
Municipio	Municipio		Municipio		Municipio		Municipio		
Cenicientos	6.00	Cenicientos	6.00	Cenicientos	6.00	Cenicientos	6.00	Cenicientos	6.00
Colmenar del Arroyo	6.00	Colmenar del Arroyo	6.00						
Colmenar Viejo	6.00	Colmenar Viejo	6.00						
Navalagamella	6.00	Navalagamella	6.00	Navalagamella	6.00	Navalagamella	6.00	Navalagamella	6.00
Robledo de Chavela	6.00	Robledo de Chavela	6.00						
Villa del Prado	6.00	Villa del Prado	6.00						
San Martín de Valdeiglesias	4.89	Valdemaqueda	5.94	Valdemaqueda	6.00	Valdemaqueda	5.87	Valdemaqueda	6.00
Valdemaqueda	4.87	San Martín de Valdeiglesias	5.87	San Martín de Valdeiglesias	6.00	San Martín de Valdeiglesias	5.84	San Martín de Valdeiglesias	6.00
Villanueva de Perales	4.44	Villanueva de Perales	5.15	Madrid	5.97	Chapinería	5.10	Madrid	6.00
Chapinería	4.39	Chapinería	5.14	Chapinería	5.91	Villanueva de Perales	5.09	Chapinería	5.99

Tabla 52. Municipios con menor riesgo de impacto de incendios sobre medio natural en la Comunidad de Madrid, en periodo histórico y escenarios climáticos RCP 4.5 y 8.5 (periodos 2011-2040, 2041-2070). (Fuente: Elaboración propia).

Histórico	RCP 4.5: 2011-2040		RCP 4.5: 2041-2070		RCP 8.5: 2011-2040		RCP 8.5: 2041-2070		
Municipio	Municipio		Municipio		Municipio		Municipio		
Torrejón de la Calzada	1.38	Nuevo Baztán	1.48	Torrejón de Ardoz	1.58	Serna del Monte (La)	1.45	Serna del Monte (La)	1.59
Pozuelo del Rey	1.37	Alcorcón	1.48	Nuevo Baztán	1.58	Pozuelo del Rey	1.45	Torrejón de Ardoz	1.59
Alcorcón	1.37	Torrejón de Ardoz	1.47	Alcorcón	1.57	Alcorcón	1.44	Nuevo Baztán	1.59
Nuevo Baztán	1.37	Humanes de Madrid	1.46	Humanes de Madrid	1.54	Nuevo Baztán	1.43	Alcorcón	1.58
Humanes de Madrid	1.35	Serna del Monte (La)	1.44	Serna del Monte (La)	1.54	Humanes de Madrid	1.43	Humanes de Madrid	1.56
Cervera de Buitrago	1.35	Cervera de Buitrago	1.42	Cervera de Buitrago	1.52	Cervera de Buitrago	1.42	Cervera de Buitrago	1.55
Coslada	1.30	Coslada	1.38	Coslada	1.47	Coslada	1.36	Coslada	1.48
Parla	1.28	Fuenlabrada	1.36	Parla	1.44	Parla	1.34	Parla	1.45
Fuenlabrada	1.28	Parla	1.36	Fuenlabrada	1.43	Fuenlabrada	1.34	Fuenlabrada	1.45
Leganés	1.27	Leganés	1.35	Leganés	1.42	Leganés	1.33	Leganés	1.43



La representación gráfica del riesgo en el periodo histórico (Figura 38) muestra cómo la zona con mayor riesgo se encuentra en la Cuenca del Alberche y en Colmenar Viejo (zona urbana noroeste), mientras que el menor riesgo se sitúa principalmente en la zona urbana sur, el Corredor del Henares y en algunos municipios de la Sierra Norte. El municipio de Madrid tiene un riesgo medio alto, junto con algunos otros de la zona urbana sur y Cuenca del Alberche.

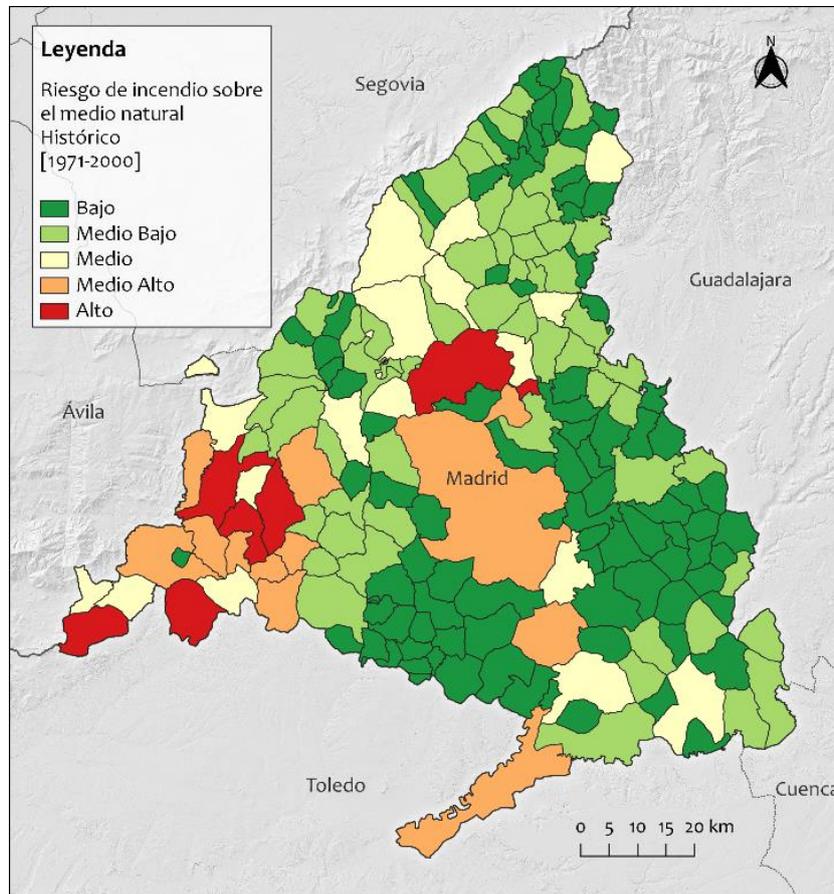


Figura 38. Riesgo de incendios sobre el medio natural para el histórico (1971 - 2000) en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).

En el RCP 4.5 horizonte 2030 (Figura 39), el riesgo alto se localiza también en otros municipios como Madrid, Hoyo de Manzanares o Pelayos de la Presa (que poseían un riesgo medio alto en el histórico), y disminuyen los municipios con riesgo Bajo, aumentando a Medio Bajo en algunos casos como Las Rozas, Boadilla del Monte o Loeches. En el periodo 2041 – 2070 la situación se presenta más favorable respecto al periodo anterior disminuyendo el riesgo, algunos municipios como Galapagar, Villamanta o Puebla de la Sierra pasan de riesgo Alto a Medio Alto. Por lo general presenta un escenario más similar al histórico que el horizonte 2030.

En el caso del horizonte 2030 del escenario RCP 8.5 (Figura 39), la situación no varía casi con respecto del histórico, y se mantiene el menor riesgo en la zona urbana sur y Corredor del Henares, y un mayor riesgo en la Cuenca del Alberche y zona urbana noroeste (Colmenar Viejo). En el horizonte 2060 se presenta un riesgo mayor que en todas las situaciones anteriores, con un aumento de municipios con riesgo alto en el área metropolitana, suroeste de la Comunidad y en varios municipios de la zona sur (Aranjuez, Chinchón y San Martín de la Vega).

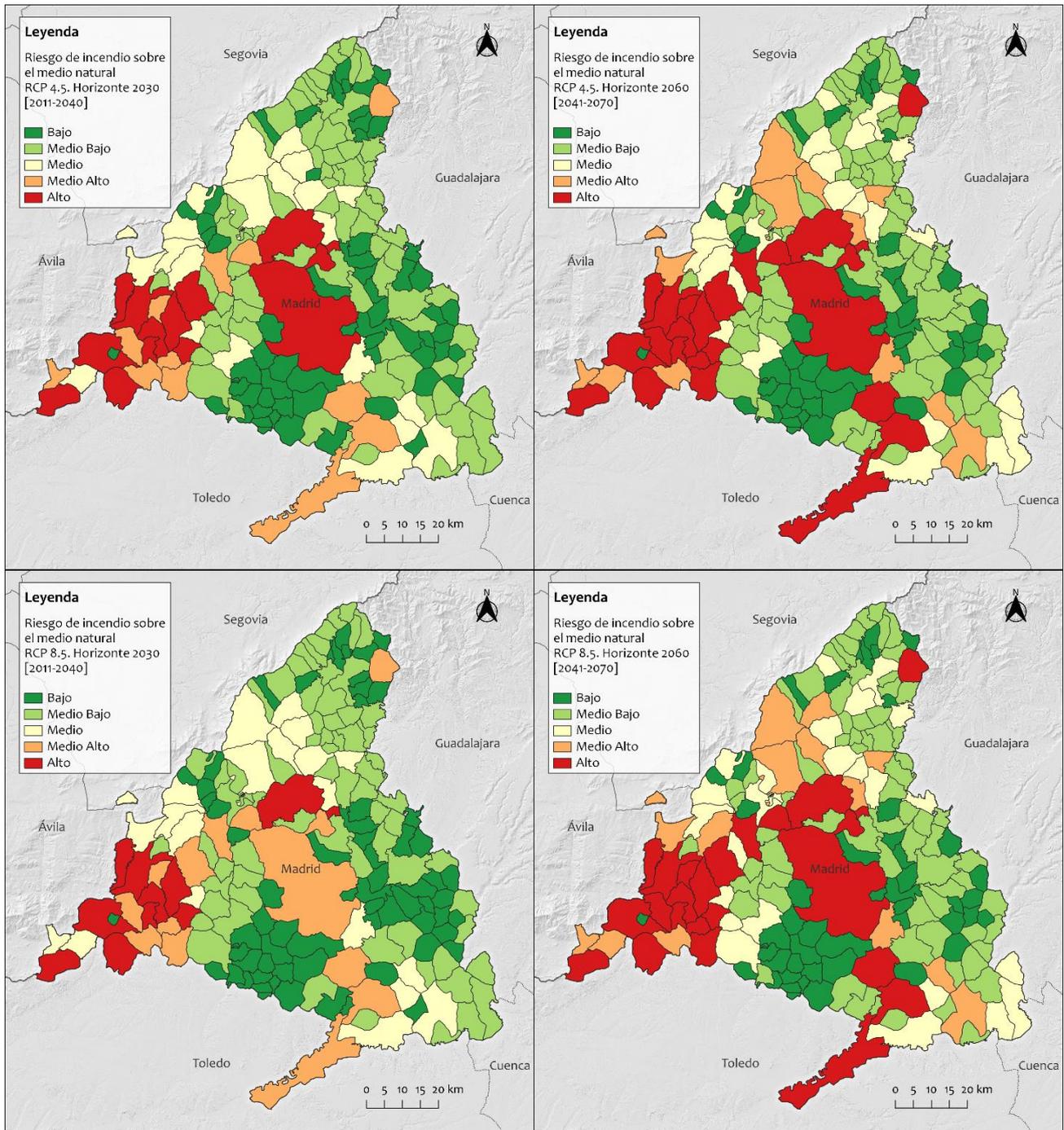


Figura 39. Riesgo de incendios sobre el medio natural para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para sus dos horizontes 2030 y 2060 en la Comunidad de Madrid por municipios. (Fuente: Elaboración propia).





7 MALADAPTACIÓN Y COSTES DE LA INACCIÓN

Tal y como establece el **Plan Nacional de Adaptación** de España, las medidas de adaptación al cambio climático para reducir los riesgos climáticos deben evitar la denominada **maladaptación** con medidas que puedan resultar contraproducentes, y que contravengan o afecten negativamente a los objetivos de la lucha frente al cambio climático. El Plan define como acciones de maladaptación aquellas que pueden provocar incrementos del riesgo de efectos negativos relacionados con el clima, aumentando la vulnerabilidad o pérdida del bienestar, en la actualidad o en el futuro. Un ejemplo de mala gestión sería, por ejemplo, un cambio de uso del suelo que convierta la superficie forestal en agrícola para la producción de bioenergía. Un cambio así podría amenazar el desarrollo sostenible, la seguridad de alimentos y agua, crear conflictos sobre los derechos de la tierra y producir una pérdida de biodiversidad. Por eso, resulta fundamental desarrollar herramientas para la prevención de la maladaptación que permitan valorar la solidez de las acciones de adaptación e identificar posibles efectos contraproducentes.

En cualquier caso, las iniciativas de adaptación deberán respetar el principio de no ocasionar daños para que todas las acciones y políticas contribuyan al éxito de la transición hacia la sostenibilidad, y no perjudiquen otros objetivos ambientales, evitando que cualquier medida sea considerada ambientalmente sostenible si son más los daños que causa al medio ambiente que los beneficios que aporta.

Teniendo en cuenta el carácter transversal de la adaptación, resulta preciso además una adecuada articulación interinstitucional para evitar que otros marcos institucionales, normas o acciones públicas puedan incentivar la toma de decisiones incrementando los riesgos derivados del cambio climático.

Magnan *et al.* (2016), clasifican los riesgos de maladaptación en 5 tipos principales: incremento de emisiones de gases de efecto invernadero, sobrecarga desproporcionada sobre los más vulnerables, costes altos, reducción del incentivo para la adaptación, y por último la generación de un camino de dependencia sobre instituciones para llevar a cabo las acciones de adaptación. Estos cinco caminos hacia la maladaptación permiten establecer una base para la toma de decisiones para la selección de medidas en materia de adaptación climática.

Los eventos extremos, como los analizados en el presente documento (olas de calor, inundaciones, inclemencias invernales, sequías e incendios) suponen, además de un daño medioambiental y social, también un coste económico extraordinario, tal y como se ha reflejado en los puntos anteriores.

En este sentido la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2008) recomienda considerar los siguientes impactos a la hora de valorar los costes de inacción del cambio climático:

- Impactos sobre la salud: mortalidad, enfermedades infecciosas, vasculares y respiratorias y nuevas enfermedades.
- Impactos sobre los recursos hídricos: variación en la cantidad y calidad de los recursos, mayor competencia por su aprovechamiento y aumento de las zonas áridas y semiáridas.
- Impactos sobre la agricultura: empobrecimiento de cosechas, aumento necesidades de riego y disminución productividad agrícola.
- Impactos sobre los recursos forestales: composición de las masas, salud de los recursos forestales y productividad del sector forestal.
- Impactos sobre las áreas en riesgo de inundación: pérdida de bienes y servicios, reconstrucción y rehabilitación o compensación de elementos dañados.
- Impactos sobre la biodiversidad: pérdida de hábitat, especies y servicios ecosistémicos.
- Impactos sobre el turismo: cambio en los patrones del flujo de turistas debido a los cambios en el clima.
- Impactos en la energía: aumento de la demanda de refrigeración en verano debido a fenómenos extremos como olas de calor.
- Impactos sobre las edificaciones e infraestructuras.

La implementación de medidas de adaptación conlleva, además de beneficios ambientales y sociales, efectos en el ámbito económico. La adopción de actuaciones puntuales puede tener un impacto positivo en el sistema que derive, por ejemplo, en la generación de empleo. Por el contrario, los efectos derivados de la no actuación, denominados **costes de la inacción** conllevan un aumento en los impactos ocasionados respecto al supuesto en el que se adoptasen medidas (ver Figura 40). Estos costes dependerán de las trayectorias de emisiones futuras, por lo que, en ocasiones, será necesario plantear medidas que atiendan diferentes escenarios de cambio climático.

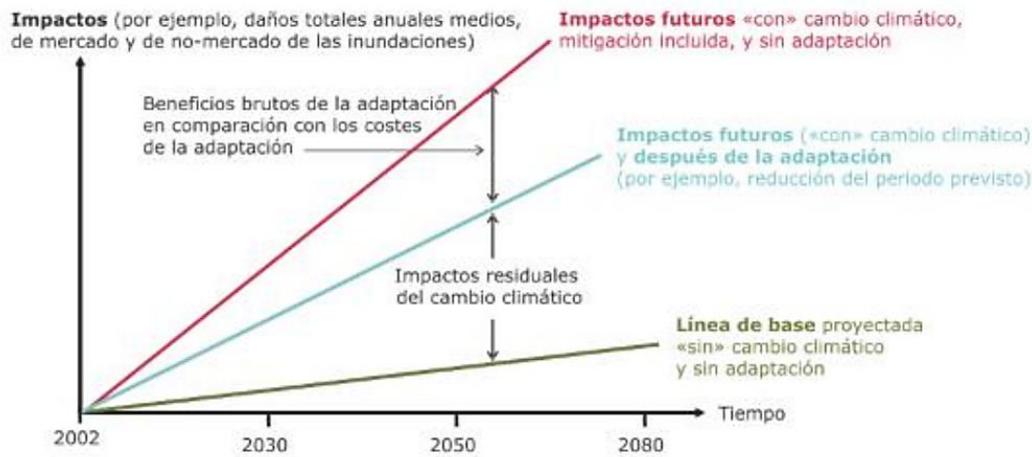


Figura 40. Costes y beneficios de la adaptación (Fuente: adaptado de Boyd y Hunt, 2006).

Según las previsiones de la Comisión Europea, el sur de Europa será el que presente mayores impactos en términos económicos, de forma que en el escenario de la inacción los impactos asciendan hasta casi el 3% del PIB. En España, las pérdidas económicas totales por eventos climáticos extremos durante el periodo 1980-2015 han sido de 33,602 millones de euros y han supuesto un total de 812 € por persona (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2017).

La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres publicó en 2017 el informe “**Pérdidas económicas, pobreza y desastres 1998- 2017**” en el que advierte del impacto de los fenómenos naturales causados por el cambio climático sobre la economía de los países. El informe destaca que los fenómenos meteorológicos extremos representan un 77% del total de las pérdidas económicas actualmente, es decir, 2.24 billones de dólares. Esta cifra representa un aumento del 151% respecto a las pérdidas registradas entre 1978 y 1997, de 895,000 millones de dólares. Los costes humanos y económicos ocasionados por desastres climáticos durante el periodo 1998 – 2017 se reflejan en la Figura 41.

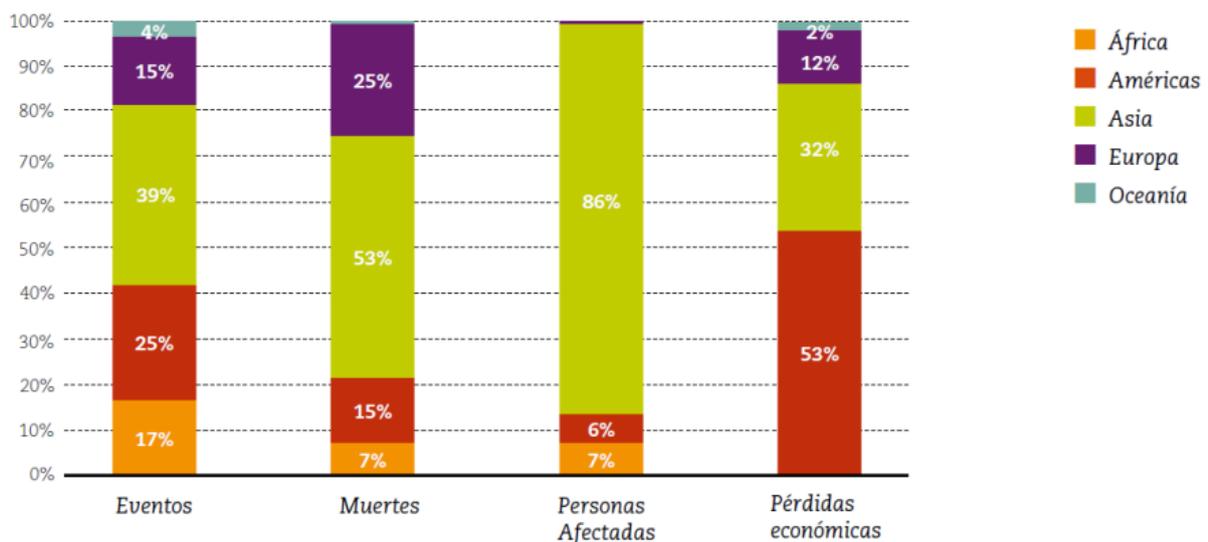


Figura 41. Porcentaje de pérdidas económicas y humanas por eventos climáticos por continente en el periodo 1998 - 2017 (Fuente: UNDRR, 2017).

Según el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC para un aumento de temperatura de 4°C se estiman unas pérdidas de entre un 1% y un 5% del PIB, pudiendo ser más elevadas en algunos países. Estos cálculos incluyen las pérdidas derivadas de la agricultura, el turismo, los desastres naturales y los costes de construcción de infraestructuras para la adaptación. Por otra parte, el Informe Stern señala que estos daños podrían ser mayores, pudiendo alcanzar entre un 5% y un 20% del PIB mundial (MITECO, 2007).

La mayoría de los estudios muestran que el conjunto de pérdidas económicas supera el total de las garantizadas por las coberturas de seguros, y se espera que incrementen en el medio plazo debido a una mayor frecuencia en los eventos extremos (Figura 42).

Según el último informe de la Comisión Global de Adaptación (GCA, 2019), la tasa de rendimiento de las inversiones en mejora de la resiliencia es muy alta, con una relación coste-beneficio que varía de 1:2 a 1:10, siendo incluso superior en algunos casos. Esto significa que cada euro invertido en adaptación podría dar lugar a unos beneficios económicos netos de entre 2 y 10 euros, lo que abre la puerta a un abanico de oportunidades de crecimiento.

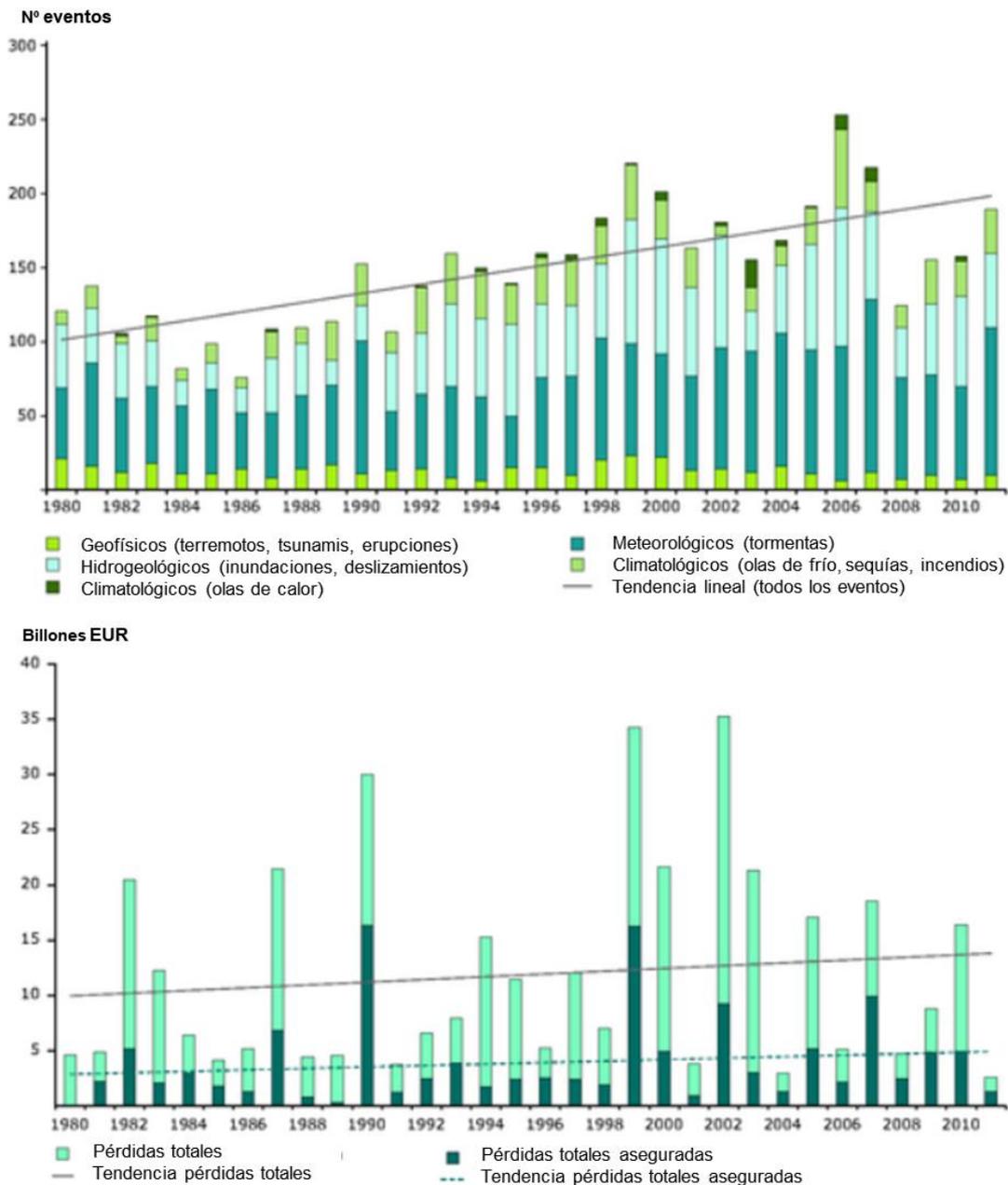


Figura 42. Desastres naturales registradas y costes asociados durante los años de 1980-2011. (Fuente: adaptado de Agencia Europea de Medio Ambiente, 2017).



8

CONCLUSIONES

El presente análisis forma parte del conjunto de documentos técnicos elaborados para componer la nueva **Estrategia Energía, Clima y Aire de la Comunidad de Madrid 2023–2030 (EECAM)** y se trata de un trabajo cuyo objetivo ha sido la evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo de los municipios de la Comunidad de Madrid ante el cambio climático. El conocimiento sobre qué municipios y en qué medida pueden verse afectados ante las principales amenazas climáticas actuales y futuras resulta de gran interés y ayuda para la puesta en marcha de medidas encaminadas a minimizar los impactos y aumentar la resiliencia de los municipios más afectados. En base a los resultados obtenidos, la Estrategia contendrá una serie de medias de adaptación que atiendan a las principales cadenas de impacto seleccionadas y los principales sectores estratégicos de análisis.

Los principales resultados del análisis realizado pronostican un incremento generalizado de las temperaturas medias anuales, siendo el de la temperatura mínima desde los 6,6°C actuales, hasta los 7,6°C (RCP 4,5) y los 7,7°C (RCP 8,5) a 2030; y el de las temperaturas máximas desde los 18,5°C actuales, hasta los 19,8°C (RCP 4,5) y 19,9°C (RCP 8,5) a 2030. Por otro lado, no existe una clara tendencia hacia el descenso de las precipitaciones medias anuales, al menos en el periodo histórico y el escenario RCP 4,5.

En cuanto a los eventos extremos, los indicadores climáticos analizados apuntan hacia un aumento en la severidad (en menor o mayor grado) de fenómenos como olas de calor, sequías e incendios. Así mismo, si bien las proyecciones de cambio climático analizadas no pronostican una variación significativa del promedio anual de las precipitaciones con respecto del periodo histórico, es difícil determinar si un posible cambio en la estacionalidad o en la intensidad de las mismas producirían efectos negativos en la severidad de inundaciones. Por otro lado, como ya se ha visto, parece claro un aumento generalizado de las temperaturas; lo cual, si bien afecta negativamente a fenómenos como olas de calor, puede contribuir a disminuir la severidad o recurrencia de fenómenos relacionados con el frío, como así reflejan las proyecciones de los indicadores utilizados para la caracterización de inclemencias invernales. No obstante, y de manera similar al caso de las precipitaciones, un posible cambio en la estacionalidad o la intensidad de este tipo de fenómenos apuntaría a que no se les deba restar significancia, pese a su tendencia recesiva.

Atendiendo a los resultados municipales para el horizonte temporal de 2030, se observa un aumento del número de municipios en riesgo alto por olas de calor, de los 7 actuales hasta los 9 (RCP 4,5) y 11 (RCP 8,5); los municipios en riesgo alto por inundaciones se mantienen más o menos constantes, de 14 actuales a 15 en ambos RCPs; se observa un descenso en el número de municipios en riesgo alto por inclemencias invernales, de los 22 actuales a los 16 (RCP 4,5) y 15 (RCP 8,5); se observa un ligero aumento de los municipios en riesgo alto por sequías sobre el sector primario, de los 18 actuales a los 22 (RCP 4,5) y 21 (RCP 8,5); así mismo, los municipios en riesgo alto por sequías sobre la población se mantienen más o menos constantes, de los 9 actuales a los 9 (RCP 4,5) y 10 (RCP 8,5); y por último el número de municipios con niveles altos de riesgo por incendios sobre el medio natural aumenta de manera considerable, de 6 actuales a 12 (RCP 4,5) y 10 (RCP 8,5).



9 REFERENCIAS

- Abaurrea, J., Asín, J., Cebrián, A.C., (2018). Modelling the occurrence of heat waves in maximum and minimum temperatures over Spain and projections for the period 2031-60. *Global and Planetary Change* 161: 244-260.
- Agencia Estatal de Meteorología (2020). *Meteo Glosario Visual*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Agencia Europea del Medio Ambiente (2012). *Urban adaptation to climate change in Europe. Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies.*
- Agencia Europea de Medio Ambiente (2017). *Desastres naturales registradas en los países de la EEA y costes asociados durante los años de 1980-2011.*
- Bonsal, B.R., Wheaton, E.E., Chipanshi, A.C., Lin, C., Sauchyn, D.J. y Wen, L. (2011). *Drought Research in Canada: A Review. Atmosphere-Ocean, 49(4): 303-319.*
- Boyd, R. y Hunt, A. (2006). *Climate change cost assessments using the UKCIP costing methodology.*
- Carmona Alférez, R., Díaz Jiménez, J., León Gómez, I., Luna Rico, Y., Mirón Pérez, I.J., Ortiz Burgos, C., Linares Gil, C. (2016). *Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al frío en España en el periodo 2000-2009. Comparación con la mortalidad atribuible al calor. Instituto de Salud Carlos III, Escuela Nacional de Sanidad: Madrid. Ministerio de Economía y Competitividad.*
- Comisión Europea (2007). *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo - Afrontar el desafío de la escasez de agua y la sequía en la Unión Europea. COM(2007) 414 final.*
- Comisión Europea (2021). *Comunicación 82 al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: Forjar una Europa resiliente al cambio climático — La nueva estrategia de adaptación al cambio climático de la UE.*
- Comisión Europea (2021). *Comunicación al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: Nueva Estrategia de la UE en favor de los Bosques para 2030. COM(2021) 572 final.*
- Comité de lucha contra Incendios forestales (2019). *Orientaciones Estratégicas para la Gestión de Incendios Forestales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.*
- Cuerpo de Bomberos de la Comunidad de Madrid (2019). *Memoria 2019. Comunidad de Madrid.*
- Confederación Hidrográfica del Tajo (2018). *Plan Especial de Sequía. Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.*
- Confederación Hidrográfica del Tajo (2019). *Revisión y Actualización de la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación – 2º ciclo. Ministerio para la Transición Ecológica.*
- Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad (2020). *Diagnóstico Ambiental 2020. Comunidad de Madrid.*
- Deniz, M., Schmitt Filho, A.L., Farley, J., de Quadros, S.F., Hötzel, M.J., (2019). *High biodiversity silvopastoral system as an alternative to improve the thermal environment in the dairy farms.*
- Deschenes, O. (2014). *Temperature, human health, and adaptation: A review of the empirical literature. Energy Economics, 46, 606–619. doi:10.1016/j.eneco.2013.10.013*
- Díaz J, Carmona R, Mirón J, Ortiz C, Linares C (2015). *Comparación de los efectos de las temperaturas extremas sobre la mortalidad diaria en Madrid (España), por grupo de edad: La necesidad de un plan de prevención de la ola de frío. Investigación Ambiental. Volumen 143, Parte A, páginas 186-191.*
- Dirección General de Salud Pública de la Comunidad de Madrid (2017). *Vigilancia y control de los efectos de las olas de calor. Evaluación del plan de respuesta 2017.*
- Fundación Canal Isabel II (2017). *Cambio Climático. Medir para mejorar.*
- GCA - Global Commission on Adaptation (2019). *Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience.*





- Garrote, L., Iglesias, A. (2012). Adaptación al cambio climático: Identificación de medidas de adaptación a partir de los impactos sobre los recursos hídricos en la Comunidad de Madrid. Fundación Canal de Isabel II.
- Intergovernmental panel on climate change (IPCC) -Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2019). Calentamiento global de 1,5°C.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank Correlation Methods*. New York, NY: Oxford University Press.
- Klein Rosenthal, J., Kinney, P. L., & Metzger, K. B. (2014). Intra-urban vulnerability to heat-related mortality in New York City, 1997-2006. *Health & Place*.
- Lastra, A., González, P., Russo, B., Rodríguez-Sola, R., Ribalaygua, J., (2018). Cuaderno de I+D+i: Escenarios de cambio climático para eventos pluviométricos severos en la Comunidad de Madrid. Canal Isabel II.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13, 245–259. doi: 10.2307/1907187
- Magnan, A.K., Schipper, E., Burkett, M., Bharwani, S., Burton, I., Eriksen, S., Gemenne, F., Schaar, J. and Ziervogel, G. (2016), Addressing the risk of maladaptation to climate change. *WIREs Clim Change*, 7: 646-665. <https://doi.org/10.1002/wcc.409>
- Mishra, A., Singh, V. y Desai, V. (2009). Drought characterization: a probabilistic approach. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 23(1): 41-55.
- Ministerio de Fomento y Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2013). Necesidades de adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructura de transporte en España.
- Ministerio para la Transición Ecológica (2007). El Cambio Climático en España. Estado de Situación. Informe para el Presidente del Gobierno elaborado por expertos en cambio climático.
- Ministerio para la Transición Ecológica (2013). Propuesta de Mínimos para la Realización de los Mapas de Riesgo de Inundación. Directiva de Inundaciones – 2º ciclo.
- Ministerio para la Transición Ecológica (2018). Inundaciones y Cambio Climático.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2021). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030.
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U., (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems.
- Roldán, E., Gómez, M., Pino, M.R., Pórtoles, J., Linares, C., Díaz, J., (2016). The effect of climate-change-related heat waves on mortality in Spain: uncertainties in health on a local scale. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 30: 831–839.
- Sanz, M.J. y Galán, E. (2021). Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD).
- Şen Z (2012) An innovative trend analysis methodology. *J Hydrol Eng* 17(9):1042–1046
- Tapia, C., Abajo, B., Feliu, E., Fernández, J. G., Padró, A., Castaño, J. (2015). Análisis de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático en el Municipio de Madrid. *Tecnalia Research & Innovation*. Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental -Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad. Ayuntamiento de Madrid.
- UNESPA (2021). Impacto de la borrasca Filomena y el posterior temporal en el Seguro.
- UN Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) & Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CREED), (2019). Pérdidas económicas, pobreza y Desastres 1998-2017.
- Van Loon, A., Gleeson, T., Clark, J. et al. (2016). Drought in the Anthropocene. *Nature Geosci* 9, 89–91. <https://doi.org/10.1038/ngeo2646>
- Wolf, T., & McGregor, G. (2013). The development of a heat wave vulnerability index for London, United Kingdom. *Weather and Climate Extremes*, 1(August 2003), 59–68. doi:10.1016/j.wace.2013.07.004.





10 ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AEMET	Agencia Estatal de Meteorología de España
CE	Comisión Europea
CH	Confederación Hidrográfica
CNHI	Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas
CRED	Center for Research of Epidemiology on the Disasters
EECAM	Estrategia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid
GEI	Gases de Efecto Invernadero
INUNCAM	Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad de Madrid
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático
M&E	Monitoreo y Evaluación
MITECO	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas
PNACC	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático
SAM	Sinergias Adaptación/Mitigación
SNCZI	Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables
UE	Unión Europea
UNFCCC	Acuerdo Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático
UNDRR	UN Office for Disaster Risk Reduction





Anejo I

La siguiente tabla recoge el listado completo de los indicadores considerados en el análisis, incluyendo la componente del riesgo en el que se incluyen, la identificación empleada, la cadena de impacto a la que corresponden y una breve definición.



Tabla 53. Indicadores empleados en el análisis de cálculo de riesgo al cambio climático de los municipios madrileños de la EECAM (Elaboración propia).

	IDENTIFICADOR	CADENA DE IMPACTO	DESCRIPCIÓN
AMENAZA	OLA_CALOR	Olas de calor sobre la salud de la población	Duración máxima de una ola de calor en un periodo de tiempo. Una ola de calor se define como al menos 5 días consecutivos con temperaturas máximas por encima del percentil 90 de un periodo climático de referencia.
	DÍAS_CÁLIDOS	Olas de calor sobre la salud de la población	Número de días en un periodo de tiempo cuya temperatura máxima supera el percentil 90 de un periodo climático de referencia.
	NOCHES_CÁLIDAS	Olas de calor sobre la salud de la población	Número de noches en un periodo de tiempo cuya temperatura mínima supera el percentil 90 de un periodo climático de referencia.
	DÍASCONSEC_<1	Sequía sobre la población Sequía sobre sector agropecuario	Número máximo de "días secos" consecutivos en un periodo de tiempo, esto es, días cuya precipitación no superó el umbral de 1 mm.
	PRECIP_P95	Inundaciones sobre medio urbano	Valor bajo el cual se encuentran el 95% de los valores de precipitación diaria de un periodo de tiempo.
	PRECIP_24H	Inundaciones sobre medio urbano	Valor más alto de precipitación diaria en un periodo de tiempo.
	TEMPMIN_<0	Inclemencias invernales sobre medio urbano	Número de días de un periodo de tiempo cuya temperatura mínima se encuentra por debajo de los 0°C.
	TEMPMIN_EXT	Inclemencias invernales sobre medio urbano	Mínima de las temperaturas mínimas diarias en un período de tiempo.
	DÍAS_INCENDIO	Incendios sobre el medio natural	Número de días al año con un índice meteorológico de incendios (FWI-Fire Weather Index) superior a 45 según la clasificación del Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (EFFIS).
EXPOSICIÓN	POB	Olas de calor sobre la población Sequía sobre la población	Personas residentes habitualmente en el municipio a fecha 1 de enero.
	RESID_INUN	Inundaciones sobre medio urbano	Superficie de suelo residencial expuesto a inundaciones fluviales. Según la información proporcionada por el Mapa de Clasificación y Calificación Urbanística de la Comunidad de Madrid (2014) se considera suelo residencial la suma de las siguientes categorías: residencia mixta, residencia multifamiliar y residencia unifamiliar. La superficie expuesta a inundaciones fluviales se corresponde con la delimitada en mapas de probabilidad que expresan las láminas de inundación para un periodo de retorno de 500 años.
	ECON_INUN	Inundaciones sobre medio urbano	Superficie de suelo residencial expuesto a inundaciones fluviales. Según la información proporcionada por el Mapa de Clasificación y Calificación Urbanística de la Comunidad de Madrid (2014) se considera suelo residencial la suma de las siguientes categorías: residencia mixta, residencia multifamiliar y residencia unifamiliar.



			La superficie expuesta a inundaciones fluviales se corresponde con la delimitada en mapas de probabilidad que expresan las láminas de inundación para un periodo de retorno de 500 años.
COMU_INUN	Inundaciones sobre medio urbano		Superficie de suelo de comunicaciones expuesto a inundaciones fluviales. Según la información proporcionada por el Mapa de Clasificación y Calificación Urbanística de la Comunidad de Madrid (2014) se considera suelo de destinado a comunicaciones la suma de las siguientes categorías: aéreas, ferroviario y autobuses, red viaria y vías pecuarias. La superficie expuesta a inundaciones fluviales se corresponde con la delimitada en mapas de probabilidad que expresan las láminas de inundación para un periodo de retorno de 500 años.
EQUIP_INUN	Inundaciones sobre medio urbano		Superficie de suelo de equipamientos expuesto a inundaciones fluviales. Según la información proporcionada por el Mapa de Clasificación y Calificación Urbanística de la Comunidad de Madrid (2014) se considera suelo de destinado a comunicaciones la suma de las siguientes categorías: aparcamiento, asistencial, cementerios, cultural, deportivo, equipamientos y dotaciones, educativo, hospitalario, institucionales, militares, otros servicios, otros equipamientos, recreativo, sanitario, social, universitario y viviendas de integración social. La superficie expuesta a inundaciones fluviales se corresponde con la delimitada en mapas de probabilidad que expresan las láminas de inundación para un periodo de retorno de 500 años.
INFRA_INUN	Inundaciones sobre medio urbano		Superficie de suelo de infraestructuras básicas expuesto a inundaciones fluviales. Según la información proporcionada por el Mapa de Clasificación y Calificación Urbanística de la Comunidad de Madrid (2014) se considera suelo de destinado a comunicaciones la suma de las siguientes categorías: eléctricas, gasísticas, infraestructuras, residuos sólidos, saneamiento y telecomunicaciones. La superficie expuesta a inundaciones fluviales se corresponde con la delimitada en mapas de probabilidad que expresan las láminas de inundación para un periodo de retorno de 500 años.
RESIDEN	Inclemencias invernales sobre medio urbano		Superficie de suelo residencial. Según la información proporcionada por el Mapa de Clasificación y Calificación Urbanística de la Comunidad de Madrid (2014) se considera suelo residencial la suma de las siguientes categorías: residencia mixta, residencia multifamiliar y residencia unifamiliar.
ECONOM	Inclemencias invernales sobre medio urbano		Superficie de suelo de actividades económicas. Según la información proporcionada por el Mapa de Clasificación y Calificación Urbanística de la Comunidad de Madrid (2014) se considera suelo de actividades económicas la suma de las siguientes categorías: almacén, comercial, industrial, mercados, naves agropecuarias y terciario.
COMUNICAC	Inclemencias invernales sobre medio urbano		Superficie de suelo de comunicaciones.



			Según la información proporcionada por el Mapa de Clasificación y Calificación Urbanística de la Comunidad de Madrid (2014) se considera suelo de destinado a comunicaciones la suma de las siguientes categorías: aéreas, ferroviario y autobuses, red viaria y vías pecuarias.
	EQUIPAMIENT	Inclemencias invernales sobre medio urbano	Superficie de suelo de equipamientos. Según la información proporcionada por el Mapa de Clasificación y Calificación Urbanística de la Comunidad de Madrid (2014) se considera suelo de destinado a comunicaciones la suma de las siguientes categorías: aparcamiento, asistencial, cementerios, cultural, deportivo, equipamientos y dotaciones, educativo, hospitalario, institucionales, militares, otros servicios, otros equipamientos, recreativo, sanitario, social, universitario y viviendas de integración social.
	INFRABASIC	Inclemencias invernales sobre medio urbano	Superficie de suelo de infraestructuras básicas. Según la información proporcionada por el Mapa de Clasificación y Calificación Urbanística de la Comunidad de Madrid (2014) se considera suelo de destinado a comunicaciones la suma de las siguientes categorías: eléctricas, gasísticas, infraestructuras, residuos sólidos, saneamiento y telecomunicaciones.
	SUP_AGRÍC	Sequía sobre sector agropecuario	La superficie total de la explotación está constituida por la superficie de todas las parcelas que integran la misma dividida entre la población: la superficie propiedad del titular, la arrendada de otros para su explotación y la superficie explotada con arreglo a otras formas de tenencia. Se excluyen las superficies de propiedad del titular, pero cedidas a terceras personas.
	UNI_GANAD	Sequía sobre sector agropecuario	Los datos de ganadería se expresan en número de cabezas o en unidades ganaderas (UG), que se obtienen aplicando un coeficiente a cada especie y tipo, para agregar a una unidad común diferentes especies.
	FORESTAL	Incendios sobre el medio natural	Suelo ocupado por terrenos forestales y dehesas en terrenos no forestales por municipio.
SENSIBILIDAD	SUEL_URB	Olas de calor sobre la población	Porcentaje de suelo urbano frente a la superficie del municipio.
	POB_URB	Olas de calor sobre la población Sequía sobre la población Inundaciones sobre medio urbano Inclemencias invernales sobre medio urbano	Número de personas con relación a la superficie del municipio.
	DENSI_EDIF	Olas de calor sobre la población Inundaciones sobre medio urbano	Número medio de edificios por cada km ² de extensión.
	POB_DEPEN	Olas de calor sobre la población Sequía sobre la población Inundaciones sobre medio urbano	Es el resultado de dividir la población menor de 15 años más la población mayor de 64 años, y la población de 15 a 64 años. La población utilizada es a 1 de enero.





		Inclencias invernales sobre medio urbano	
SIN_ESTUD		Olas de calor sobre la población Sequía sobre la población Inundaciones sobre medio urbano Inclencias invernales sobre medio urbano	Población analfabeta o que no alcanza los 5 años atendidos a la escuela y no ha completado la EGB, ESO o Bachiller Elemental.
DISCAP		Olas de calor sobre la población Sequía sobre la población Inundaciones sobre medio urbano Inclencias invernales sobre medio urbano	Personas que tienen algún tipo de discapacidad por cada 1.000 habitantes.
AGUA_CÁP		Sequía sobre la población	m ³ de agua facturado por habitante.
1PLANT		Inundaciones sobre medio urbano	Viviendas que cuentan con una única planta por 1.000 habitantes.
GARAJ		Inundaciones sobre medio urbano	Viviendas que disponen de garaje por 1.000 habitantes.
COLEGI		Inundaciones sobre medio urbano Inclencias invernales sobre medio urbano	Es todo centro creado o autorizado para impartir al menos una de las enseñanzas no universitarias. No se consideran centros escolares las residencias escolares sin unidades escolares ni los centros de peluquería y estética autorizados para impartir exclusivamente el área tecnológica-práctica de Formación Profesional de la rama "Peluquería y Estética".
CAMIN		Inundaciones sobre medio urbano Inclencias invernales sobre medio urbano	Kilómetros de caminos, sendas y vías pecuarias presentes en el municipio.
EDAR		Inundaciones sobre medio urbano	Caudal autorizado (datos de diseño) de las EDAR municipales por habitante empadronado.
ESTAD_EDIF		Inundaciones sobre medio urbano Inclencias invernales sobre medio urbano	Proporción de viviendas que pertenecen a edificios que se encuentran en un estado de conservación deficiente, malo y ruinoso frente al total de viviendas.
SALUD		Inundaciones sobre medio urbano Inclencias invernales sobre medio urbano	Número de centros de salud (Estructuras físicas y funcionales que posibilitan el desarrollo de una atención primaria de salud coordina, globalmente, integral, permanente y continuada, y con base en el trabajo en equipo de los profesionales sanitarios y no sanitarios que actúan en el mismo. En ellos desarrollan sus actividades y funciones los Equipos de Atención Primaria) y consultorios locales (centros sanitarios que, sin tener la consideración de Centros de Salud, proporcionan atención sanitaria no especializada en el ámbito de la atención primaria de salud) por cada 10.000 habitantes. La población utilizada es a fecha 1 de enero.





	SERV_SOCI	Inundaciones sobre medio urbano Inclemencias invernales sobre medio urbano	Número de centros por cada 10.000 personas empadronadas entre los que se incluyen residencias de personas mayores, pisos tutelados, viviendas comunitarias y otros centros residenciales; centros de día, hogares y clubes y otros centros de atención social no residenciales para mayores; y centros para discapacitados, menores, familia, mujer, inmigración, personas en riesgo de exclusión social y otros colectivos.
	UN_AGROPEC	Sequía sobre sector agropecuario	Unidades productivas de agricultura, ganadería, caza, selvicultura y pesca por 1.000 habitantes.
	SS_AGROPEC	Sequía sobre sector agropecuario	Personas afiliadas a la Seguridad Social de la rama de agricultura y ganadería por 1.000 habitantes.
	REGADÍO	Sequía sobre sector agropecuario	Superficie agrícola destinada a cultivos en regadío.
	SECANO	Sequía sobre sector agropecuario	Superficie agrícola destinada a cultivos en secano.
	HÁBITATS	Incendios sobre el medio natural	Suelo ocupado por hábitats por municipio.
	ZNP	Incendios sobre el medio natural	Suelo ocupado por Zonas Naturales Protegidas (RN2000, Espacios Naturales Protegidos, Reserva de la Biosfera y humedales RAMSAR) por municipio.
	MONTE_PÚBL	Incendios sobre el medio natural	Suelo ocupado por montes de titularidad pública que han sido declarados como tales por satisfacer necesidades de interés general por municipio.
MONTE_PRESER	Incendios sobre el medio natural	Masas arbóreas, arbustivas y subarbustivas de encinar, alcornocal, enebro, sabinar, coscojal y quejigal y las masas arbóreas de castañar, robledal y fresnedal de la Comunidad de Madrid declaradas Monte Preservado según el Anexo Cartográfico de la Ley 16/1995, de 4 de mayo, Forestal y de Protección de la Naturaleza de la Comunidad de Madrid. Todo ello por municipio.	
CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN	VALOR_CAT	Olas de calor sobre la población Inundaciones sobre medio urbano Inclemencias invernales sobre medio urbano	Es el resultado de dividir el valor catastral urbano entre las unidades urbanas.
	RENT_CÁP	Olas de calor sobre la población Sequía sobre la población Inundaciones sobre medio urbano Inclemencias invernales sobre medio urbano	Es el resultado de dividir el Indicador de Renta Disponible Bruta Municipal entre la población.
	PROTEC_CIV	Olas de calor sobre la población Sequía sobre la población Inundaciones sobre medio urbano Inclemencias invernales sobre medio urbano Incendios sobre el medio natural	Gastos en protección civil y seguridad ciudadana de los presupuestos municipales liquidados consolidados por 1000 habitantes.





VERD_PÚBL	Olas de calor sobre la población	Suelo urbano destinado a zonas verdes o a servicios públicos por 1000 habitantes.
SALUD	Olas de calor sobre la población Sequía sobre la población	Número de centros de salud (Estructuras físicas y funcionales que posibilitan el desarrollo de una atención primaria de salud coordinada, globalmente, integral, permanente y continuada, y con base en el trabajo en equipo de los profesionales sanitarios y no sanitarios que actúan en el mismo. En ellos desarrollan sus actividades y funciones los Equipos de Atención Primaria) y consultorios locales (centros sanitarios que, sin tener la consideración de Centros de Salud, proporcionan atención sanitaria no especializada en el ámbito de la atención primaria de salud) por cada 10.000 habitantes. La población utilizada es a fecha 1 de enero.
SERV_SOC	Olas de calor sobre la población Sequía sobre la población	Número de centros por cada 10.000 personas empadronadas entre los que se incluyen residencias de personas mayores, pisos tutelados, viviendas comunitarias y otros centros residenciales; centros de día, hogares y clubes y otros centros de atención social no residenciales para mayores; y centros para discapacitados, menores, familia, mujer, inmigración, personas en riesgo de exclusión social y otros colectivos.
VERDE	Inundaciones sobre medio urbano	Superficie de zonas verdes y parques: jardines, parques municipales y urbanos, parques regionales, y zonas verdes y espacios libres.
CALEFAC	Inclemencias invernales sobre medio urbano	Porcentaje de viviendas que disponen de instalación de calefacción frente al total.
AUTOBÚS	Inclemencias invernales sobre medio urbano	Autobuses para transporte de viajeros por carretera de servicio público por 1.000 habitantes.
ESTACIONES	Inclemencias invernales sobre medio urbano	Suma de estaciones de transporte público (metro, metro ligero y trenes de cercanías) por 1.000 habitantes.
SAL	Inclemencias invernales sobre medio urbano	Presencia de depósitos de fundentes (sal) en la Comunidad de Madrid.
PIB_AGROPEC	Sequía sobre sector agropecuario	Producto Interior Bruto Municipal per cápita de la rama de agricultura y ganadería por Municipios.
BOMBEROS	Incendios sobre el medio natural	Presencia de parque de bomberos, bombas forestales o helicóptero del cuerpo de bomberos en el municipio.
MASA_AGUA	Incendios sobre el medio natural	Municipios en un diámetro de 20 km respecto a masas de agua como embalses.

