



Junta de Andalucía

Consejería de Agricultura, Ganadería,
Pesca y Desarrollo Sostenible

AGENCIA DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA DE ANDALUCÍA

Análisis de los Escenarios Climáticos Regionales de Andalucía (AR5)

Plan Andaluz de Acción por el Clima



Fecha

Abril de 2020



Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

Promotor:**Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía**

C/ Johan G. Gutenberg, 1 - Isla de la Cartuja.

41092 - Sevilla (España)

Realización:**Agresta S. Coop.**

Espacio_Res

Planta 9, Av. de la República Argentina, 25 | 41011 Sevilla

Índice de contenidos

Índice de contenidos.....	3
Índice de figuras.....	6
Índice de tablas.....	13
1 Resumen ejecutivo.....	16
1.1 Descripción del trabajo.....	16
1.2 Resultados.....	17
2 Objeto.....	19
3 Antecedentes.....	19
3.1 Modelos de Circulación General.....	22
3.2 Métodos de <i>downscaling</i> estadístico y dinámico.....	24
3.3 Red de estaciones meteorológicas de Andalucía.....	27
3.4 Zonas bioclimáticas.....	28
4 Metodología.....	30
5 Resultados por variable climática.....	35
5.1 Temperatura media.....	36
5.1.1 Comunidad autónoma.....	36
5.1.2 Provincias.....	46
5.1.3 Capitales de provincia.....	48
5.2 Temperatura máxima.....	51
5.2.1 Comunidad autónoma.....	51
5.2.2 Provincias.....	57
5.2.3 Capitales de provincia.....	59
5.3 Temperatura mínima.....	62
5.3.1 Comunidad autónoma.....	62
5.3.2 Provincias.....	68
5.3.3 Capitales de provincia.....	70
5.4 Número de días al año con temperaturas superiores a 40°C.....	73
5.4.1 Comunidad autónoma.....	73
5.4.2 Capitales de provincia.....	77

Análisis de los Escenarios de Clima de Andalucía (AR5)

5.5 Número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C.....	80
5.5.1 Comunidad autónoma.....	80
5.5.2 Capitales de provincia.....	83
5.6 Número de días con heladas.....	87
5.6.1 Comunidad autónoma.....	87
5.6.2 Provincias.....	90
5.6.3 Capitales de provincia.....	92
5.7 Precipitaciones anuales.....	95
5.7.1 Comunidad autónoma.....	95
5.7.2 Provincias.....	99
5.7.3 Capitales de provincia.....	101
5.8 Precipitaciones de primavera.....	104
5.8.1 Comunidad autónoma.....	104
5.8.2 Provincias.....	107
5.9 Precipitaciones de verano.....	110
5.9.1 Comunidad autónoma.....	110
5.9.2 Provincias.....	113
5.10 Precipitaciones de otoño.....	116
5.10.1 Comunidad autónoma.....	116
5.10.2 Provincias.....	119
5.11 Precipitaciones de invierno.....	122
5.11.1 Comunidad autónoma.....	122
5.11.2 Provincias.....	125
5.12 Precipitación en forma de nieve.....	128
5.12.1 Comunidad autónoma.....	129
5.12.2 Provincias.....	131
5.12.3 Sierra Nevada.....	133
5.13 Evapotranspiración.....	134
5.13.1 Comunidad autónoma.....	134
5.13.2 Provincias.....	137
5.14 Número de meses con balance hídrico positivo.....	140
5.14.1 Comunidad autónoma.....	140

Análisis de los Escenarios de Clima de Andalucía (AR5)

5.14.2 Provincias.....	143
6 Análisis de la evolución de las variables climáticas por ámbitos territoriales seleccionados.....	146
6.1 Parques Naturales.....	146
6.2 Sistemas hidrográficos.....	151
6.3 Costas.....	157
7 Evolución de la clasificación bioclimática de Andalucía según los distintos modelos, escenarios y periodos.....	160
7.1 Evolución según el escenario RCP4.5.....	160
7.2 Evolución según el escenario RCP8.5.....	161
8 Valoración de los principales efectos del cambio climático en Andalucía en el SXXI. Identificación de modelos y escenarios más y menos desfavorables y de tendencias	163
9 Referencias bibliográficas.....	166

Índice de figuras

Figura 1: Emisiones de dióxido de carbono (CO ₂) únicamente en las Trayectorias de Concentración Representativas (RCP) (líneas) y las categorías de escenarios asociados utilizados por el Grupo de trabajo III (las áreas coloreadas muestran el rango del 5% al 95%).	21
Figura 2: Estaciones meteorológicas integradas en el Subsistema de Información de Climatología Ambiental (CLIMA). Fuente: Servicio WMS de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.....	28
Figura 3: Clasificación bioclimática de Andalucía.....	29
Figura 4: Estructura de datos alfanuméricos.....	33
Figura 5: Estructura de información cartográfica (mapas).....	34
Figura 6: Estructura de información gráfica: tablas-figuras.....	34
Figura 7: Temperatura media anual (media de las temperaturas medias mensuales) observada en Andalucía durante el periodo 1961-2000.....	36
Figura 8: Variación respecto al periodo de referencia, de la temperatura media anual predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....	38
Figura 9: Variación respecto al periodo de referencia, de la temperatura media anual predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....	39
Figura 10: Temperaturas medias mensuales (media de las temperaturas medias diarias) observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.....	40
Figura 11: Evolución prevista de la variable Temperatura media (°C) en Andalucía. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000. Para cada escenario existen cuatro líneas que se corresponden con los 4 modelos analizados. En el eje horizontal se representan los tres periodos proyectados.....	41
Figura 12: Evolución anual prevista de la variable Temperatura media (°C) para cada provincia. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000. Para cada escenario existen cuatro líneas que se corresponden con los 4 modelos analizados....	47

Figura 13: Evolución anual prevista de la variable Temperatura media anual (°C) (media de las temperaturas medias mensuales) en las capitales de provincia. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000. Para cada escenario existen cuatro líneas que se corresponden con los 4 modelos analizados.....49

Figura 14: Temperatura máxima anual (media de las temperaturas máximas mensuales) observada en Andalucía durante el periodo 1961-2000.....51

Figura 15: Variación respecto al periodo de referencia, de la temperatura máxima anual (media de las temperaturas máximas mensuales) predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000)....53

Figura 16: Variación respecto al periodo de referencia, de la temperatura máxima anual (media de las temperaturas máximas mensuales) predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000)....54

Figura 17: Temperaturas máximas mensuales (media de las temperaturas máximas diarias) observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.....55

Figura 18: Evolución prevista de la variable Temperatura máxima mensual (°C) (media de las temperaturas máximas diarias) en Andalucía. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....56

Figura 19: Evolución prevista de la variable Temperatura máxima anual (°C) (media de las máximas mensuales) en cada provincia. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....58

Figura 20: Evolución prevista de la variable Temperatura máxima anual (°C) (media de las máximas mensuales) en cada capital de provincia. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....60

Figura 21: Temperatura mínima anual (media de las temperaturas mínimas mensuales) observada en Andalucía durante el periodo 1961-2000.....62

Figura 22: Variación respecto al periodo de referencia, de la temperatura mínima anual (media de las temperaturas mínimas mensuales) por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....64

Figura 23: Variación respecto al periodo de referencia, de la temperatura mínima anual (media de las temperaturas mínimas mensuales) predicha para los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000)....65

Figura 24: Temperaturas mínimas mensuales observadas (media de las temperaturas mínimas diarias) en Andalucía durante el periodo 1961-2000.....66

Figura 25: Evolución prevista de la variable Temperatura mínima mensual (°C) (media de las temperaturas mínimas diarias) en Andalucía. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....67

Figura 26: Evolución prevista de la variable Temperatura mínima anual (°C) (media de las mínimas mensuales) en cada provincia. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....69

Figura 27: Evolución prevista de la variable Temperatura mínima anual (°C) (media de las mínimas mensuales) en cada capital de provincia. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....71

Figura 28: Número de días al año con temperaturas superiores a 40°C observados en Andalucía durante el periodo 1961-2000.....73

Figura 29: Variación respecto al periodo de referencia, del número de días al año con temperaturas superiores a 40°C predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....75

Figura 30: Variación respecto al periodo de referencia, del número de días al año con temperaturas superiores a 40°C predicha para cada mes por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000)....76

Figura 31: Evolución anual prevista de la variable N° días con temperaturas >40°C para cada capital de provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....78

Figura 32: Número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C observados en Andalucía durante el periodo 1961-2000.....80

Figura 33: Variación respecto al periodo de referencia, del número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000)....82

Figura 34: Variación respecto al periodo de referencia, del número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C predicha para cada mes por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5. La escala mide la diferencia entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....83

Figura 35: Evolución anual prevista de la variable N° noches con temperaturas >22°C para cada capital de provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....85

Figura 36: Número de días con heladas observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.....87

Figura 37: Número de días con heladas predicho por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.....89

Figura 38: Número de días con heladas predicho por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.....90

Figura 39: Evolución anual prevista de la variable N° heladas para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....91

Figura 40: Evolución anual prevista de la variable número de días con heladas para cada capital de provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....93

Figura 41: Precipitaciones anuales observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000..95

Figura 42: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación anual predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....97

Figura 43: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....98

Figura 44: Evolución anual prevista de la variable Precipitación anual (mm) para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....100

Figura 45: Evolución anual prevista de la variable Precipitación anual (mm) para cada capital de provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....102

Figura 46: Precipitaciones de primavera observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.....104

Figura 47: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de primavera predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....106

Figura 48: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de primavera predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....107

Figura 49: Evolución anual prevista de la variable Precipitación de primavera (mm) para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....108

Figura 50: Precipitaciones de verano observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.110

Figura 51: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de verano predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....112

Figura 52: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de verano predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....113

Figura 53: Evolución anual prevista de la variable Precipitación de verano (mm) para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....114

Figura 54: Precipitaciones de otoño observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.116

Figura 55: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de otoño predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos

considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....118

Figura 56: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de otoño predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia % entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....119

Figura 57: Evolución anual prevista de la variable Precipitación de otoño (mm) para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....120

Figura 58: Precipitaciones de invierno observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.....122

Figura 59: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de invierno predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....124

Figura 60: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de invierno predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....125

Figura 61: Evolución anual prevista de la variable Precipitación de invierno (mm) para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....126

Figura 62: Precipitaciones en forma de nieve observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.....128

Figura 63: Precipitaciones en forma de nieve predichas por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.....130

Figura 64: Precipitaciones de nieve predichas por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.....131

Figura 65: Evapotranspiración observada en Andalucía durante el periodo 1961-2000.....134

Figura 66: Variación respecto al periodo de referencia, de la evapotranspiración predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....136

Figura 67: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de invierno predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).....	137
Figura 68: Evolución anual prevista de la variable Evapotranspiración (mm) para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	138
Figura 69: Número de meses con balance hídrico positivo observados en Andalucía durante el periodo 1961-2000.....	140
Figura 70: Variación respecto al periodo de referencia, del número de meses con balance hídrico positivo predicho por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.....	142
Figura 71: Variación respecto al periodo de referencia, del número de meses con balance hídrico positivo predicho por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.....	143
Figura 72: Evolución anual prevista de la variable Nº meses con balance hídrico positivo para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	144
Figura 73: Clasificación bioclimática de Andalucía durante el periodo 1961-2000.....	160
Figura 74: Clasificación bioclimática de Andalucía predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.	161
Figura 75: Clasificación bioclimática de Andalucía predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.	162

Índice de tablas

Tabla 1: Forzamiento radiativo total (FR), tendencia del FR y concentración de CO ₂ para los nuevos RCP (fuente: MAGRAMA, 2013).....	20
Tabla 2: Modelos utilizados en la generación de las proyecciones climáticas regionalizadas por métodos estadísticos en AEMET. Las columnas corresponden a: nombre del modelo, institución y referencias.....	23
Tabla 3: Variables y niveles de regionalización realizados.....	32
Tabla 4: Evolución anual prevista de la variable Temperatura media anual (°C) en Andalucía (media de las temperaturas medias mensuales). Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	37
Tabla 5: Evolución prevista de la variable Temperatura media mensual (°C) en Andalucía (media de las temperaturas medias diarias). Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	42
Tabla 6: Evolución anual prevista de la variable Temperatura máxima anual (°C) en Andalucía (media de las temperaturas máximas mensuales). Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	52
Tabla 7: Evolución anual prevista de la variable Temperatura mínima anual (°C) en Andalucía (media de las temperaturas mínimas mensuales). Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	63
Tabla 8: Evolución prevista de la variable N° días al año con temperaturas >40°C en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	74
Tabla 9: Evolución prevista de la variable número de noches al año con temperaturas >22°C en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	81
Tabla 10: Evolución anual prevista de la variable número de días con heladas en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	88
Tabla 11: Evolución anual prevista de la variable Precipitación anual (mm) en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia (en %) en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	96

Tabla 12: Evolución prevista de la variable Precipitación de primavera (mm) en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	105
Tabla 13: Evolución prevista de la variable Precipitación de verano (mm) en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	111
Tabla 14: Evolución prevista de la variable Precipitación de otoño (mm) en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	117
Tabla 15: Evolución prevista de la variable Precipitación de invierno (mm) en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	123
Tabla 16: Evolución anual prevista de la variable Precipitación de nieve (mm) en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia (en %) en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	129
Tabla 17: Evolución anual prevista de la variable Precipitación de nieve (mm) en las provincias de Almería, Granada y Jaén. Los valores entre paréntesis representan la diferencia (en %) en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	131
Tabla 18: Evolución prevista de la variable Precipitación de nieve (mm) en Sierra Nevada. Los valores entre paréntesis representan la diferencia (en %) en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	133
Tabla 19: Evolución anual prevista de la variable Evapotranspiración (mm) en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia (en %) en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	135
Tabla 20: Evolución anual prevista de la variable N° meses con balance hídrico positivo en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	141
Tabla 21: Evolución anual prevista de la variable temperatura media en los Parques Naturales de Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	146
Tabla 22: Evolución anual prevista de la variable precipitación acumulada en los Parques Naturales de Andalucía para el escenario RCP4.5 y modelo MIROC. Los valores entre paréntesis representan la diferencia (%) en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....	149

Tabla 23: Evolución anual prevista de la variable temperatura media en los Sistemas Hidrográficos de Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....151

Tabla 24: Evolución prevista de la variable temperatura máxima en las dos vertientes litorales de Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....157

Tabla 25: Evolución prevista de la variable precipitación acumulada anual en las dos vertientes litorales de Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.....158

1 Resumen ejecutivo

1.1 Descripción del trabajo

La Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM) ha producido una serie de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía a partir del último informe (AR5) del International Panel for Climate Change (IPCC). Se han generado simulaciones futuras en tres periodos, para 9 Modelos de Circulación General (MCGs), en 4 escenarios de emisiones (RCP26, RCP45, RCP60 y RCP85) y el escenario de referencia con el clima representativo del período 1961-2000.

El objeto de este trabajo consiste en el tratamiento de los datos de los escenarios climáticos de Andalucía, mediante técnicas de programación, para el posterior análisis de los resultados y elaboración del presente informe de análisis de las proyecciones de los escenarios climáticos regionales de Andalucía (AR5), en el marco de la elaboración del Plan Andaluz de Acción por el Clima.

Dado el elevado número de capas y la necesidad de asegurar la reproducibilidad, trazabilidad y robustez de los resultados presentados en el informe de síntesis, todo el procesamiento se ha realizado siguiendo los mejores estándares actuales en cuanto a computación reproducible (Wilson et al. 2014, 2017; Rodríguez-Sánchez et al. 2016, Stodden 2016). En concreto, se ha utilizado el lenguaje de programación y programa estadístico R para generar todas las figuras, mapas y tablas incluidos en la entrega final. El lenguaje R ha adquirido altas capacidades para el procesamiento SIG en los últimos años (Lovelace et al. 2018).

Así, para cada variable climática se han obtenido una serie de mapas, tablas y figuras, descriptivas de la proyección futura, así como de las diferencias con el periodo de referencia, en función del modelo climático y para cada escenario de emisiones. Además del ámbito regional, se han realizado análisis desagregados por provincia, zona bioclimática, espacios de la RENPA, sistemas hidrográficos, zonas costeras y principales ciudades.

Se han seleccionado 14 variables climáticas (Temperatura media; Temperatura máxima; Temperatura mínima; Número de días al año con temperatura superior a 40°C; Número de noches al año con temperatura superior a 22°C; Número de días con heladas; Precipitaciones anuales; Precipitación de primavera; Precipitación de verano; Precipitación de otoño; Precipitación de invierno; Precipitación en forma de nieve; Evapotranspiración de referencia; Número de meses con balance hídrico positivo), cuatro Modelos de Circulación General (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC) y dos escenarios de concentración de gases de efecto invernadero: uno intermedio y bastante probable (RCP4.5) y otro más extremo y de menor probabilidad (RCP8.5) (Hausfather and Peters, 2020). El periodo de referencia es el de 1961-2000 y las proyecciones son en los siguientes periodos: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099.

1.2 Resultados

Para cada una de las variables climáticas analizadas por escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (1961-2000, 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC) se presentan los resultados más destacables a nivel regional y para los diferentes análisis territoriales realizados.

Se predice un aumento generalizado de las temperaturas en Andalucía incluso para el escenario más moderado (RCP4.5). Los valores máximos de incremento de la temperatura media anual, se obtienen para el escenario 8.5, periodo 2071-2099 y modelo MIROC, con un valor de 6,5° C. En cuanto a la afección territorial, se ha observado que las zonas más perjudicadas serán las comarcas continentales, así como las de alta y media montaña como Sierra Nevada, Castril, Huetor, Baza, Mágina, Cazorra, o Norte de Sierra Morena (Despeñaperros, Andujar o Cardeña-Montoro), superando en todos los casos los 7° C. Resalta igualmente el hecho de que en el mes de julio los incrementos son mayores de los 10 °C en muchos de estos Espacios Naturales. La zona con influencia costera del oeste de Andalucía, junto con algunos puntos del litoral mediterráneo y del Levante almeriense, es la que presenta menores incrementos de temperatura. A nivel provincial, Jaén, Córdoba y Granada serán las provincias que experimentarán un mayor incremento de la temperatura media anual en los tres periodos estudiados.

Teniendo en cuenta que para el periodo de referencia (1961-2000) es la provincia de Sevilla la que presenta un valor más elevado de Tª máxima anual (24°C), las proyecciones señalan que para el modelo más desfavorable, durante el periodo 2011-2040 las provincias de Córdoba, Huelva y Sevilla sobrepasarían los 25°C de temperatura media de las máximas, durante el periodo 2041-2070 esas tres provincias sobrepasarían los 27,5°C y durante el periodo 2071-2099 serían las provincias de Córdoba, Huelva, Jaén y Sevilla las que sobrepasarían los 30°C.

En cuanto a las temperaturas máximas provinciales los mayores incrementos de la media anual, se obtienen para el escenario 8.5, periodo 2071-2099 y modelo MIROC, oscilando entre 6,4 y 8,4 ° C °C. El periodo con temperaturas superiores a 25°C se extiende, por lo que el periodo estival puede considerarse desde mayo hasta octubre, para todos los periodos. En los meses de julio y agosto se alcanzan medias de las máximas mensuales por encima de 42 grados, para el modelo MIROC, periodo 2071-2099 y escenario 8.5. En el escenario 4.5 los incrementos oscilan entre 1°C y por encima de 5°C y en el escenario 8.5 entre 1 y por encima de 9°C. Jaén será la provincia que sufrirá un mayor incremento en las temperaturas máximas mensuales durante el verano, con un aumento de 10,9°C en el mes de julio y 10,7°C en los meses de junio y septiembre (predicciones realizadas por el modelo MIROC para el escenario RCP8.5).

Durante el periodo de referencia (1961-2000), solamente las capitales de Córdoba y Sevilla superan los 24°C de temperatura máxima anual (media de las máximas mensuales), mientras que, durante el periodo 2011-2040, además de Córdoba y Sevilla serían Almería, Huelva y Jaén las que lo superarían,. Durante el periodo 2041-2070 Córdoba, Jaén y Sevilla superarían el límite de los 27°C, mientras que durante el periodo 2071-2099 Huelva sería la

única capital de provincia que no lo superaría. Los incrementos anuales oscilan entre los 0,4 y 2,2°C para el periodo 2011-2040 y entre los 1,6 y 4,6°C en el periodo 2071-2099.

En cuanto al número de días al año con temperaturas superiores a 40°C predichos para cada escenario, cabe destacar que durante el periodo 2041-2070 se espera un incremento de entre 9 y 26 días para el escenario RCP4.5 y entre 14 y 41 días para el escenario RCP8.5, mientras que durante el periodo 2071-2099 se espera un incremento de entre 15 y 35 días para el escenario RCP4.5 y entre 33 y 80 días para el escenario RCP8.5. Según las previsiones de los modelos, Córdoba, Málaga y Sevilla serán las capitales de provincia que experimentarán un mayor aumento del número de días al año con temperaturas superiores a 40°C, mientras que capitales como Cádiz y Almería serán las que experimentarán un menor aumento con respecto al periodo de referencia (1961-2000).

Se espera que el efecto de la costa no sea demasiado positivo en cuanto a suavizar las temperaturas máximas y sea negativo en cuanto a suavizar las temperaturas mínimas. Es por ello que el número de noches tropicales (con temperaturas superiores a 22°C) aumentará especialmente en las zonas de costa, y más aún en las de influencia Mediterránea. Para finales de siglo, los modelos predicen un aumento entre 20 y 45 noches al año para el escenario RCP4.5 y entre 39 y 92 noches al año para el escenario RCP8.5. Concretamente en el caso de Almería se espera que durante el periodo 2071-2099 se produzcan un mínimo de 85 noches tropicales y un máximo de más de 130, para el escenario RCP8.5.

En cuanto a las precipitaciones anuales destaca la variabilidad en las predicciones de los modelos. Para el escenario RCP4.5, la previsión más optimista es la realizada por el modelo CGCM3 para el periodo 2011-2040, en la que la precipitación anual aumentaría en toda Andalucía una media del 15%, aunque los menores incrementos de la precipitación se producirían en la zona sureste. Por otra parte, los modelos GFDL y MIROC predicen una disminución de las precipitaciones anuales, especialmente durante el periodo 2041-2070, en el que en algunas zonas se podrían producir disminuciones de entre el 20 y el 30 %. En el caso concreto de las precipitaciones de verano también existe una gran variabilidad en las predicciones de los modelos. Para el escenario RCP4.5, como predicción más optimista, el modelo GFDL predice que la precipitación de verano aumentaría prácticamente en toda Andalucía durante el periodo 2071-2099, hasta en un 40-50 % en algunos puntos del norte de la provincia de Córdoba. Por otra parte, los modelos ESM1 y MIROC en los dos periodos analizados, y el CGCM3 durante el periodo 2041-2070 predicen una disminución generalizada de las precipitaciones de verano, que en algunos puntos llegaría a sobrepasar el 40 %. También es destacable que al disminuir los valores generales de las precipitaciones se incrementará el periodo seco, lo que aumentará el estrés hídrico, ya que las precipitaciones quedarán concentradas en periodos más cortos.

El Parque Natural de Sierra Nevada y el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas experimentarán un descenso en las precipitaciones en forma de nieve. En el caso del Parque Natural de Sierra Nevada los modelos GFDL y MIROC predicen una disminución de las precipitaciones en forma de nieve que llegarían a un 94 y 99% respectivamente durante el periodo 2071-2099 (escenario RCP8.5). En el caso del Parque Natural de las Sierras de

Cazorla, Segura y las Villas las previsiones más extremas conllevarían unos descensos del 96 y 100% respectivamente durante los periodos 2040-2071 y 2071-2099 (escenario RCP8.5).

Los valores de la evapotranspiración aumentarán con el paso del tiempo. Los mayores incrementos se producirán en Sierra Morena y los Sisemas Béticos.

Las zonas con mayor número de meses con balance hídrico positivo se centran en las regiones montañosas, mientras que en el este de la Comunidad (práctica totalidad de la provincia de Almería) estos valores decrecen hasta desaparecer. Según las predicciones de los modelos, el número de meses con balance hídrico positivo en Andalucía podría pasar de 5,8 a 4,2 meses (escenario RCP4.5) o incluso llegar a 3,5 meses (escenario RCP8.5).

En cuanto a la evolución de las zonas bioclimáticas, en el escenario 4.5, los modelos GFDL y MIROC son los que predicen un mayor aumento de la zona bioclimática subdesértica, especialmente durante los periodos 2041-2070 y 2071-2099, en los que se extiende hacia amplias zonas del valle del Guadalquivir y estaría representado en todas las provincias andaluzas. Las zonas continentales y subcontinentales de inviernos fríos quedarían reducidas en gran medida. La zona subcontinental de veranos cálidos se iría desplazando hacia el noreste. Por otro lado, los modelos CGCM3 y ESM1 predicen un aumento de la zona subcontinental de veranos cálidos, que llegaría a ser mayoritaria en la provincia de Jaén durante el periodo 2071-2099.

2 Objeto

En el presente documento se realiza una descripción de los resultados de las proyecciones de las principales variables climáticas elaboradas en los escenarios climáticos regionales de Andalucía basados en los escenarios publicados por el IPCC en su 5º Informe (AR5).

La información originaria consiste en las proyecciones de los escenarios climáticos regionales según el AR5 elaborados por la REDIAM. Se trata de las proyecciones de 30 variables climáticas según 9 Modelos de Circulación General (MCGs). En el presente informe se analizan 4 MCGs (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC) en 2 escenarios de emisiones (RCP4,5 y RCP8,5) y el escenario de referencia único de partida, o clima del pasado (1961-2000).

3 Antecedentes

En 2014, el IPCC finalizó el Quinto Informe de Evaluación¹ preparado por tres Grupos de Trabajo, que comprende las siguientes contribuciones:

1 PCC. 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

- Grupo de Trabajo I: Bases físicas.
- Grupo de Trabajo II: impactos, adaptación y vulnerabilidad.
- Grupo de Trabajo III: Mitigación del cambio climático.
- Informe de síntesis.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue creado en 1988 para que facilitara evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta.

En comparación con los informes anteriores, en el Quinto Informe de Evaluación se hace más hincapié en la evaluación de los aspectos socioeconómicos del cambio climático y sus consecuencias para el desarrollo sostenible, los aspectos regionales, la gestión del riesgo y la elaboración de una respuesta mediante la adaptación y la mitigación.

Una de las principales novedades del Quinto Informe de Evaluación es que los escenarios propuestos contemplan los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XX frente a los escenarios de emisión utilizados en el Cuarto Informe de Evaluación (denominados SRES, por sus siglas en inglés) que no contemplaban los efectos de las posibles políticas o acuerdos internacionales tendentes a mitigar las emisiones.

Se han definido 4 nuevos escenarios de emisión denominados Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés) que se basan en el tamaño de la población, la actividad económica, el estilo de vida, el uso de la energía, los patrones de uso del suelo, la tecnología y la política climática. Estas denominadas Trayectorias de Concentración Representativas se caracterizan por su Forzamiento Radiativo total (diferencia entre la insolación absorbida por la Tierra y la energía irradiada de vuelta al espacio) para el año 2100 que oscila entre 2.6 y 8.5W/m² (Tabla 1). El término "representativa" significa que cada trayectoria de concentración ofrece uno de los muchos posibles escenarios que conducirían a las características específicas de forzamiento radiativo. El término trayectoria hace hincapié en que únicamente son de interés los niveles de concentración a largo plazo, pero también indica el camino seguido a lo largo del tiempo para llegar al resultado en cuestión (Moss et al., 2010).

Tabla 1: Forzamiento radiativo total (FR), tendencia del FR y concentración de CO₂ para los nuevos RCP (fuente: MAGRAMA, 2013).

	FR	Tendencia del FR	[CO₂] en 2100
RCP2.6	2.6 W/m ²	Decreciente en 2100	421 ppm
RCP4.5	4.5 W/m ²	Estable en 2100	538 ppm
RCP6.0	6.0 W/m ²	Estable	670 ppm
RCP8.5	8.5 W/m ²	Estable	936 ppm

Dichas trayectorias incluyen un escenario de mitigación estricto que tiene por objetivo que sea probable mantener el calentamiento global a menos de 2°C por encima de las temperaturas preindustriales (RCP2.6), dos escenarios intermedios (RCP4.5 y RCP6.0), y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP8.5). Las trayectorias se ajustan a los diversos escenarios en los estudios de mitigación evaluados por el Grupo de Trabajo III (Figura 1).

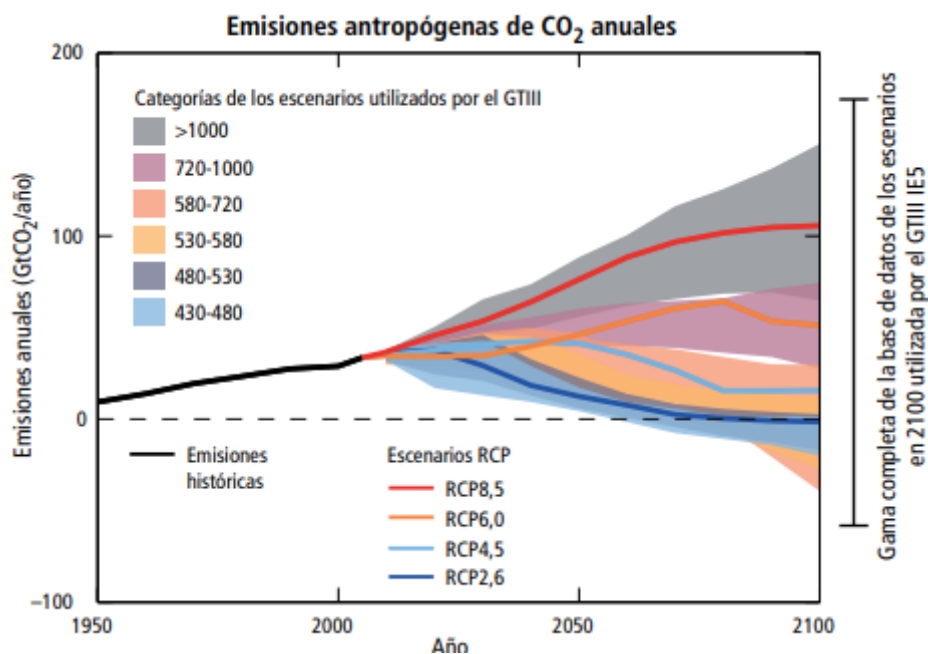


Figura 1: Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) únicamente en las Trayectorias de Concentración Representativas (RCP) (líneas) y las categorías de escenarios asociados utilizados por el Grupo de trabajo III (las áreas coloreadas muestran el rango del 5% al 95%)².

Este nuevo enfoque enfatiza que, en el funcionamiento del sistema climático, lo que afecta mayormente no es tanto la cantidad de gases de efecto invernadero emitida a la atmósfera, sino la forma en la que esos gases modifican el equilibrio energético del planeta³. Algunos de los nuevos RCP permiten contemplar los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XXI. Cada RCP tiene asociada una base de datos

2 IPCC. 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

3 Amblar-Francés P., Casado-Calle M. J., Pastor-Saavedra M. A., Ramos-Calzado P., Rodríguez-Camino, E. 2017. Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio.

espacial de alta resolución de emisiones de sustancias contaminantes (clasificadas por sectores), de emisiones y concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI) y de usos de suelo hasta el año 2100, basada en una combinación de modelos de distinta complejidad de la química atmosférica y del ciclo del carbono.

Esto permite tener en cuenta las realimentaciones entre los escenarios de emisiones y las condiciones socio-económicas; y las proyecciones del clima, la química de la atmósfera y el ciclo del carbono.

3.1 Modelos de Circulación General

Los Modelos de Circulación General (GCMs por sus siglas en inglés), representan procesos físicos en la atmósfera, océano, criósfera y superficies terrestres. Estos modelos son la herramienta disponible más avanzada para simular la respuesta de un sistema global en el incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero y se utilizan como herramienta de investigación, para estudiar y simular el clima, y con fines operativos, para generar predicciones climáticas mensuales, estacionales e interanuales⁴.

Los GCMs ofrecen la posibilidad de anticipar la forma en que el sistema climático podrá ser modificado por la actividad humana en los siglos venideros. Las mejoras implementadas durante las últimas décadas hacen que su realismo sea mayor, aunque estos todavía presentan sesgos que afectan a las proyecciones del clima futuro.

Los modelos climáticos han mostrado una señal sustancial y robusta de calentamiento del sistema climático, resultante del incremento de las concentraciones de los GEI, a lo largo de varias generaciones de desarrollo de los modelos. Sin embargo, estos modelos tienen que incorporar parametrizaciones para representar aquellos procesos que no son capaces de resolver de forma explícita. Estas parametrizaciones, por un lado, pueden variar de un modelo a otro y, por otro lado, no afectan por igual a todas las variables climáticas. Ello da lugar a que la fiabilidad de las proyecciones de ciertas variables (p. ej., la temperatura) sea mayor que la de las proyecciones de otras (p. ej. la precipitación); y queda reflejado en sus incertidumbres (Amblar-Francés et al., 2017). En general, la mayoría de los modelos simulan razonablemente bien el sistema climático, no existiendo un único modelo o subconjunto de modelos que sobresalga, aunque las proyecciones climáticas pueden diferir de unos modelos a otros y de unas zonas a otras (IPCC, 2013). En la Tabla 2 se presentan los modelos utilizados en la generación de las proyecciones climáticas regionalizadas por métodos estadísticos en AEMET.

4 Amblar-Francés P., Casado-Calle M. J., Pastor-Saavedra M. A., Ramos-Calzado P., Rodríguez-Camino, E. 2017. Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio.

Análisis de los Escenarios de Clima de Andalucía (AR5)

Tabla 2: Modelos utilizados en la generación de las proyecciones climáticas regionalizadas por métodos estadísticos en AEMET. Las columnas corresponden a: nombre del modelo, institución y referencias.

Modelo	Institución	Referencias
ACCESS1.0	Commonwealth Scientific and Industrial Research Org. (CSIRO) y Bureau of Meteorology (BoM), Australia	Bi et al. (2013)
ACCESS1.3	CSIRO BoM, Australia	Bi et al. (2013)
Bcc-csm1.1	Beijing Climate Center, China	Wu et al. (2013), Xiao-Ge et al. (2013)
Bcc-csm1.m	Beijing Climate Center, China	Wu et al.(2013)
BNU-ESM	College of Global Change and Earth System Science (GCESS) Beijing Normal University, China	Ji et al. (2014)
CanESM2	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (CCCma), Canadá	Arora et al. (2011)
CMCC-CESM	Centro Euro-Mediterraneo per I Cambiamenti Climatici (CMCC), Italia	Hurrell et al. (2013)
CMCC-CM	CMCC, Italia	Scoccimarro et al. (2011)
CMCC-CMS	CMCC, Italia	Weare et al. (2012)
CNRM-CM5	Centre National de Recherches Météorologiques/Centre Européen de Recherche et Formation Avancée en Calcul Scientifique (CNRM-CERFACS), Francia	Voltaire et al. (2013)
CSIRO-Mk3.6.0	CSIRO in collaboration with Queensland Climate Change Centre of Excellence (QCCCE), Australia	Gordon et al. (2002)
GFDL-ESM2G	NOAA/Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL), USA	Donner et al. (2011)
GFDL-ESM2M	NOAA/GFDL, USA	Donner et al. (2011)
HadGEM2-CC	Met Office, R. Unido	Martin et al. (2011)
Inm-cm4	Institute of Numerical Mathematics, Rusia	Volodin et al. (2010)
IPSL-CM5A-LR	Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), Francia	Dufresne et al. (2013)
IPSL-CM5A-MR	IPSL, Francia	Dufresne et al. (2013)
IPSL-CM5B-LR	IPSL, Francia	Dufresne et al. (2013)
MIROC5	Atmosphere and Ocean Research Institute (AORI) National Institute for Environmental Studies (NIES) JAMSTEC, Japón	Watanabe et al. (2011)
MIROC-ESM	AORI NIES JAMSTEC, Japón	Watanabe et al. (2011)
MIROC-ESM-CHEM	AORI NIES JAMSTEC, Japón	Watanabe et al. (2011)
MPI-ESM-LR	Max-Planck-Institut (MPI) for Meteorology, Alemania	Giorgetta et al. (2013)
MPI-ESM-MR	Max-Planck-Institut (MPI) for Meteorology, Alemania	Giorgetta et al. (2013)
MRI-CGCM3	Meteorological Research Institute, Japón	Yukimoto et al. (2012)

3.2 Métodos de *downscaling* estadístico y dinámico

Como se ha expuesto anteriormente, las herramientas más potentes desarrolladas para la generación de las proyecciones futuras del clima son los Modelos de Circulación General. A día de hoy, estos modelos trabajan a resoluciones espaciales de unos 200 km con lo que una resolución tan grande como esta provoca que la información suministrada sobre el clima sea inadecuada si vamos a usar ésta como variable de entrada para un modelo de impacto^{5,6}.

Los estudios de impacto son esenciales para el diseño de las políticas de adaptación que tratan de minimizar los impactos negativos del cambio climático y de aprovechar los positivos. Para poder resolver este desajuste, en las últimas décadas se ha realizado un esfuerzo considerable en el desarrollo de diferentes estrategias que permitan inferir información de alta resolución a partir de las variables de baja resolución, es decir, 'proyectar de forma precisa la información disponible a gran escala sobre la escala regional'⁷. Estas estrategias se denominan técnicas de *downscaling* (o de regionalización o de reducción de escala).

5 von Storch H. 1994. Inconsistencies at the interface of climate impact studies and global climate research. Max Planck Institute for Meteorology Technical Report 122.

6 Mearns L.O. 1997. On the statistical evaluation of climate model experiments - Comment. *Clim Change* 37:443-448.

7 von Storch H., Zorita E., Cubasch U. 1993. Downscaling of Global Climate Change Estimates to Regional Scales: An Application to Iberian Rainfall in Wintertime. *Journal of Climate*, Volume 6, pp. 1161-1171.

Existen dos grandes familias distintas para realizar el downscaling^{8,9}:

- *Downscaling dinámico*^{10,11}: consiste en obtener campos de alta resolución anidando un modelo climático regional dentro del propio GCM^{12,13}, o utilizando un GCM de resolución variable (la denominada stretching technique)¹⁴.
- *Downscaling estadístico*^{15,16}: consiste en obtener los predictandos de alta resolución (las variables de superficie) aplicando relaciones previamente identificadas en el clima observado entre estos predictandos y campos predictores de gran escala a las salidas de los GCMs.

8 Murphy J. 1999. An evaluation of statistical and dynamical techniques for downscaling local climate. *J Climate* 12:2256-2284.

9 Fowler H.J., Blenkinsop S., Tebaldi C. 2007. Linking climate change modelling to impacts studies: recent advances in downscaling techniques for hydrological modelling. *Int. J. Climatol.*, 27: 1547–1578. doi: 10.1002/joc.1556.

10 Giorgi F, Francisco R. 2001. Uncertainties in the prediction of regional climate change. *Global Change and Protected Areas* 9:127-139.

11 Christensen J.H., Carter T.R., Rummukainen M. 2007. Evaluating the performance and utility of regional climate models: the PRUDENCE project. *Clim Change* 81:1-6.

12 Giorgi F., Shields Brodeur C., Bates G.T. 1994. Regional climate change scenarios over the United States produced with a nested regional climate model. *J Climate* 7:375-399.

13 Jones R.G., Murphy J.M., Noguer M., Keen B. 1997. Simulation of climate change over Europe using a nested regional-climate model. II: Comparison of driving and regional model responses to a doubling of carbon dioxide. *Q J R Meteorol Soc* 123:265-292.

14 Déqué M., Piedelievre J.P. 1995. High resolution climate simulations over Europe. *Clim Dyn* 11:321-339.

15 Wilby R.L., Charles S.P., Zorita E., Timbal B., Whetton P., Mearns L.O. 2004. Guidelines for use of Climate Scenarios Developed from Statistical Downscaling Methods. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Task Group on Data and Scenario Support for Impacts and Climate Analysis (TGICA), available from http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/guidelines/StatDown_Guide.pdf.

16 Imbert A., Benestad R. 2005. An improvement of analog model strategy for more reliable local climate change scenarios. *Theor Appl Climatol* 82:245–255. doi:10.1007/s00704-005-0133-4.

Ambos métodos tienen sus ventajas y sus desventajas, y ambos requieren algunas suposiciones iniciales que no pueden ser verificadas en un contexto de cambio climático¹⁷ y por lo tanto contribuyen por sí mismos a la cascada de incertidumbre que se manifiesta en las simulaciones finales del clima. Así y todo, se pueden utilizar varios criterios para ayudar en la selección del enfoque más adecuado dependiendo de la aplicación final¹⁸.

La necesidad de tener en cuenta las incertidumbres propias de un escenario climático (debido a razones tales como las propias incertidumbres en las condiciones iniciales de los campos atmosféricos, en los escenarios de forzamiento, en la sensibilidad climática de los GCMs, o en su fiabilidad al llevar a cabo una reducción de escala) en un marco general de evaluación de riesgos conduce a la necesidad de proyecciones climáticas probabilísticas.

En este contexto, los métodos estadísticos son una opción muy buena a la hora de realizar un downscaling. Sus necesidades relativamente pequeñas en términos de datos disponibles de los GCMs y de recursos computacionales los hacen muy relevantes para conseguir el procesamiento de la creciente cantidad de simulaciones disponibles de GCMs. Además, cuando se necesita información local de muy alta resolución, los métodos estadísticos funcionan mejor que los dinámicos (al menos a día de hoy)¹⁹ debido a que la resolución de los modelos dinámicos actuales (ya sean anidados o de tipo stretched) es todavía demasiado grande (y al hecho de que los modelos climáticos regionales no utilizan las observaciones locales que implícitamente permitirían capturar las características meteorológicas locales). La mayor capacidad de diagnóstico de los métodos estadísticos aplicados a escala local está unánimemente aceptada en el marco de la predicción meteorológica operativa, donde los sistemas de reinterpretación estadísticos son la principal herramienta para la obtención de la información local.

Durante las últimas décadas, los estudios estadísticos del clima de largo plazo han detectado cambios relativamente pequeños en comparación con la variabilidad interanual. Esta variabilidad ofrece una forma indirecta de evaluar la estabilidad de las relaciones estadísticas utilizadas para la reducción de escala en un contexto climático futuro. En ese contexto se pueden identificar dos requisitos obligatorios para el buen funcionamiento de una metodología de downscaling estadístico: el primer requisito es que

17 Giorgi F, Francisco R. 2001. Uncertainties in the prediction of regional climate change. *Global Change and Protected Areas* 9:127-139.

18 Wilby RL, Charles SP, Zorita E, Timbal B, Whetton P, and Mearns LO (2004) Guidelines for use of Climate Scenarios Developed from Statistical Downscaling Methods. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Task Group on Data and Scenario Support for Impacts and Climate Analysis (TGICA), available from http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/guidelines/StatDown_Guide.pdf.

19 van der Linden P., Mitchell J.F.B. (eds.) 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, UK. 160pp. http://ensembles-eu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf (see. p 68) Accessed 10 February 2012.

el rendimiento debe ser igualmente bueno en diferentes escalas de tiempo (diario, estacional, anual, década,...)²⁰. El segundo requisito es que prácticamente todas las posibles situaciones de los predictores que aparezcan en el posible clima futuro proporcionado por las simulaciones de los GCMs deben estar dentro del rango de aplicabilidad de las relaciones estadísticas que ha determinado el periodo de calibración del método.

3.3 Red de estaciones meteorológicas de Andalucía

En Andalucía existe una gran red de estaciones meteorológicas que albergan un conjunto de instrumentos destinados a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas como la temperatura del aire, la presión atmosférica, las precipitaciones, la humedad relativa del aire o la velocidad y dirección del viento, entre otras, para diferentes usos entre los que destacan la elaboración de predicciones meteorológicas y el estudio del clima²¹.

Las estaciones meteorológicas se encuentran distribuidas por toda Andalucía agrupadas en distintas redes. Se ubican en determinados lugares, estratégicos desde el punto de vista de la toma de datos según el objetivo final para el que las redes fueron diseñadas. En total, se dispone de datos de más de dos mil observatorios meteorológicos (más de un tercio de ellos activos) pertenecientes a diferentes redes, entre las que se incluyen numerosas estaciones pertenecientes a centros y grupos de investigación que han cedido sus datos para su consulta a través del Subsistema de Información de Climatología Ambiental (CLIMA), cuyos datos fueron utilizados para extraer las series históricas climáticas analizadas en el presente documento. La información puntual que suministran acerca de las distintas variables meteorológicas es gestionada por diferentes organismos y entidades en función de las necesidades que haya en cada caso.

En Andalucía, como se ha comentado, hay diferentes redes de observación meteorológica, siendo las más relevantes las gestionadas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMet) y por la Consejería de Agricultura, Ganadería Pesca y Desarrollo sostenible.

La red de observatorios de la Consejería de Medio Ambiente se compone de dos redes de observación concebidas con objetivos diferentes:

- Red de Estaciones Automáticas y Remotas de Meteorología (Red EARM): Gestionada a través del Centro Operativo Regional de Prevención y Extinción de Incendios. Compuesta por más de 40 estaciones distribuidas en zonas forestales de especial interés.
- Red del Sistema de Información de Vigilancia Ambiental (Red SIVA): Perteneciente a la Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental de la Consejería de Medio

20 Wilby RL, Wigley TML (1997) Downscaling general circulation model output: a review of methods and limitations. *Prog Phys Geogr* 21:530-548.

21 www.juntadeandalucia.es

Ambiente, dispone de cerca de 80 cabinas de medida de contaminación que cuentan además con sensores meteorológicos. Esta red se encuentra distribuida fundamentalmente en zonas urbanas e industriales con lo que, si bien su interés es escaso para el estudio del clima regional, pueden ser muy útiles para el estudio del comportamiento del clima urbano.

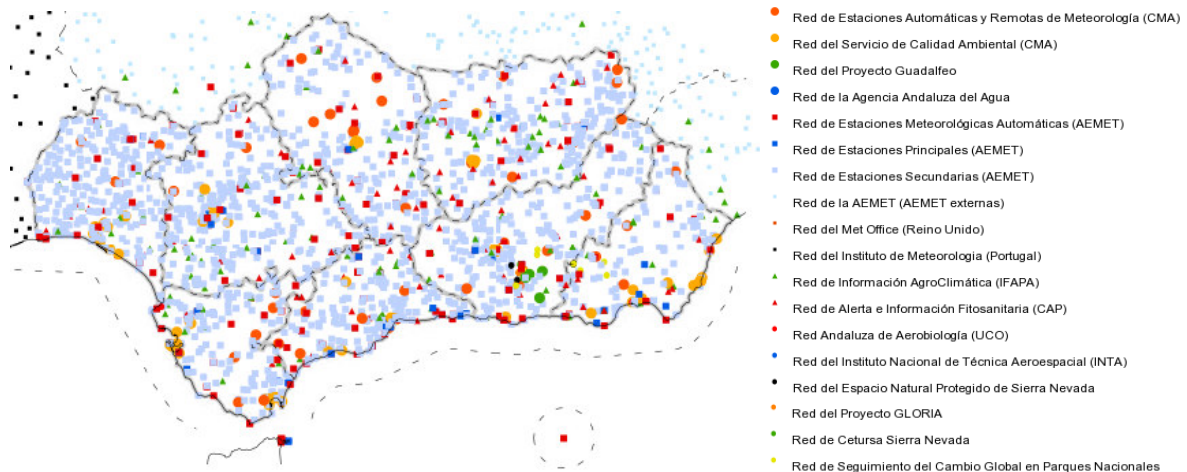


Figura 2: Estaciones meteorológicas integradas en el Subsistema de Información de Climatología Ambiental (CLIMA). Fuente: Servicio WMS de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

Andalucía se caracteriza dentro del tipo climático mediterráneo, aunque hay que tener en cuenta que tanto los factores geográficos de la comunidad como la disposición del relieve y la altimetría, establecen cierta regionalización climática con diversas zonas bioclimáticas diferentes. Esa variedad climática que existe en Andalucía le permite ser una región de paisajes ricos y diversos.

El subsistema Clima de la REDIAM fue utilizado para extraer las series históricas climáticas desde las que se han obtenido las fuentes de datos origen para el presente trabajo.

3.4 Zonas bioclimáticas

En Andalucía existen 6 zonas bioclimáticas obtenidas mediante el uso de un algoritmo de clasificación no supervisado de cinco variables bioclimáticas continuas: DF o disponibilidad neta anual de tiempo para la función fotosintética, TMMF o temperatura media del mes más frío, temperatura media del mes más cálido o TMMC, número de días de helada NDF y número de días de calor NDC (Figura 3). Estas variables representan dos principios básicos en ecología, la “producción primaria” y el principio de “Liebig o factor limitante.”

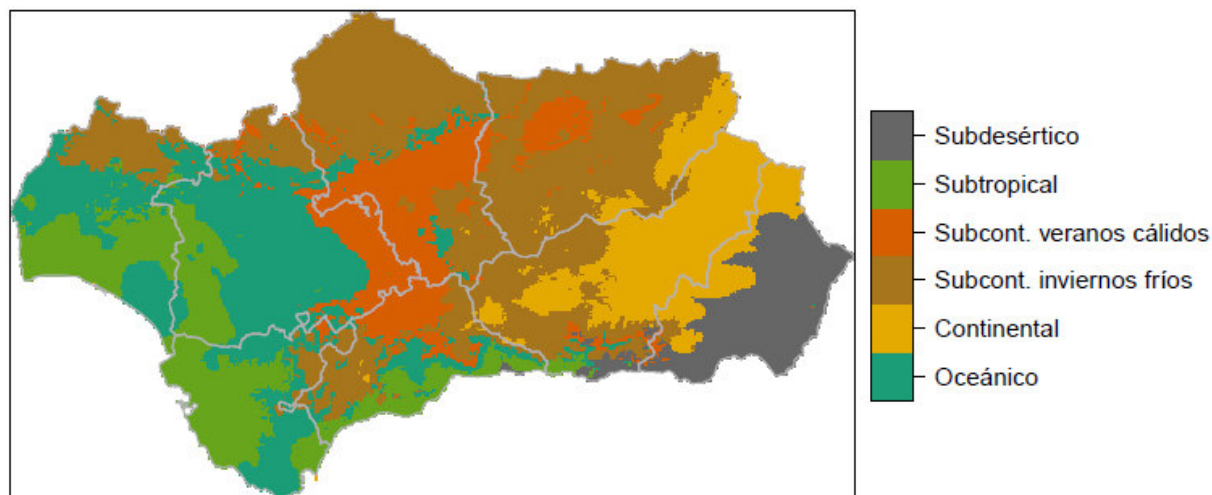


Figura 3: Clasificación bioclimática de Andalucía.

A continuación, se realiza una descripción de las 6 zonas bioclimáticas presentes en Andalucía:

Mediterráneo subdesértico: Ocupa la zona con influencia costera del este de Andalucía. Se caracteriza por sus temperaturas suaves, ausencia de heladas y muy bajas precipitaciones.

Mediterráneo subtropical: Zona que se caracteriza por las temperaturas suaves y ausencia de heladas. Las precipitaciones son variables, aumentando según se avanza hacia el oeste, o en altitud. Es muy semejante a la zona del mediterráneo oceánico, distinguiéndose por su casi nulo número de días de frío, y bajo número de días de calor.

Mediterráneo sub-continental de veranos cálidos: Se extiende por el Valle Medio del Guadalquivir. A modo de corona, se transforma en la zona del mediterráneo sub-continental de inviernos fríos cuando el carácter continental se hace más severo. Se caracteriza por presentar temperaturas medias anuales elevadas y por tener veranos muy cálidos. Los inviernos son frescos y con heladas ocasionales. Las precipitaciones presentan sus máximos en primavera y otoño.

Mediterráneo sub-continental de inviernos fríos: Ocupa casi toda la zona interior y elevada que rodea al Valle del Guadalquivir, penetrando hacia Andalucía Oriental hasta la misma base de las cadenas montañosas donde deriva a la zona del mediterráneo continental. Sus veranos son cálidos, aunque no tanto como en la zona del mediterráneo sub-continental de veranos cálidos, y los inviernos muy fríos, con un alto número de heladas.

Mediterráneo continental: Se caracteriza por presentar inviernos muy fríos y largos, y veranos muy cortos y poco calurosos. Buena parte de sus precipitaciones lo hace en forma de nieve.

Mediterráneo oceánico: Esta zona ocupa toda la región influenciada por la costa Atlántica Andaluza, que suaviza las temperaturas y aporta una humedad notable a la región. Ascende por el Valle Bajo del Guadalquivir hasta transformarse en la zona del mediterráneo sub-continental de veranos cálidos.

4 Metodología

La Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM) ha producido una serie de escenarios climáticos regionalizados para Andalucía a partir del último informe (AR5) del Panel Internacional para el Cambio Climático (IPCC). En este informe de síntesis se analizan los resultados para 14 variables climáticas (Temperatura media; Temperatura máxima; Temperatura mínima; Número de días al año con temperatura superior a 40°C; Número de noches al año con temperatura superior a 22°C; Número de días con heladas; Precipitaciones anuales; Precipitación de primavera; Precipitación de verano; Precipitación de otoño; Precipitación de invierno; Precipitación en forma de nieve; Evapotranspiración de referencia; Número de meses con balance hídrico positivo), cuatro Modelos de Circulación General (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC) y dos escenarios de concentración de gases de efecto invernadero: uno intermedio y como se ha comentado, con mayor probabilidad de ocurrencia, (RCP4.5) y otro más extremo con menor probabilidad, pero que debido a su severidad se ha considerado oportuno incluir en el presente informe (RCP8.5).

La información de partida se basa en aproximadamente unos 1.600 archivos GIS (formato ráster) correspondientes a las proyecciones de los escenarios climáticos regionales según el AR5 elaborados por la REDIAM a nivel regional, para cada uno de los cuatro modelos mencionados, dos escenarios y el escenario de referencia y aplicando los métodos de downscaling estadístico.

En el presente trabajo se ha realizado el tratamiento de los datos con la intención de poder realizar comparativas y análisis de las proyecciones, según los diferentes escenarios y modelos, respecto al periodo de referencia. El tratamiento de estos datos ha permitido la obtención tablas, mapas y figuras, así como el posterior análisis de los resultados y su incorporación al presente informe de análisis de las proyecciones de los escenarios climáticos regionales de Andalucía (AR5), en el marco de la elaboración del Plan Andaluz de Acción por el Clima.

Dado el elevado número de capas GIS y la necesidad de asegurar la reproducibilidad, trazabilidad y robustez de los resultados presentados en el informe de síntesis, todo el procesamiento se ha realizado siguiendo los más reconocidos estándares actuales en cuanto a computación reproducible (Wilson et al. 2014, 2017; Rodríguez-Sánchez et al. 2016, Stodden 2016). En concreto, se ha utilizado el lenguaje de programación y programa estadístico R para generar todas las figuras, mapas y tablas incluidos en la entrega final. El lenguaje R ha adquirido altas capacidades para el procesamiento SIG en los últimos años (Lovelace et al. 2018).

Se han desarrollado scripts de código R y plantillas de documentos en formato Rmarkdown para procesar todas las capas espaciales de manera automática, estandarizada y reproducible, de manera que puede trazarse el procesamiento ejecutado desde los datos originales (capas ráster) hasta los valores, mapas y tablas incluidos en el informe.

Para cada variable climática se han generado centenares de mapas y tablas comparando los escenarios climáticos en función del modelo climático, escenario, período, y

Análisis de los Escenarios de Clima de Andalucía (AR5)

considerando también el ámbito regional, incluyendo análisis desagregados por provincia, zona bioclimática, espacios de la RENPA, demarcaciones hidrográficas, zonas costeras y principales ciudades. Estos resultados se han integrado posteriormente en este informe de síntesis, destacando los resultados principales y más relevantes.

Análisis de los Escenarios de Clima de Andalucía (AR5)

La Tabla siguiente pueden observarse los diferentes niveles de regionalización realizados por variable, así como la frecuencia de la variable analizada:

Tabla 3: Variables y niveles de regionalización realizados

Variable	Regional	Zonas bioclimáticas	Demarcaciones hidrográficas	REMPA	Capitales provincia	Provincia	Costas	Periodicidad
Temperatura media	*				*	*		Anual y Mensual
Temperatura máxima	*				*	*		Anual y Mensual
Temperatura mínima	*				*	*		Anual y Mensual
Número de días con $T \geq 40^{\circ}\text{C}$	*				*			Anual
Número de días con noches tropicales ($T_{\text{min}} \geq 22^{\circ}\text{C}$)	*				*			Anual
Número de días con heladas ($T_{\text{min}} \leq 0^{\circ}\text{C}$)	*				*	*		Anual
Precipitación acumulada	*				*	*		Anual
Precipitación de primavera	*					*		Primavera
Precipitación de verano	*					*		Verano
Precipitación de otoño	*					*		Otoño
Precipitación de invierno	*					*		Invierno
Precipitación de nieve (mm)	*			*(Sierra Nevada)		*		Invierno
Balance Hídrico	*					*		Anual y número de meses con balance hídrico positivo
Evapotranspiración de referencia (mm)	*					*		Anual y mensual

Los sombreados reflejan los análisis realizados y presentes en formato digital (documentación complementaria). Con asterisco se han marcado los diferentes análisis que se han detallado en el presente informe.

Los resultados de este trabajo han sido los siguientes:

- Informe descriptivo denominado Análisis de los Escenarios Climáticos Regionales de Andalucía (AR5)
- Para cada variable climática,
 - Tablas resultantes (en formato de Excel) del tratamiento de datos en los que se muestran los valores proyectados de cada una de las variables climáticas, así como sus incrementos o diferencias con los valores de referencia para cada modelo de circulación, escenario climático y análisis territorial definido.
 - Mapas resultantes del tratamiento de datos en los que se muestran valores proyectados de cada una de las variables climáticas, así como sus incrementos o diferencias con los valores de referencia para cada modelo de circulación y escenario climático a nivel regional.
 - Figuras a nivel regional, para cada modelo de circulación y escenario climático, generadas a partir de las capas ráster origen

La información se ha entregado en formato digital, agrupando la misma de la siguiente manera:

- La información alfanumérica (datos en formato Excel) ha sido organizada para los diferentes ámbitos territoriales. De este modo, en cada uno de dichos ámbitos pueden encontrarse los datos correspondientes a cada una de las variables.
- Los mapas se han obtenido a nivel regional, para cada variable, escenario y modelo.
- La información denominada tablas y figuras se ha entregado por ámbito territorial, entregando para cada variable una tabla y gráfica a nivel regional. Además, se ha entregado para cada región una gráfica por variable (ver documento explicativo de entrega de datos)

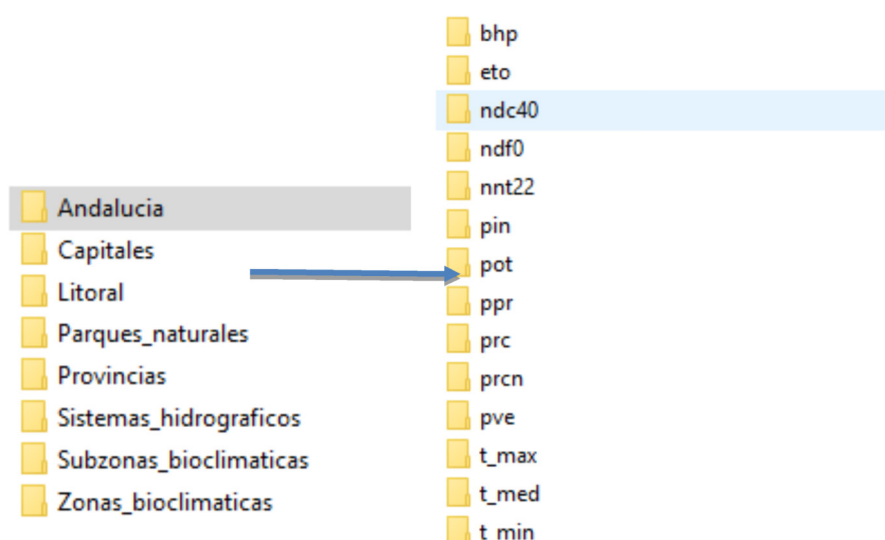


Figura 4: Estructura de datos alfanuméricos

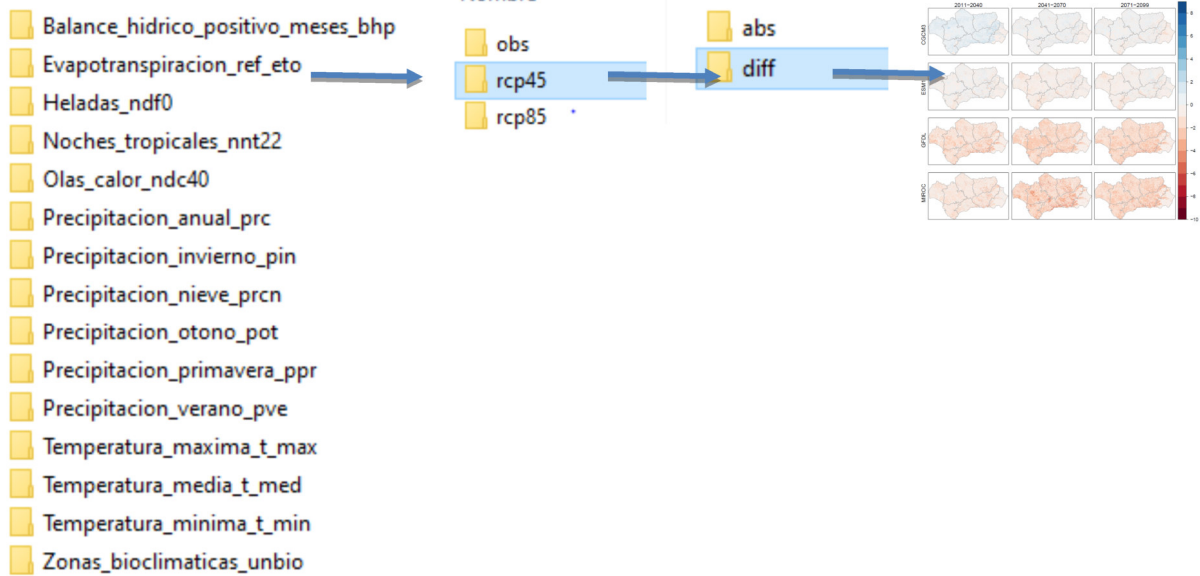


Figura 5: Estructura de información cartográfica (mapas)

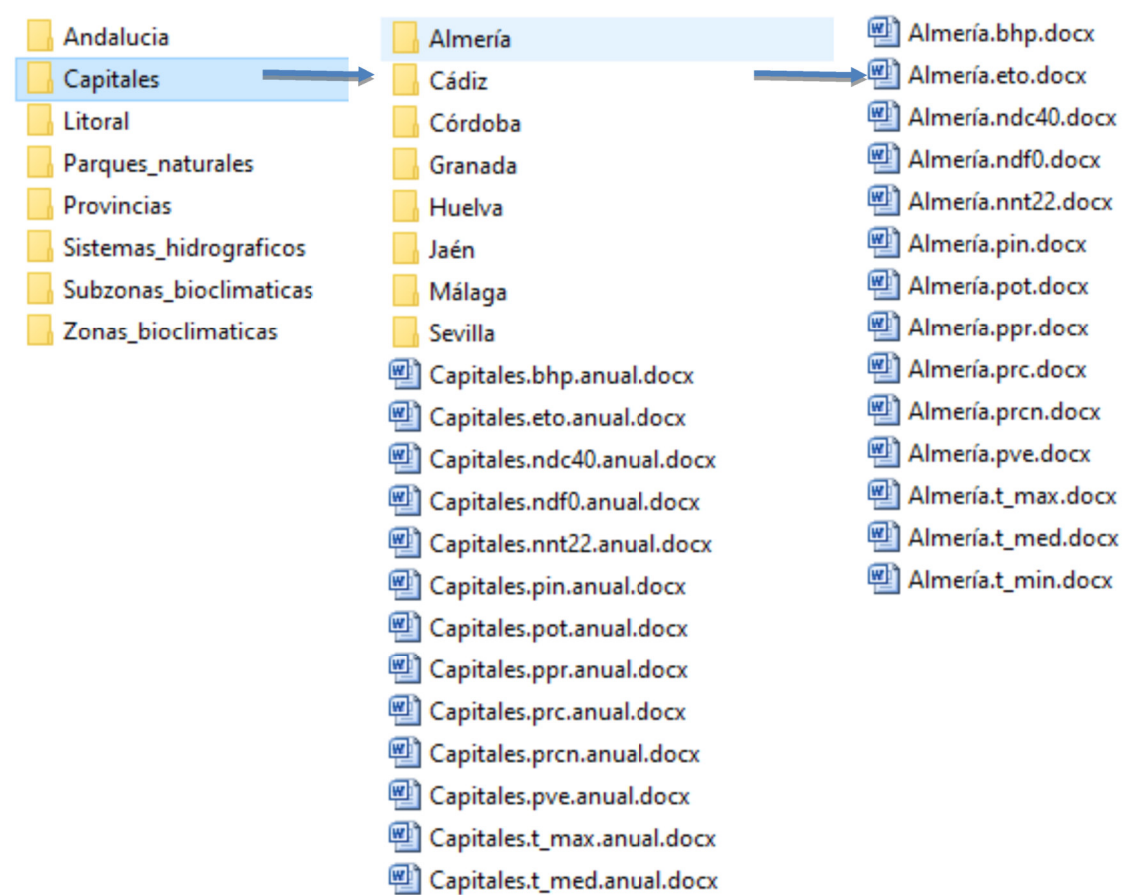


Figura 6: Estructura de información gráfica: tablas-figuras

5 Resultados por variable climática

En el presente apartado se presentan los resultados para cada una de las variables climáticas analizadas por escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (1961-2000, 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

Como se ha mencionado anteriormente, cada variable se ha analizado en un nivel de regionalización diferente. Así por ejemplo la temperatura y precipitación anual se han analizado y descrito en este informe a nivel regional, de capital y provincial. Variables como el número de días al año con temperaturas superiores a 40°C se han descrito a nivel de capital de provincia, puesto que el ámbito provincial es demasiado heterogéneo. La precipitación en forma de nieve se ha descrito, además de a nivel regional y provincial, en el Parque de Sierra Nevada, dada su relevancia en la comunidad. Los análisis comparativos entre los escenarios futuros y de referencia se presentan en modo de valores numéricos para las temperaturas y en porcentaje para las precipitaciones.

5.1 Temperatura media

A continuación, se muestran los resultados correspondientes a la temperatura media en los siguientes ámbitos territoriales:

- Comunidad autónoma
- Provincias
- Capitales de provincia

En cada uno de los ámbitos territoriales se describe la temperatura media durante el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución de la temperatura media para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

5.1.1 Comunidad autónoma

La Figura siguiente muestra la temperatura media anual (media de las temperaturas medias mensuales) observada en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

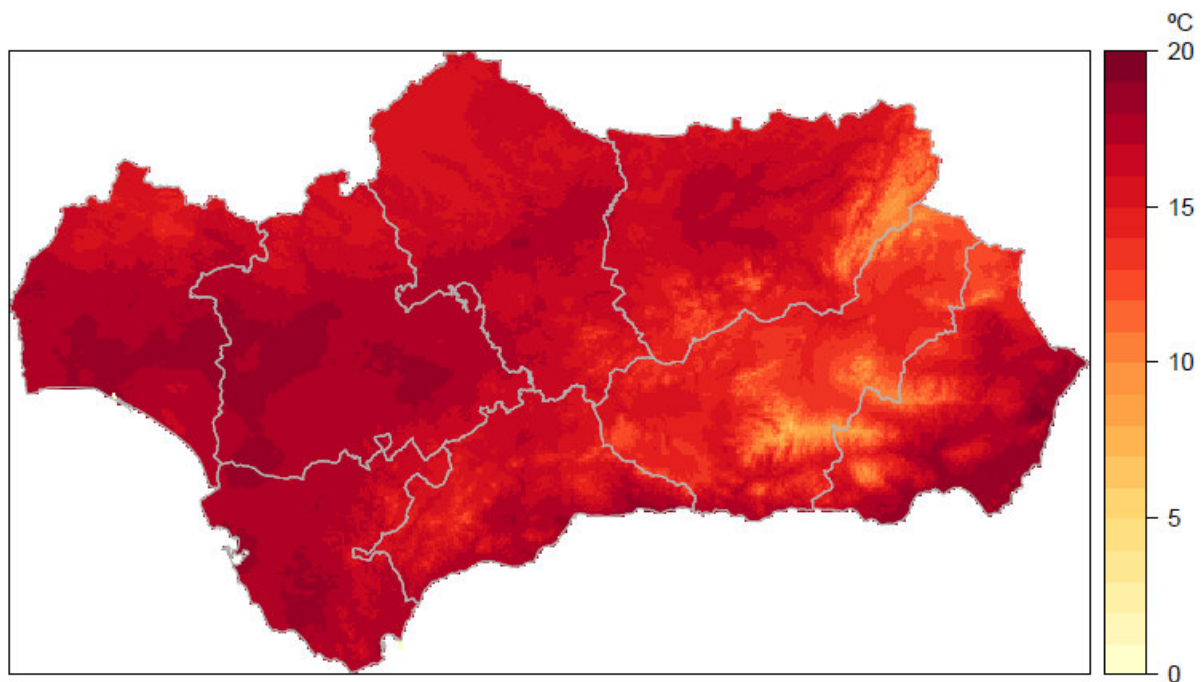


Figura 7: Temperatura media anual (media de las temperaturas medias mensuales) observada en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Cabe destacar que los valores más elevados se encuentran en la depresión bética, el sureste de Andalucía y la costa mediterránea, mientras que los valores más bajos se encuentran en ²²las zonas elevadas de los Sistemas Béticos, de Andalucía oriental

En la Tabla 4 pueden observarse las temperaturas medias anuales predichas para cada escenario, modelo y periodo. Se incluyen las diferencias con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 4: Evolución anual prevista de la variable Temperatura media anual (°C) en Andalucía (media de las temperaturas medias mensuales). Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	16.1	16.6 (0.5)	17.6 (1.5)	18.1 (2.0)
	ESM1		17.4 (1.3)	18.2 (2.1)	18.6 (2.5)
	GFDL		17.6 (1.5)	18.3 (2.2)	18.7 (2.6)
	MIROC		17.9 (1.8)	18.9 (2.8)	19.9 (3.8)
RCP8.5	CGCM3		17.0 (0.9)	18.1 (2.0)	19.7 (3.6)
	ESM1		17.5 (1.4)	18.7 (2.6)	20.4 (4.3)
	GFDL		17.8 (1.7)	19.0 (2.9)	20.7 (4.6)
	MIROC		18.0 (1.9)	20.2 (4.1)	22.6 (6.5)

Cabe destacar que el modelo MIROC es el que predice un mayor aumento de la temperatura media anual en ambos escenarios, llegando a predecir para el escenario RCP8.5 un aumento de 6,5°C en el periodo 2071-2099 con respecto a la temperatura media anual observada en el periodo 1961-2000. Para el escenario RCP4.5, los modelos ESM1 Y GFDL realizan predicciones similares, en torno a los 2,2°C para el periodo 2041-2070 y los 2,6°C para el periodo 2071-2099. El modelo CGCM3 es el que predice un menor aumento de la temperatura media anual, siendo este aumento de 1,5°C para el periodo 2041-2070 y de 2°C para el periodo 2071-2099. Para el escenario RCP8.5, los modelos ESM1 Y GFDL también realizan predicciones similares, aunque con una diferencia de 0,3°C entre ellos. El modelo CGCM3 también es el que predice un menor aumento de la temperatura media anual para el escenario RCP8.5, siendo este aumento de 2°C para el periodo 2041-2070 y de 3,6°C para el periodo 2071-2099.

5.1.1.1 Incremento anual según el escenario RCP4.5

La Figura siguiente representa el incremento de la temperatura media anual con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

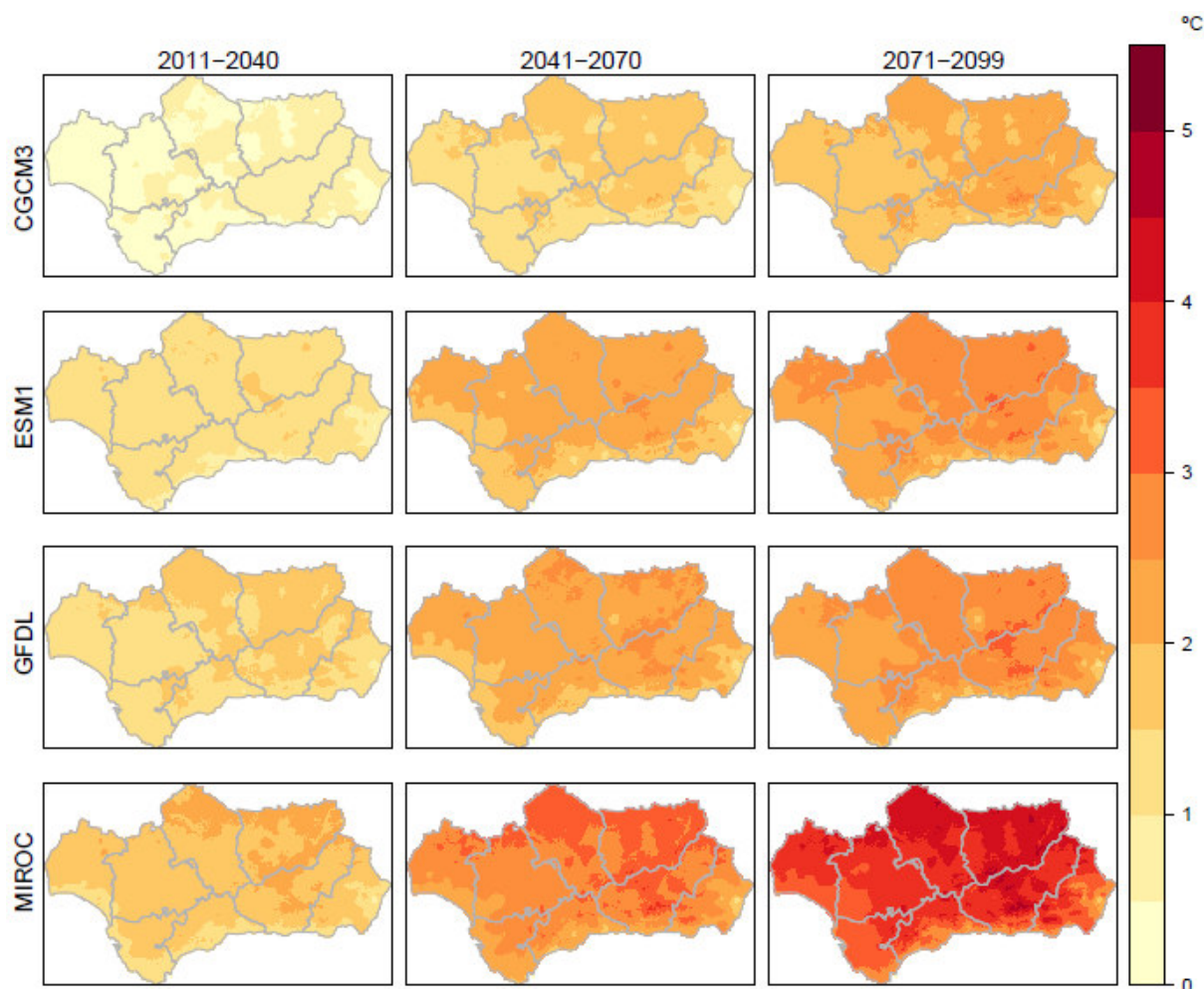


Figura 8: Variación respecto al periodo de referencia, de la temperatura media anual predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior puede observarse cómo el modelo MIROC es el que predice un mayor aumento de la temperatura media anual, fundamentalmente durante el periodo 2071-2099. Según este escenario y para dicho periodo, las zonas más perjudicadas serán las regiones continentales, así como las de alta y media montaña como Sierra Nevada, Cazorla, Grazalema y Norte de Sierra Morena de Córdoba, donde los incrementos estarían en torno a los 4 - 5°C. El resto de modelos predicen unos aumentos en torno a los 2°C en la zona de influencia atlántica, llegando a los 3°C en las zonas más continentales y las zonas de alta y

media montaña. En todos los casos la zona con influencia costera del oeste de Andalucía sería la menos perjudicada por el incremento de la temperatura media.

5.1.1.2 Incremento anual según el escenario RCP8.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial del incremento de la temperatura media anual con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

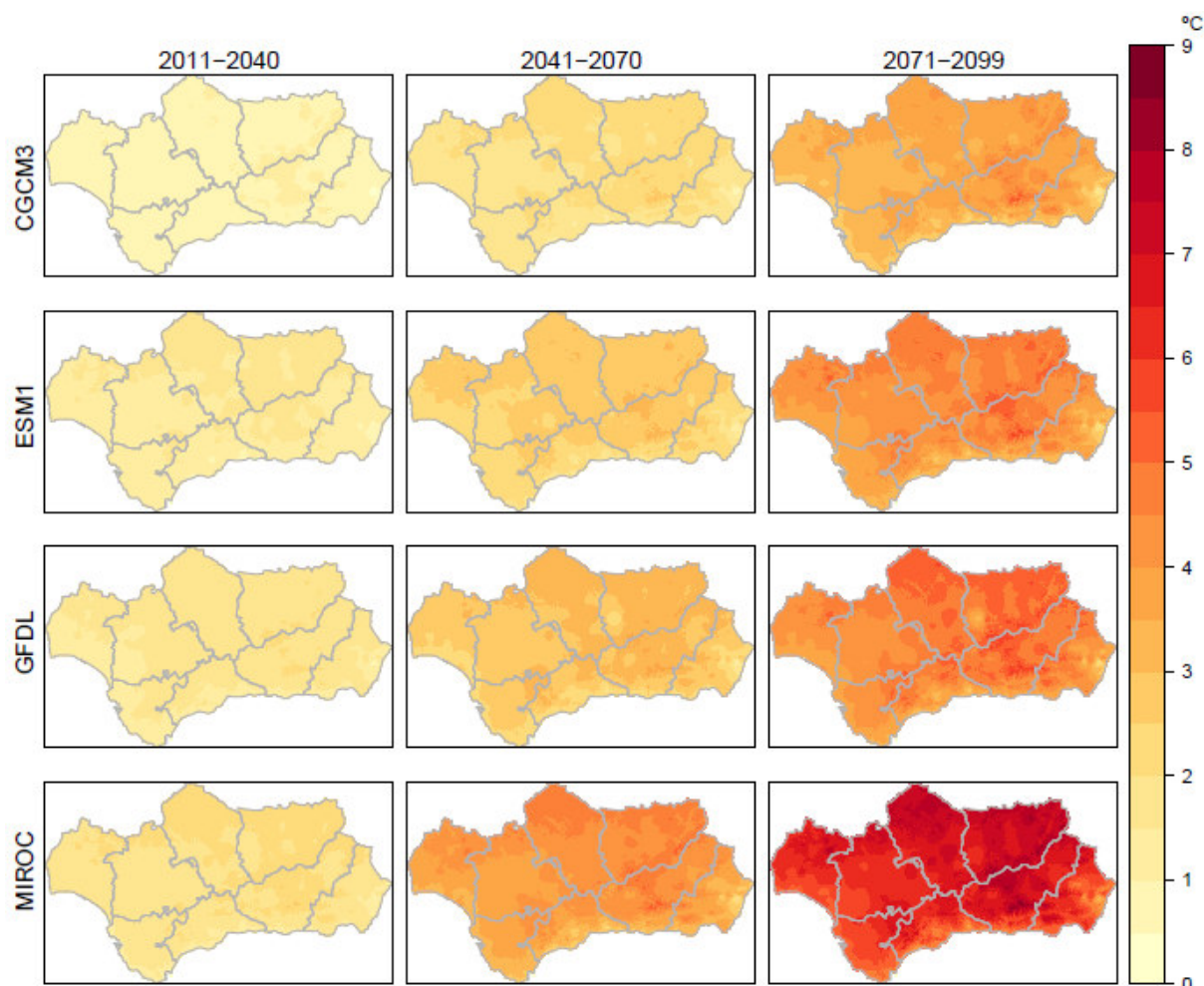


Figura 9: Variación respecto al periodo de referencia, de la temperatura media anual predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior puede observarse cómo el modelo MIROC sigue siendo el que presenta un mayor incremento de la temperatura media anual, y por tanto el que tendría efectos más negativos. El incremento de la temperatura puede superar los 6°C en las zonas más continentales y las zonas de alta y media montaña. Al igual que en el caso del modelo

RCP4.5, las zonas con influencia costera serían las menos perjudicada por el aumento de temperatura.

5.1.1.3 Evolución mensual de las temperaturas medias mensuales

La Figura siguiente muestra las temperaturas medias mensuales (media de las temperaturas medias diarias) observadas en Andalucía durante el periodo de referencia 1961-2000.

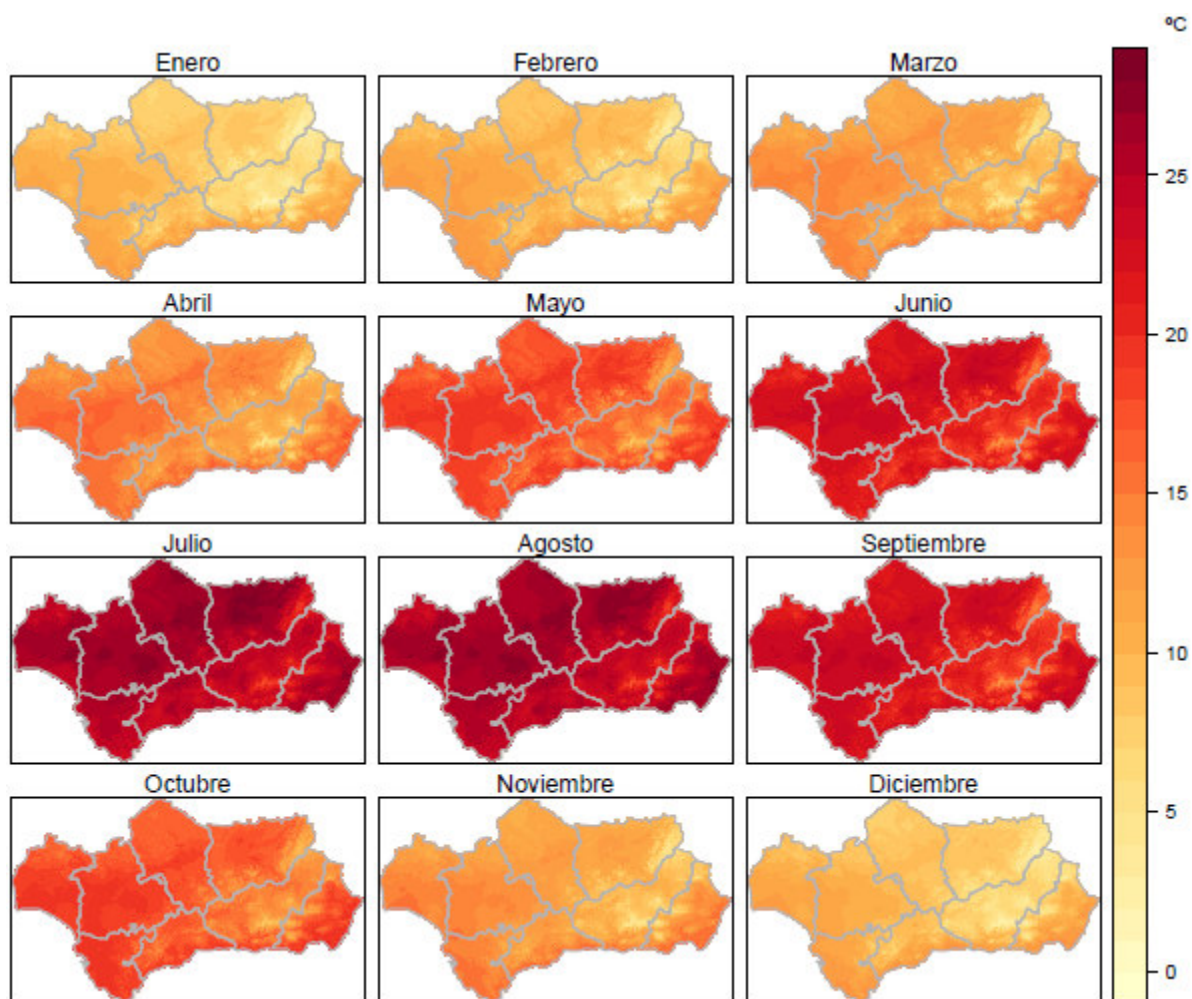


Figura 10: Temperaturas medias mensuales (media de las temperaturas medias diarias) observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Dentro de la variabilidad climática observada en el territorio, en todos los casos existe un periodo crítico de varios meses cálidos y secos en verano, acentuado especialmente en la depresión bética²³ y el sureste de Andalucía, así como en la zona de influencia costera mediterránea en las provincias más orientales. Al igual que ocurre en el caso de la

23 En la depresión bética puede observarse asimismo un gradiente de temperaturas, siendo mayores las temperaturas en la zona a zona occidental y disminuyendo los mismos a medida que se va acercando al este ligado asimismo a la mayor elevación.

temperatura media anual, la zona bioclimática del Mediterráneo continental presenta los valores más bajos.

La Figura siguiente muestra la evolución de la temperatura media mensual predicha por cada uno de los modelos para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5.

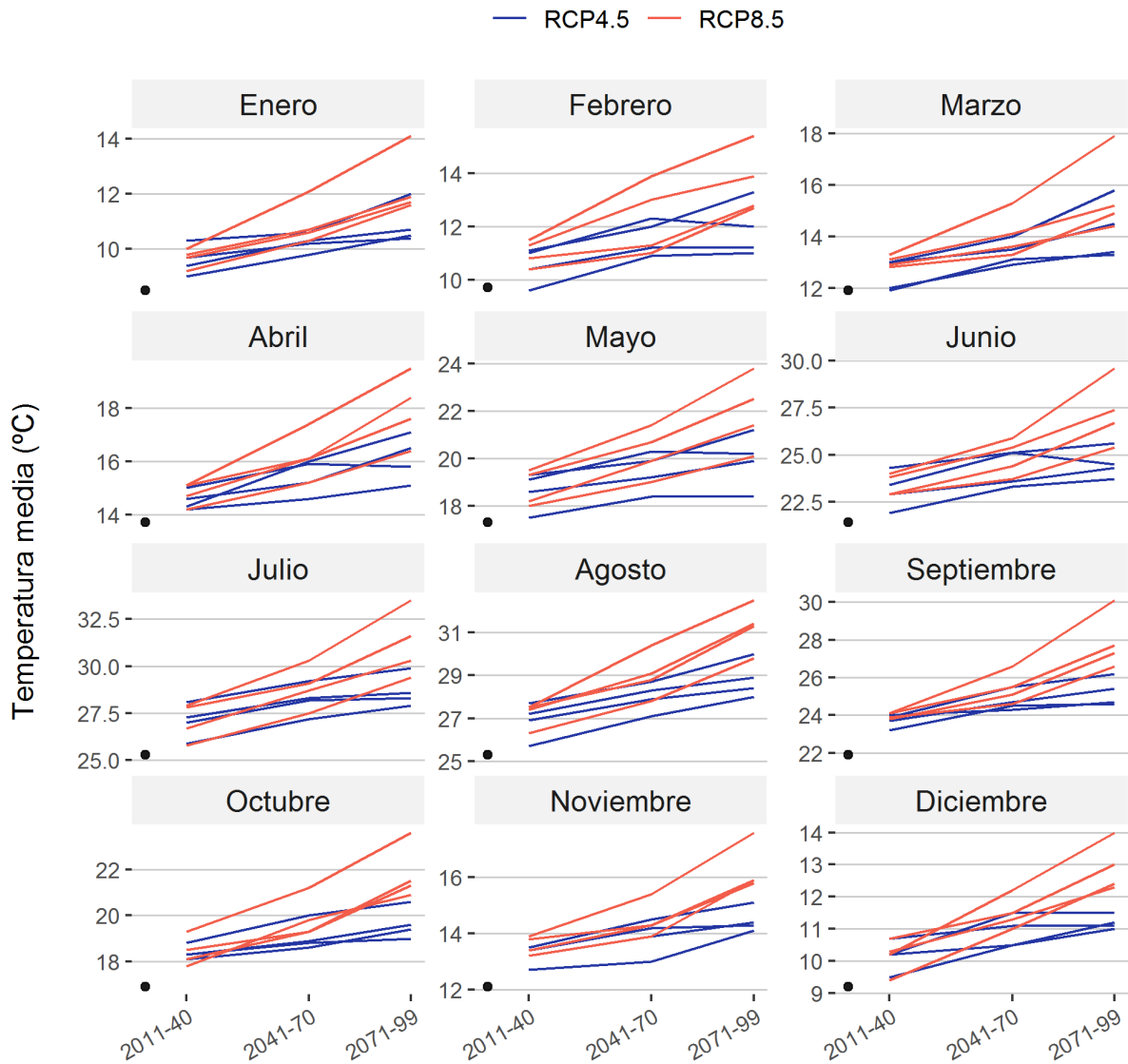


Figura 11: Evolución prevista de la variable Temperatura media (°C) en Andalucía. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000. Para cada escenario existen cuatro líneas que se corresponden con los 4 modelos analizados. En el eje horizontal se representan los tres periodos proyectados

En la Tabla siguiente se muestran las proyecciones de la temperatura media mensual para la Comunidad Autónoma de Andalucía. Se incluyen entre paréntesis las diferencias con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 5: Evolución prevista de la variable Temperatura media mensual (°C) en Andalucía (media de las temperaturas medias diarias). Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario/Mes	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
Enero					
RCP4.5	CGCM3	8.5	9.0 (0.5)	9.8 (1.3)	10.5 (2.0)
	ESM1		9.4 (0.9)	10.3 (1.8)	10.7 (2.2)
	GFDL		9.7 (1.2)	10.2 (1.7)	10.4 (1.9)
	MIROC		10.3 (1.8)	10.6 (2.1)	12.0 (3.5)
RCP8.5	CGCM3		9.2 (0.7)	10.3 (1.8)	11.6 (3.1)
	ESM1		9.7 (1.2)	10.6 (2.1)	11.7 (3.2)
	GFDL		9.8 (1.3)	10.7 (2.2)	11.9 (3.4)
	MIROC		10.0 (1.5)	12.1 (3.6)	14.1 (5.6)
Febrero					
RCP4.5	CGCM3	9.7	9.6 (-0.1)	10.9 (1.2)	11.0 (1.3)
	ESM1		10.4 (0.7)	11.2 (1.5)	11.2 (1.5)
	GFDL		11.0 (1.3)	12.3 (2.6)	12.0 (2.3)
	MIROC		11.1 (1.4)	12.0 (2.3)	13.3 (3.6)
RCP8.5	CGCM3		10.4 (0.7)	11.0 (1.3)	12.7 (3.0)
	ESM1		10.8 (1.1)	11.3 (1.6)	12.8 (3.1)
	GFDL		11.3 (1.6)	13.0 (3.3)	13.9 (4.2)
	MIROC		11.5 (1.8)	13.9 (4.2)	15.4 (5.7)
Marzo					
RCP4.5	CGCM3	11.9	11.9 (0.0)	13.1 (1.2)	13.3 (1.4)
	ESM1		12.0 (0.1)	12.9 (1.0)	13.4 (1.5)
	GFDL		13.0 (1.1)	13.5 (1.6)	14.5 (2.6)

Escenario/Mes	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP8.5	MIROC		13.0 (1.1)	14.0 (2.1)	15.8 (3.9)
	CGCM3		12.8 (0.9)	13.3 (1.4)	14.9 (3.0)
	ESM1		12.9 (1.0)	13.6 (1.7)	14.4 (2.5)
	GFDL		13.1 (1.2)	14.1 (2.2)	15.2 (3.3)
	MIROC		13.3 (1.4)	15.3 (3.4)	17.9 (6.0)
Abril					
RCP4.5	CGCM3		14.2 (0.5)	14.6 (0.9)	15.1 (1.4)
	ESM1		15.0 (1.3)	15.9 (2.2)	15.8 (2.1)
	GFDL		14.6 (0.9)	15.2 (1.5)	16.5 (2.8)
	MIROC		14.3 (0.6)	16.0 (2.3)	17.1 (3.4)
RCP8.5	CGCM3	13.7	14.2 (0.5)	15.2 (1.5)	16.4 (2.7)
	ESM1		15.1 (1.4)	16.1 (2.4)	18.4 (4.7)
	GFDL		14.7 (1.0)	16.1 (2.4)	17.6 (3.9)
	MIROC		15.1 (1.4)	17.4 (3.7)	19.5 (5.8)
Mayo					
RCP4.5	CGCM3		17.5 (0.2)	18.4 (1.1)	18.4 (1.1)
	ESM1		19.1 (1.8)	20.3 (3.0)	20.2 (2.9)
	GFDL		18.6 (1.3)	19.2 (1.9)	19.9 (2.6)
	MIROC		19.3 (2.0)	19.9 (2.6)	21.2 (3.9)
RCP8.5	CGCM3	17.3	18.0 (0.7)	19.0 (1.7)	20.1 (2.8)
	ESM1		19.3 (2.0)	20.7 (3.4)	22.5 (5.2)
	GFDL		18.2 (0.9)	19.9 (2.6)	21.4 (4.1)
	MIROC		19.5 (2.2)	21.4 (4.1)	23.8 (6.5)
Junio					
RCP4.5	CGCM3	21.4	21.9 (0.5)	23.3 (1.9)	23.7 (2.3)
	ESM1		22.9 (1.5)	23.6 (2.2)	24.3 (2.9)
	GFDL		23.4 (2.0)	25.1 (3.7)	24.5 (3.1)
	MIROC		24.3 (2.9)	25.1 (3.7)	25.6 (4.2)

Escenario/Mes	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP8.5	CGCM3		22.9 (1.5)	23.7 (2.3)	25.4 (4.0)
	ESM1		22.9 (1.5)	24.4 (3.0)	26.7 (5.3)
	GFDL		23.8 (2.4)	25.4 (4.0)	27.4 (6.0)
	MIROC		24.0 (2.6)	25.9 (4.5)	29.6 (8.2)
Julio					
RCP4.5	CGCM3		25.9 (0.6)	27.2 (1.9)	27.9 (2.6)
	ESM1		27.0 (1.7)	28.2 (2.9)	28.3 (3.0)
	GFDL		27.3 (2.0)	28.3 (3.0)	28.6 (3.3)
	MIROC		28.1 (2.8)	29.2 (3.9)	29.9 (4.6)
RCP8.5	CGCM3	25.3	25.8 (0.5)	27.5 (2.2)	29.4 (4.1)
	ESM1		26.7 (1.4)	28.7 (3.4)	30.3 (5.0)
	GFDL		27.8 (2.5)	29.1 (3.8)	31.6 (6.3)
	MIROC		27.9 (2.6)	30.3 (5.0)	33.5 (8.2)
Agosto					
RCP4.5	CGCM3		25.7 (0.4)	27.1 (1.8)	28.0 (2.7)
	ESM1		27.2 (1.9)	28.3 (3.0)	28.9 (3.6)
	GFDL		26.9 (1.6)	27.9 (2.6)	28.4 (3.1)
	MIROC		27.7 (2.4)	28.7 (3.4)	30.0 (4.7)
RCP8.5	CGCM3	25.3	26.3 (1.0)	27.8 (2.5)	29.8 (4.5)
	ESM1		27.5 (2.2)	28.8 (3.5)	31.3 (6.0)
	GFDL		27.4 (2.1)	29.1 (3.8)	31.4 (6.1)
	MIROC		27.5 (2.2)	30.4 (5.1)	32.5 (7.2)
Septiembre					
RCP4.5	CGCM3	21.9	23.2 (1.3)	24.5 (2.6)	24.6 (2.7)
	ESM1		23.7 (1.8)	24.7 (2.8)	25.4 (3.5)
	GFDL		24.0 (2.1)	24.3 (2.4)	24.7 (2.8)
	MIROC		23.9 (2.0)	25.5 (3.6)	26.2 (4.3)
RCP8.5	CGCM3		23.9 (2.0)	24.6 (2.7)	26.6 (4.7)

Escenario/Mes	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
	ESM1		23.8 (1.9)	25.1 (3.2)	27.3 (5.4)
	GFDL		24.1 (2.2)	25.5 (3.6)	27.7 (5.8)
	MIROC		24.1 (2.2)	26.6 (4.7)	30.1 (8.2)
Octubre					
RCP4.5	CGCM3	16.9	18.1 (1.2)	18.6 (1.7)	19.4 (2.5)
	ESM1		18.3 (1.4)	18.9 (2.0)	19.6 (2.7)
	GFDL		18.3 (1.4)	18.8 (1.9)	19.0 (2.1)
	MIROC		18.8 (1.9)	20.0 (3.1)	20.6 (3.7)
RCP8.5	CGCM3		17.8 (0.9)	19.8 (2.9)	20.9 (4.0)
	ESM1		18.1 (1.2)	19.3 (2.4)	21.3 (4.4)
	GFDL		18.5 (1.6)	19.3 (2.4)	21.5 (4.6)
	MIROC		19.3 (2.4)	21.2 (4.3)	23.6 (6.7)
Noviembre					
RCP4.5	CGCM3	12.1	12.7 (0.6)	13.0 (0.9)	14.1 (2.0)
	ESM1		13.2 (1.1)	13.9 (1.8)	14.4 (2.3)
	GFDL		13.4 (1.3)	14.2 (2.1)	14.3 (2.2)
	MIROC		13.5 (1.4)	14.5 (2.4)	15.1 (3.0)
RCP8.5	CGCM3		13.2 (1.1)	13.9 (1.8)	15.9 (3.8)
	ESM1		13.4 (1.3)	14.3 (2.2)	15.9 (3.8)
	GFDL		13.8 (1.7)	14.3 (2.2)	15.8 (3.7)
	MIROC		13.9 (1.8)	15.4 (3.3)	17.6 (5.5)
Diciembre					
RCP4.5	CGCM3	9.2	9.5 (0.3)	10.5 (1.3)	11.0 (1.8)
	ESM1		10.2 (1.0)	10.5 (1.3)	11.2 (2.0)
	GFDL		10.7 (1.5)	11.1 (1.9)	11.1 (1.9)
	MIROC		10.2 (1.0)	11.5 (2.3)	11.5 (2.3)
RCP8.5	CGCM3		9.4 (0.2)	11.0 (1.8)	12.4 (3.2)
	ESM1		10.3 (1.1)	11.3 (2.1)	12.3 (3.1)

Escenario/Mes	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
	GFDL		10.7 (1.5)	11.5 (2.3)	13.0 (3.8)
	MIROC		10.2 (1.0)	12.2 (3.0)	14.0 (4.8)

5.1.2 Provincias

A continuación, se muestra la evolución de la temperatura media a nivel provincial comparando el periodo observado (1961-2000), y proyectado (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099), para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

En la figura siguiente se observa cómo, según las predicciones del modelo MIROC para el escenario RCP8.5, la temperatura media anual de la provincia de Jaén pasaría de los 15°C del periodo observado (1961-2000) a 22.6°C en el periodo 2071-2090, superando a provincias como Málaga (21,1°C), Almería (21,7°C) y Granada, que con 20,6°C sería la provincia con menor temperatura media anual a pesar de incrementarla en 6,8°C con respecto al periodo observado (1961-2000).

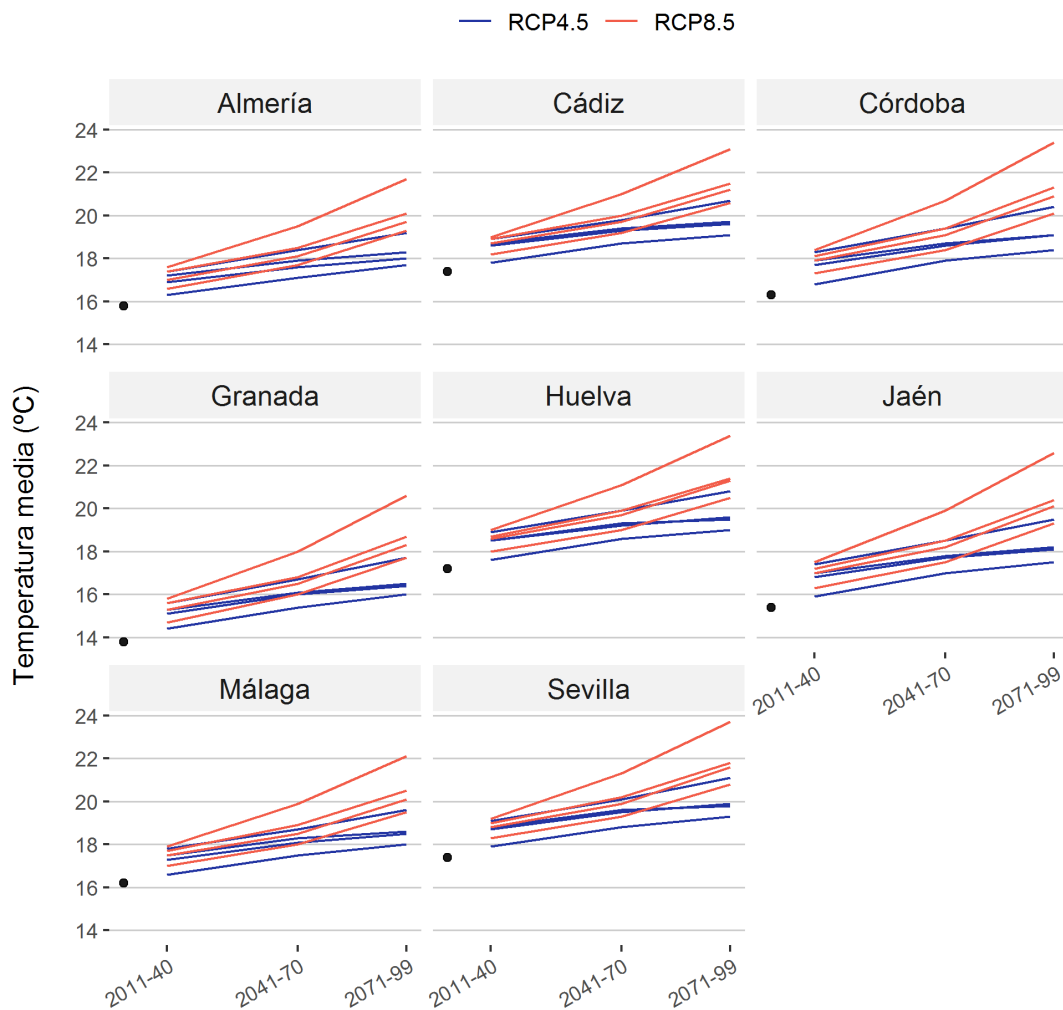


Figura 12: Evolución anual prevista de la variable Temperatura media (°C) para cada provincia. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000. Para cada escenario existen cuatro líneas que se corresponden con los 4 modelos analizados.

Puede destacarse de los resultados obtenidos que las provincias que experimentarían un menor aumento de la temperatura son las más expuestas a la influencia marina. Por una parte, Jaén, Córdoba y Granada son las provincias que proyectan un mayor aumento de la temperatura media anual en los tres periodos estudiados, mientras que Cádiz, Huelva y Málaga, a pesar de que también experimentarían significativos aumentos de las temperaturas medias, serían las provincias con menor valor absoluto de incremento.

Durante el periodo 2011-2040 Jaén, Córdoba y Granada son las provincias que obtienen unas predicciones de aumento de la temperatura media anual más elevadas, siendo de 2,1°C en el caso de Jaén y Córdoba y de 2°C en el caso de Granada. En los tres casos los valores de mayores predicciones se dan para el escenario RCP8.5 y el modelo MIROC. Por otra parte, los valores más bajos de incremento se observan en las provincias como Cádiz,

Huelva y Málaga que presentan incrementos del 0,4°C en ese período para el escenario RCP4.5 y el modelo CGCM3 (ver tablas en documentación anexa)

Durante el periodo 2041-2070 Jaén, Córdoba y Granada son las provincias que obtienen unas predicciones de aumento de la temperatura media anual más elevada, siendo de 4,5°C, 4,4°C y 4,2°C respectivamente. Estos valores extremos, son en los tres casos para el escenario RCP8.5 y el modelo MIROC. Las provincias que experimentarían un menor incremento de la temperatura media en este periodo serían Cádiz, Málaga y Almería con 1,3°C para el escenario RCP4.5 y el modelo CGCM3.

Durante el periodo 2071-2099 nuevamente Jaén, Córdoba y Granada son las provincias que obtienen unas predicciones de incremento de la temperatura media anual más elevadas, siendo de 7,2°C para Jaén, 7,1°C para Córdoba y 6,8°C para Granada (escenario RCP8.5 y modelo MIROC). Por otro lado, los valores más bajos de incremento se obtienen en las provincias de Cádiz con 1,7°C, y Huelva y Málaga con 1,8°C (escenario RCP4.5 y modelo CGCM3).

5.1.3 Capitales de provincia

A continuación, se analiza la evolución de la temperatura media en las capitales de provincia comparando el periodo observado (1961-2000) con el periodo proyectado ((2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) para los dos escenarios (CRP45 y RCP85), y modelos (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia de la temperatura media anual en cada una de las capitales de provincia, para cada modelo y escenario.

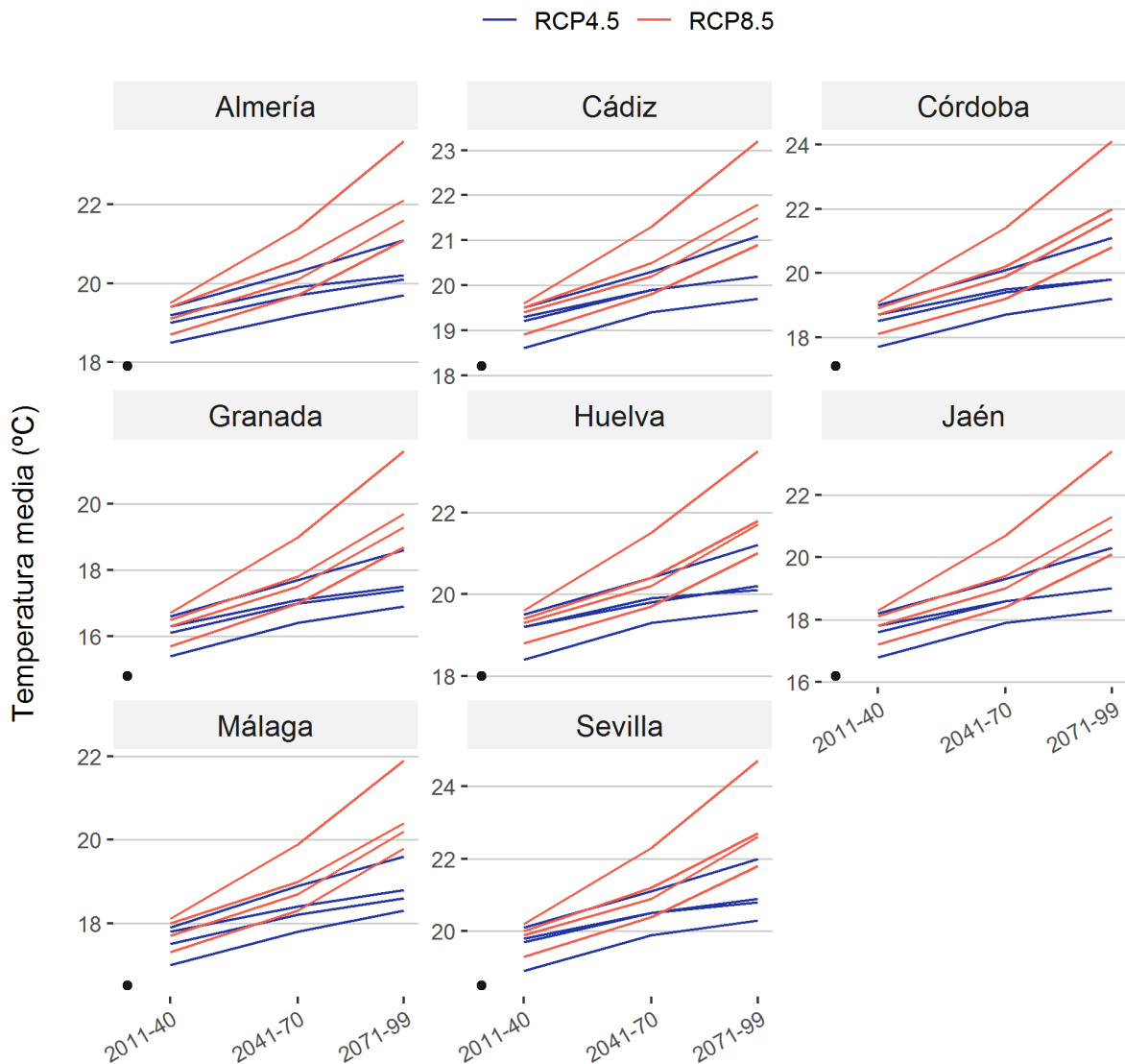


Figura 13: Evolución anual prevista de la variable Temperatura media anual (°C) (media de las temperaturas medias mensuales) en las capitales de provincia. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000. Para cada escenario existen cuatro líneas que se corresponden con los 4 modelos analizados.

En la Figura anterior destaca la tendencia de la temperatura de la ciudad de Córdoba, cuya temperatura media anual (17,1°C) actualmente se encuentra por debajo de la temperatura media anual de la ciudad de Cádiz (18,2°C), y sin embargo, durante el periodo 2071-2099 la superaría (24,1°C frente a 23,2°C), según el modelo MIROC y escenario RCP8.5.

También puede observarse como las distintas predicciones de los modelos para el escenario RCP8.5 son generalmente superiores a las del escenario RCP4.5 durante el último periodo (2071-2099) mientras que durante el periodo 2041-2070 hay varias predicciones para el escenario RCP4.5 que superan las del RCP8.5.

Puede resaltarse de los datos arrojados que Jaén y Córdoba son las capitales de provincia que experimentarían un mayor aumento de la temperatura media anual en los tres periodos estudiados, mientras que Cádiz y Huelva, a pesar de que también experimentarían un aumento de la temperatura media anual, serían las capitales de provincia que experimentarían un menor incremento. Al igual que en el caso anterior, vuelven a ser las capitales con menor influencia marina las que presentan peores proyecciones de calentamiento.

Durante el periodo 2011-2040 Jaén y Córdoba son las capitales de provincia que obtienen unas predicciones de aumento de la temperatura media anual más elevadas, siendo de 2,1°C y de 2°C respectivamente, en ambos casos para el escenario RCP8.5 y el modelo MIROC, mientras que capitales como Cádiz, Huelva y Sevilla solo experimentarían un aumento de 0,4°C en ese periodo para el escenario RCP4.5 y el modelo CGCM3.

Durante el periodo 2041-2070 Jaén, Córdoba y Granada son las capitales de provincia que obtienen unas predicciones de aumento de la temperatura media anual más elevadas, siendo de 4,5°C, 4,3°C y 4,2°C respectivamente. En los tres casos las predicciones son para el escenario RCP8.5 y el modelo MIROC. Las capitales de provincia que experimentarían un menor incremento de la temperatura media en este periodo serían Cádiz, con 1,2°C y Málaga, Huelva y Almería con 1,3°C. En los cuatro casos las predicciones son para el escenario RCP4.5 y el modelo CGCM3.

Durante el periodo 2071-2099 nuevamente Jaén y Córdoba son las capitales de provincia que obtienen unas predicciones de aumento de la temperatura media anual más elevadas, siendo de 7,2°C y de 7°C respectivamente (escenario RCP8.5 y modelo MIROC). Las capitales de provincia que experimentarían un menor incremento de la temperatura media en este periodo serían Cádiz y Huelva con 1,5°C y 1,6°C (escenario RCP4.5 y modelo CGCM3).

5.2 Temperatura máxima

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a la temperatura máxima en los siguientes ámbitos territoriales:

- Comunidad autónoma
- Provincias
- Capitales de provincia

En cada uno de los ámbitos territoriales describiremos la temperatura máxima durante el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución de la temperatura máxima para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

5.2.1 Comunidad autónoma

La Figura siguiente muestra la temperatura máxima anual (media de las temperaturas máximas mensuales) observada en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

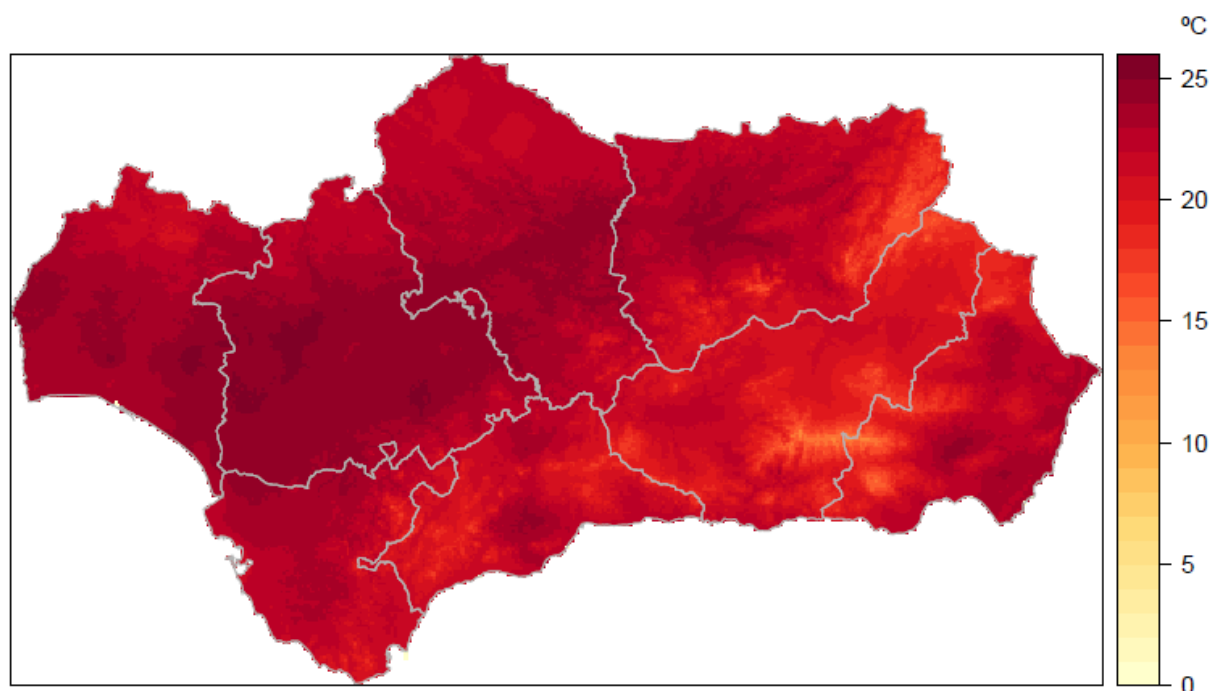


Figura 14: Temperatura máxima anual (media de las temperaturas máximas mensuales) observada en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Al igual que en el caso de la temperatura media, cabe destacar que los valores más elevados se encuentran en la depresión bética, el sureste de Andalucía y la costa

mediterránea, mientras que los valores más bajos se encuentran en las zonas elevadas de los Sistemas Béticos.

En la Tabla siguiente pueden observarse las temperaturas máximas anuales (media de las temperaturas máximas mensuales) predichas para cada escenario, modelo y periodo. Se incluyen las diferencias con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 6: Evolución anual prevista de la variable Temperatura máxima anual (°C) en Andalucía (media de las temperaturas máximas mensuales). Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	22.3	22.8 (0.5)	23.9 (1.6)	24.5 (2.2)
	ESM1		23.7 (1.4)	24.7 (2.4)	25.1 (2.8)
	GFDL		23.9 (1.6)	24.8 (2.5)	25.2 (2.9)
	MIROC		24.3 (2.0)	25.5 (3.2)	26.5 (4.2)
RCP8.5	CGCM3		23.3 (1.0)	24.5 (2.2)	26.3 (4.0)
	ESM1		23.9 (1.6)	25.2 (2.9)	27.2 (4.9)
	GFDL		24.2 (1.9)	25.6 (3.3)	27.5 (5.2)
	MIROC		24.5 (2.2)	26.9 (4.6)	29.7 (7.4)

El modelo MIROC es el que predice un mayor aumento de la temperatura máxima anual en ambos escenarios, llegando a predecir para el escenario RCP8.5 un aumento de 7,4°C en el periodo 2071-2099 con respecto a la temperatura máxima anual observada en el periodo 1961-2000. Para el escenario RCP4.5, los modelos ESM1 Y GFDL realizan predicciones similares, en torno a los 2,5°C para el periodo 2041-2070 y los 2,9°C para el periodo 2071-2099. El modelo CGCM3 es el que predice un menor aumento de la temperatura máxima anual, siendo este aumento de 1,6°C para el periodo 2041-2070 y de 2,2°C para el periodo 2071-2099. Para el escenario RCP8.5, los modelos ESM1 Y GFDL también realizan predicciones similares, aunque con una diferencia en torno a 0,3°C entre ellos. El modelo CGCM3 también es el que predice un menor aumento de la temperatura máxima anual para el escenario RCP8.5, siendo este aumento de 2,2°C para el periodo 2041-2070 y de 4°C para el periodo 2071-2099.

5.2.1.1 Incremento anual según el escenario RCP4.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial del incremento de la temperatura máxima anual (media de las temperaturas máximas mensuales) con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

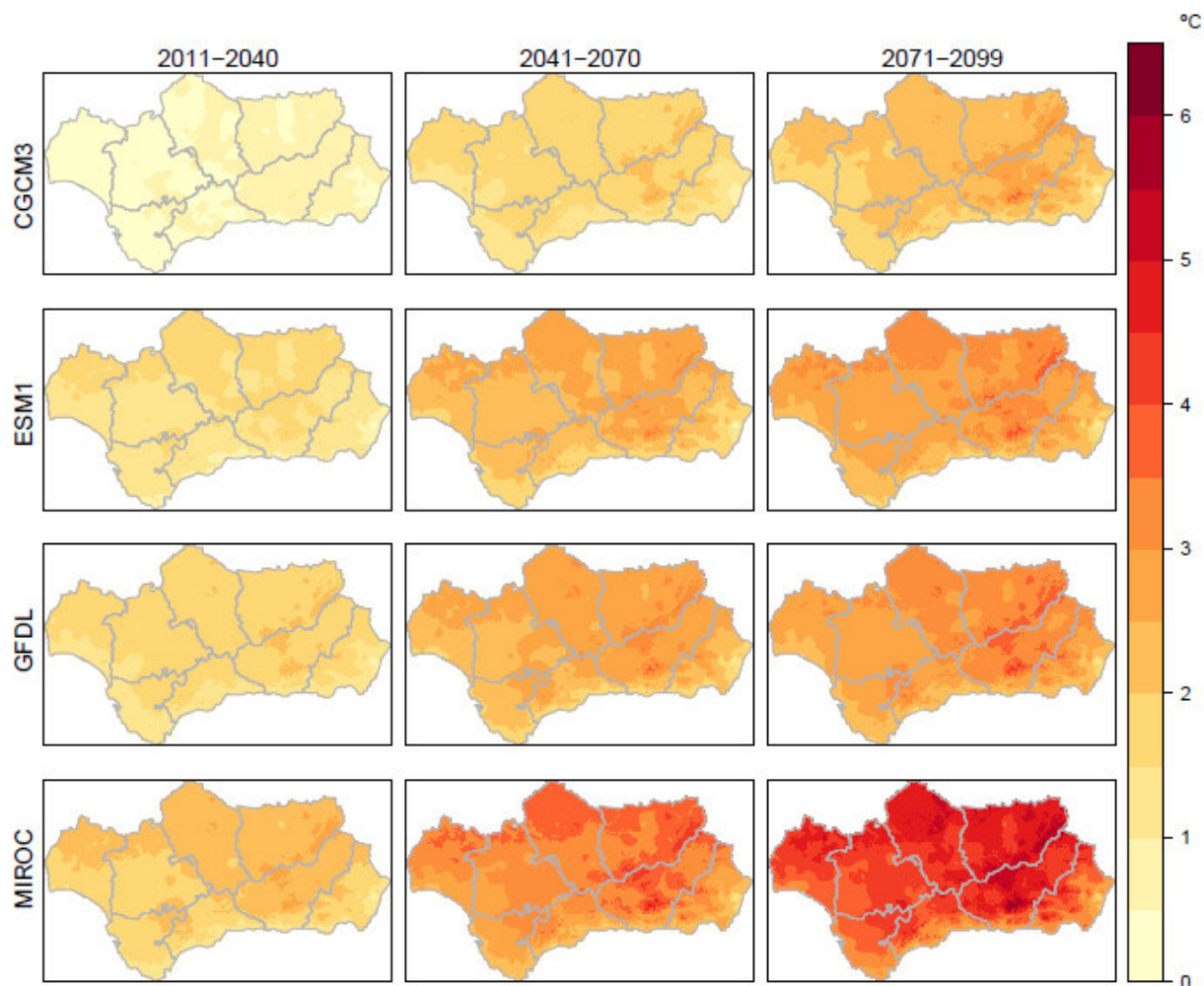


Figura 15: Variación respecto al periodo de referencia, de la temperatura máxima anual (media de las temperaturas máximas mensuales) predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior destaca cómo el modelo MIROC es el que predice un mayor aumento de la temperatura máxima anual, fundamentalmente durante el periodo 2071-2099. Según este escenario, las zonas más perjudicadas serán los principales sistemas montañosos (sistema penibético, subbético y Sierra Morena) y las regiones continentales, donde los incrementos estarían por encima de los 6°C. Para ese mismo periodo, el resto de modelos predicen unos aumentos similares de la temperatura máxima anual, en torno a los 2°C en la zona de influencia atlántica y la zona con influencia costera del oeste de Andalucía, llegando a estar en torno a los 3°C en las zonas más continentales y las zonas de alta y media montaña.

5.2.1.2 Incremento anual según el escenario RCP8.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial del incremento de la temperatura máxima anual (media de las temperaturas máximas mensuales) con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

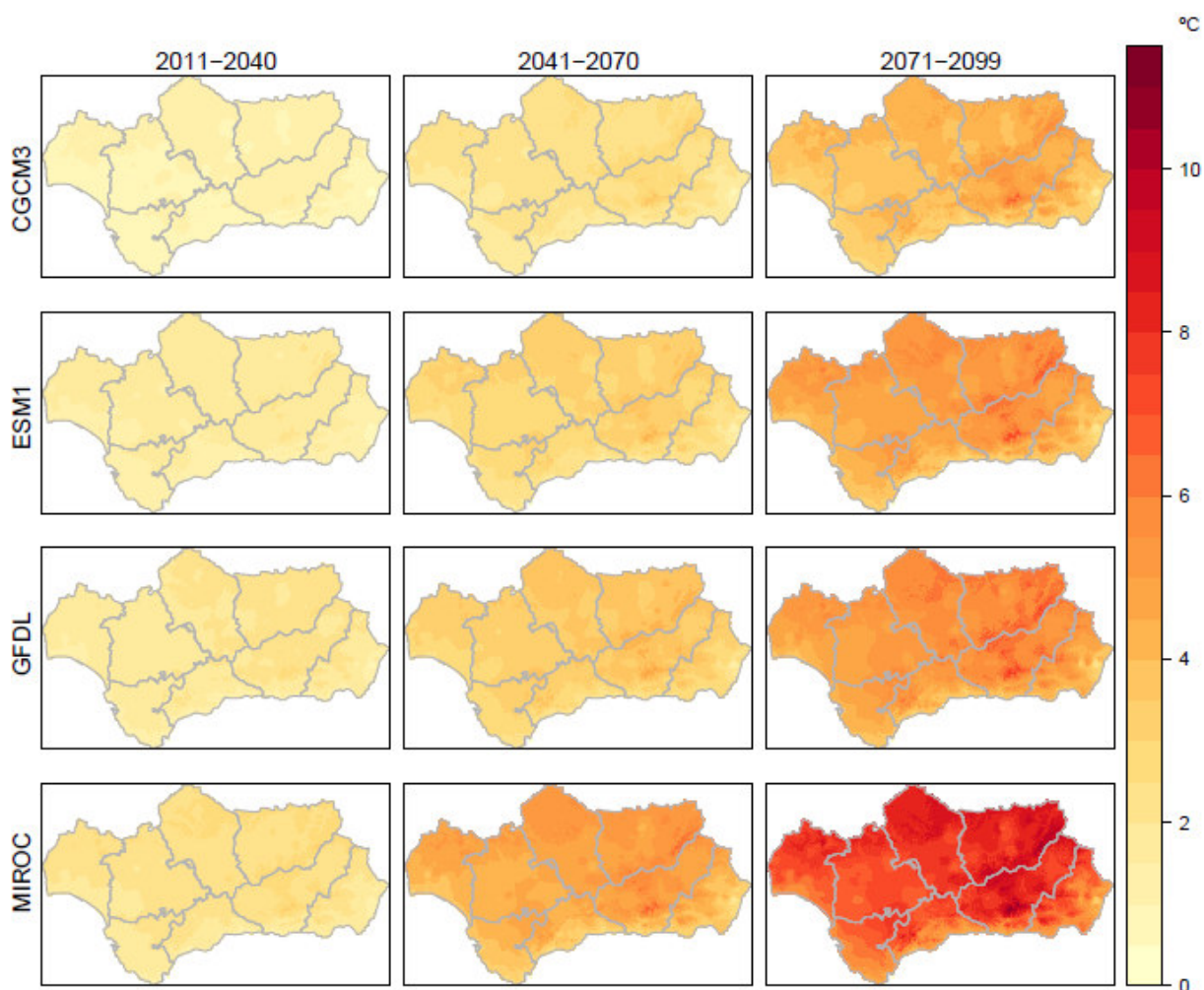


Figura 16: Variación respecto al periodo de referencia, de la temperatura máxima anual (media de las temperaturas máximas mensuales) predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior puede observarse cómo el modelo MIROC sigue siendo el más negativo. Durante el periodo 2071-2100 predice un aumento de la temperatura media anual por encima de los 10°C con respecto al periodo observado en las zonas más continentales y las zonas de alta y media montaña. Al igual que en el caso del modelo RCP4.5, la zona con influencia costera del este y la zona con influencia costera del oeste de Andalucía serían la menos perjudicada por el aumento de temperatura con un aumento entre los 4 y los 6°C. El

resto de modelos realizan unas predicciones más moderadas, en torno a los 2-4°C de aumento durante el periodo 2041-2070 y los 6-8°C durante el periodo 2071-2100.

5.2.1.3 Evolución mensual de las temperaturas máximas mensuales

La Figura siguiente muestra las temperaturas máximas mensuales (media de las temperaturas máximas diarias) observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

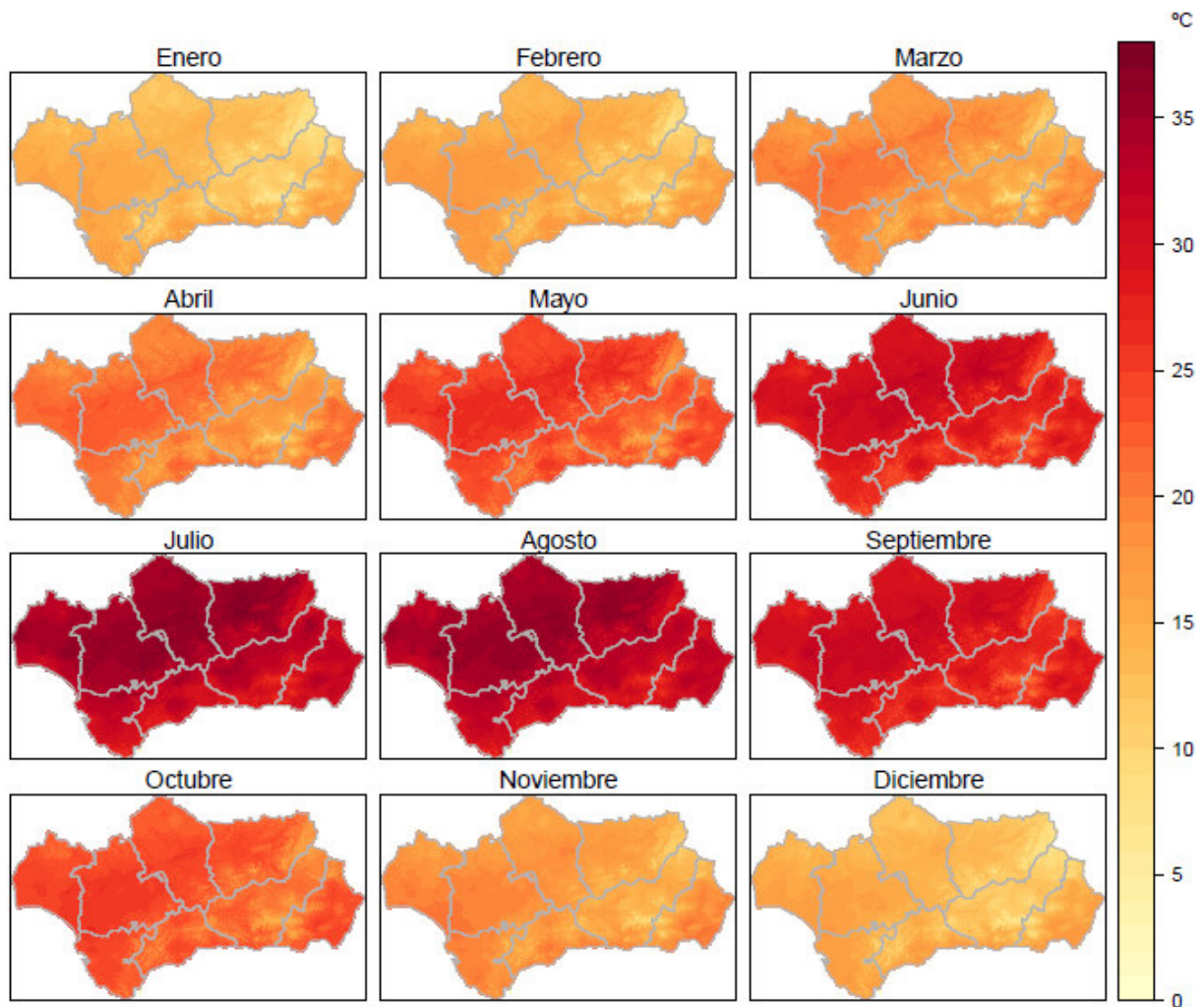


Figura 17: Temperaturas máximas mensuales (media de las temperaturas máximas diarias) observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Al igual que ocurre con la temperatura media, existe un periodo crítico de varios meses cálidos y secos entre junio y septiembre, acentuado especialmente en la depresión bética y el sureste de Andalucía.

La Figura siguiente muestra la evolución de la temperatura máxima mensual predicha por cada uno de los modelos para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5.

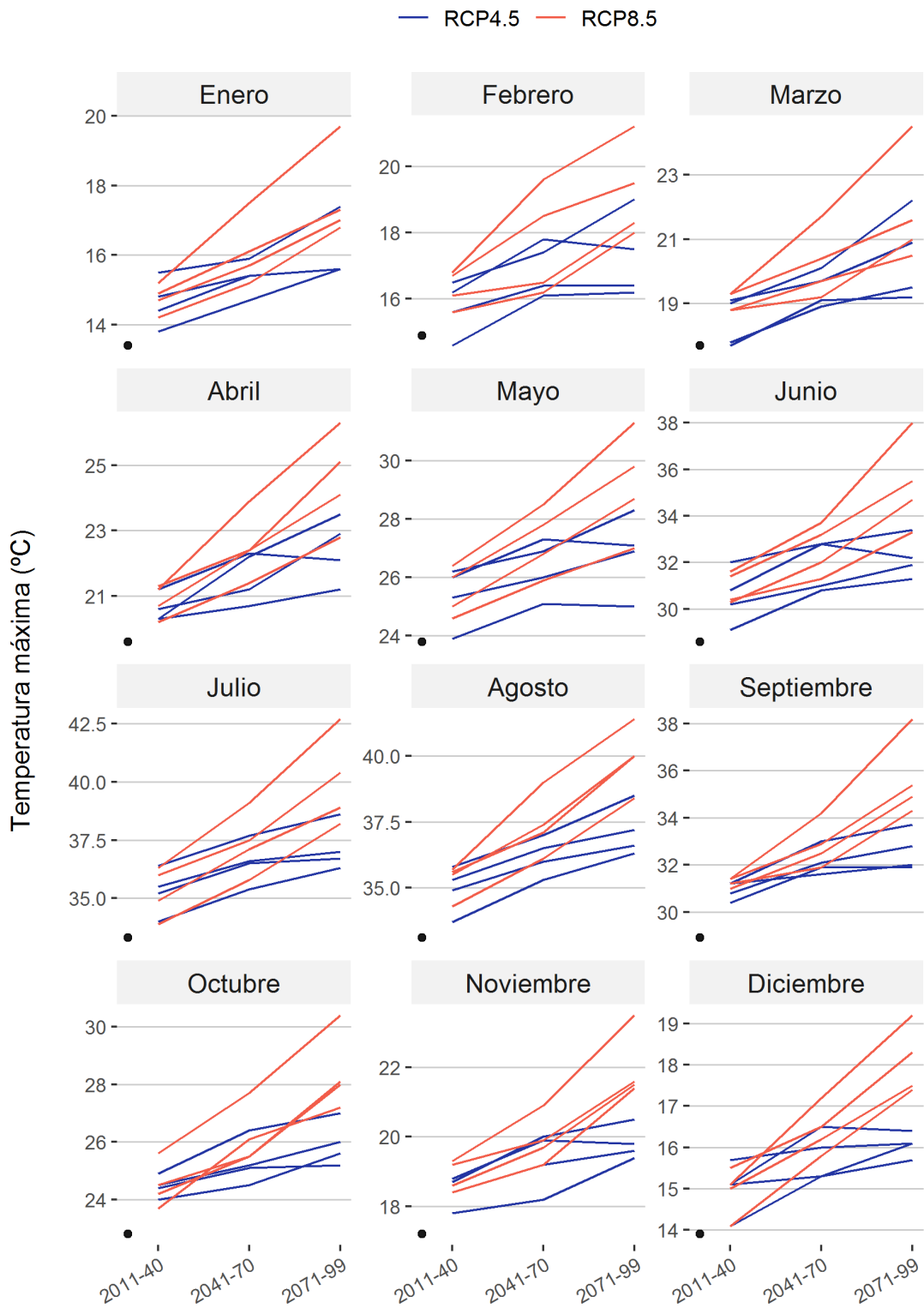


Figura 18: Evolución prevista de la variable Temperatura máxima mensual (°C) (media de las temperaturas máximas diarias) en Andalucía. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior se aprecia cómo las previsiones de todos los modelos para los meses de Julio y agosto se encuentran por encima del umbral de los 35°C a partir del periodo 2041-2070.

Históricamente (periodo 1961-2000) en Andalucía se han alcanzado las mayores temperaturas máximas durante el mes de julio (33,3°C), seguido del mes de agosto (33,1°C). Teniendo en cuenta las previsiones del modelo MIROC, durante el periodo 2011-2040 estas temperaturas máximas alcanzarán los 36,4°C en julio y los 35,8°C en agosto (escenario RCP4.5); durante el periodo 2041-2070 alcanzarán los 39°C en julio y los 39,1°C en agosto (escenario RCP8.5); y durante el periodo 2071-2100 alcanzarán los 42,7°C en julio y los 41,4°C en agosto (escenario RCP8.5), lo que supondrá un aumento de 9,4°C en julio y de 8,3°C en agosto con respecto al periodo observado (1961-2000).

5.2.2 Provincias

A continuación, analizaremos la evolución de las temperaturas máximas anuales (media de las máximas mensuales) en cada provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP45 y RCP85), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia temperatura máxima anual (media de las temperaturas máximas mensuales) en cada una de las provincias.

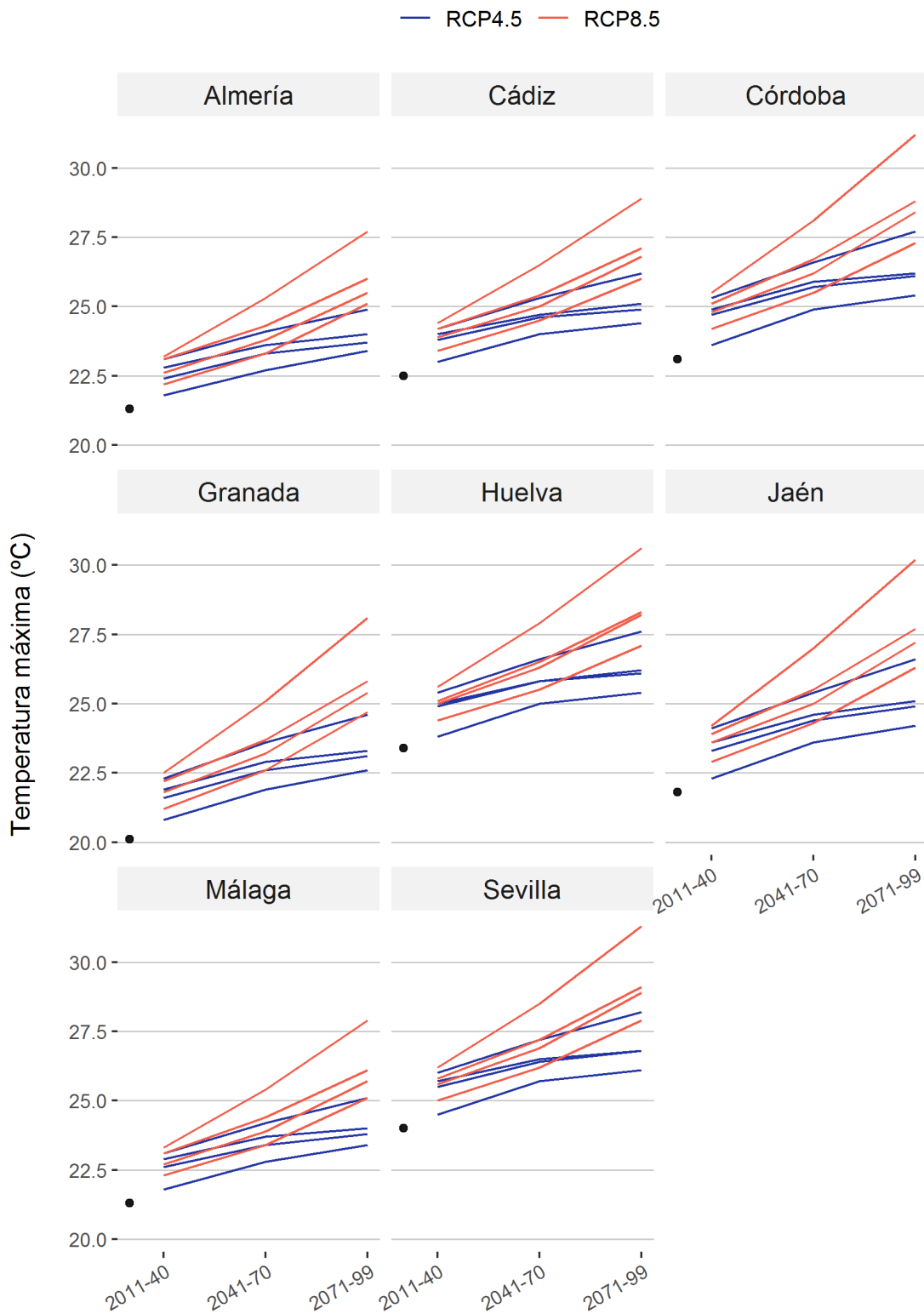


Figura 19: Evolución prevista de la variable Temperatura máxima anual (°C) (media de las máximas mensuales) en cada provincia. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior vemos como, según las predicciones del modelo más desfavorable, durante el periodo 2011-2040 las provincias de Córdoba, Huelva y Sevilla sobrepasarían los 25°C, durante el periodo 2041-2070 esas tres provincias sobrepasarían los 27,5°C y durante el periodo 2071-2100 serían las provincias de Córdoba, Huelva, Jaén y Sevilla las que sobrepasarían los 30°C.

Durante el periodo observado (1961-2000) las provincias de Sevilla y Huelva han sido las que han mostrado unos mayores valores de la temperatura máxima anual (24°C y 23,4°C, respectivamente). Según las previsiones del modelo MIROC (escenario RCP8.5), Sevilla y Huelva continuarán siendo las provincias con unos valores más elevados de la temperatura máxima anual, con 26,2°C y 25,6°C, respectivamente durante el periodo 2011-2040. Durante los periodos 2041-2070 y 2071-2100 Sevilla y Córdoba serán las provincias con unos valores más elevados de la temperatura máxima anual con 28,5°C y 28,1°C, y 31,3°C y 31,2°C respectivamente.

En cuanto a los datos mensuales, las provincias de Córdoba y Sevilla han sido las que han mostrado unos mayores valores de la temperatura máxima mensual (35,2°C y 35°C, respectivamente), ambas durante el mes de julio. Por otra parte, Granada y Jaén son las provincias con una temperatura máxima mensual más baja durante el periodo 1961-2000, siendo de 11,3°C y de 11,9°C respectivamente, ambas durante el mes de enero.

En cuanto a las predicciones de los modelos, para el periodo 2011-2040 el modelo MIROC predice que Granada y Jaén serán las provincias que experimentarán un mayor aumento de la temperatura máxima mensual durante el mes de julio (3,6°C), sin embargo, el mayor aumento se producirá en el mes de junio en Jaén, Córdoba y Granada (3,9°C, 3,7°C y 3,6°C respectivamente en el escenario RCP4.5). Durante el periodo 2041-2070 los mayores aumentos también se producirían en el mes de agosto en Jaén (6,8 °C según las predicciones de MIROC en el escenario RCP 8,5), seguido de Granada con un aumento de 6,6 °C en el mes de julio. Finalmente, durante el periodo 2071-2100, el modelo MIROC predice que Jaén será la provincia que sufrirá un mayor incremento en las temperaturas máximas mensuales durante el verano, con un aumento de 10,9°C en el mes de julio y 10,7°C en los meses de junio y septiembre, predicciones realizadas para el escenario RCP8.5.

5.2.3 Capitales de provincia

A continuación, analizaremos la evolución de la temperatura máxima anual (media de las máximas mensuales) en las capitales de provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia de la temperatura máxima anual (media de las máximas mensuales) en cada una de las capitales de provincia.

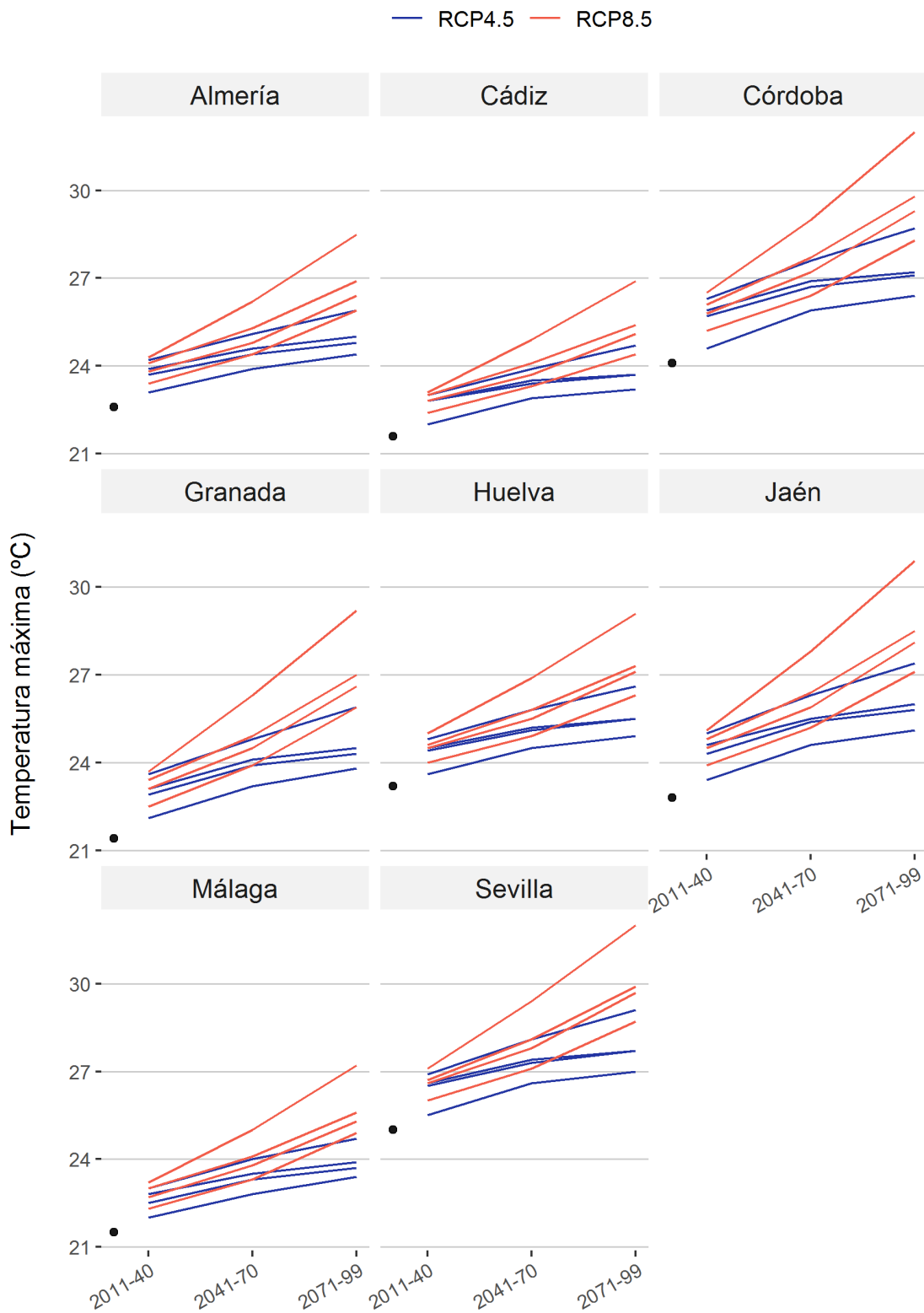


Figura 20: Evolución prevista de la variable Temperatura máxima anual (°C) (media de las máximas mensuales) en cada capital de provincia. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior vemos como durante el periodo de referencia solamente Córdoba y Sevilla superan los 24°C de temperatura máxima anual (media de las máximas mensuales), mientras que, según las previsiones del modelo más pesimista, durante el periodo 2011-2040 Almería, Huelva y Jaén también superarían ese límite. Durante el periodo 2041-2070 Córdoba, Jaén y Sevilla superarían el límite de los 27°C, mientras que durante el periodo 2071-2100 Huelva sería la única capital de provincia que no lo superaría.

Teniendo en cuenta el periodo observado (1961-2000) Sevilla y Córdoba son las capitales de provincia con una temperatura máxima anual más elevada, siendo de 25°C y 24,1°C respectivamente. Según las previsiones del modelo MIROC (escenario RCP8.5), Sevilla y Córdoba continuarán siendo las provincias con una temperatura máxima anual más elevada a lo largo de los tres periodos estudiados, con 27,1°C y 26,5°C respectivamente durante el periodo 2011-2040, 29,4°C y 29°C respectivamente durante el periodo 2041-2070, y 32°C durante el periodo 2071-2100.

En cuanto a los datos mensuales, Sevilla y Córdoba también son las capitales de provincia con una temperatura máxima mensual más elevada durante el periodo observado (1961-2000), siendo de 35,6°C y 36,1°C respectivamente (ambas durante el mes de julio). Analizando las predicciones de los modelos, el MIROC predice que durante el periodo 2011-2040 Córdoba y Jaén serán las capitales de provincia que experimentarán un mayor aumento de la temperatura máxima (3,7°C) durante el mes de junio (escenario RCP4.5), durante el periodo 2041-2070 los mayores incrementos serán en Jaén durante el mes de agosto (6,5°C) y en Granada durante el mes de julio (6,3°C), ambas en el escenario RCP8.5. Finalmente, el modelo MIROC predice que para el escenario RCP8.5 durante el periodo 2071-2100 Jaén experimentará un aumento en las temperaturas máximas mensuales de 10,4°C en junio, 10,3°C en septiembre y 10,2°C en junio, mientras que Córdoba experimentará un aumento de 10,2°C durante los meses de junio y septiembre.

5.3 Temperatura mínima

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a la temperatura mínima en los siguientes ámbitos territoriales:

- Comunidad autónoma
- Provincias
- Capitales de provincia

En cada uno de los ámbitos territoriales describiremos la temperatura mínima durante el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución de la temperatura máxima para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

5.3.1 Comunidad autónoma

La Figura siguiente muestra la temperatura mínima anual (media de las temperaturas mínimas mensuales) observada en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

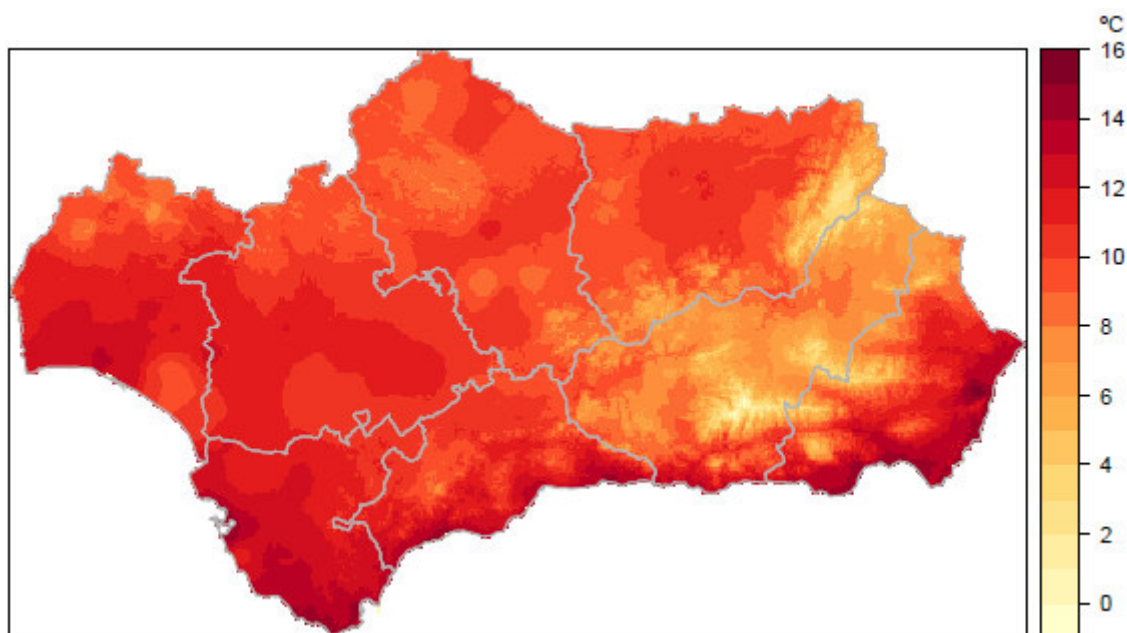


Figura 21: Temperatura mínima anual (media de las temperaturas mínimas mensuales) observada en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Al igual que en el caso de la temperatura media, cabe destacar que los valores más elevados se encuentran en la depresión bética, el sureste de Andalucía y la costa mediterránea, mientras que los valores más bajos se encuentran en amplias zonas de Andalucía oriental sobre las elevaciones de los Sistemas Béticos.

En la Tabla 7 pueden observarse las temperaturas mínimas anuales (media de las temperaturas mínimas mensuales) predichas para cada escenario, modelo y periodo. Se incluyen las diferencias con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 7: Evolución anual prevista de la variable Temperatura mínima anual (°C) en Andalucía (media de las temperaturas mínimas mensuales). Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	9.9	10.4 (0.5)	11.2 (1.3)	11.7 (1.8)
	ESM1		11.1 (1.2)	11.8 (1.9)	12.2 (2.3)
	GFDL		11.2 (1.3)	11.8 (1.9)	12.1 (2.2)
	MIROC		11.5 (1.6)	12.4 (2.5)	13.2 (3.3)
RCP8.5	CGCM3		10.7 (0.8)	11.7 (1.8)	13.1 (3.2)
	ESM1		11.2 (1.3)	12.2 (2.3)	13.6 (3.7)
	GFDL		11.4 (1.5)	12.4 (2.5)	13.9 (4.0)
	MIROC		11.5 (1.6)	13.4 (3.5)	15.6 (5.7)

El modelo MIROC es el que predice un mayor aumento de la temperatura máxima anual en ambos escenarios, llegando a predecir para el escenario RCP8.5 un aumento de 7,4°C en el periodo 2071-2099 con respecto a la temperatura máxima anual observada en el periodo 1961-2000. Para el escenario RCP4.5, los modelos ESM1 Y GFDL realizan predicciones similares, en torno a los 2,5°C para el periodo 2041-2070 y los 2,9°C para el periodo 2071-2099. El modelo CGCM3 es el que predice un menor aumento de la temperatura máxima anual, siendo este aumento de 1,6°C para el periodo 2041-2070 y de 2,2°C para el periodo 2071-2099. Para el escenario RCP8.5, los modelos ESM1 Y GFDL también realizan predicciones similares, aunque con una diferencia en torno a 0,3°C entre ellos. El modelo CGCM3 también es el que predice un menor aumento de la temperatura máxima anual para el escenario RCP8.5, siendo este aumento de 4,6°C para el periodo 2041-2070 y de 7,4°C para el periodo 2071-2099.

5.3.1.1 Incremento anual según el escenario RCP4.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial del incremento de la temperatura mínima anual (media de las temperaturas mínimas mensuales) con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

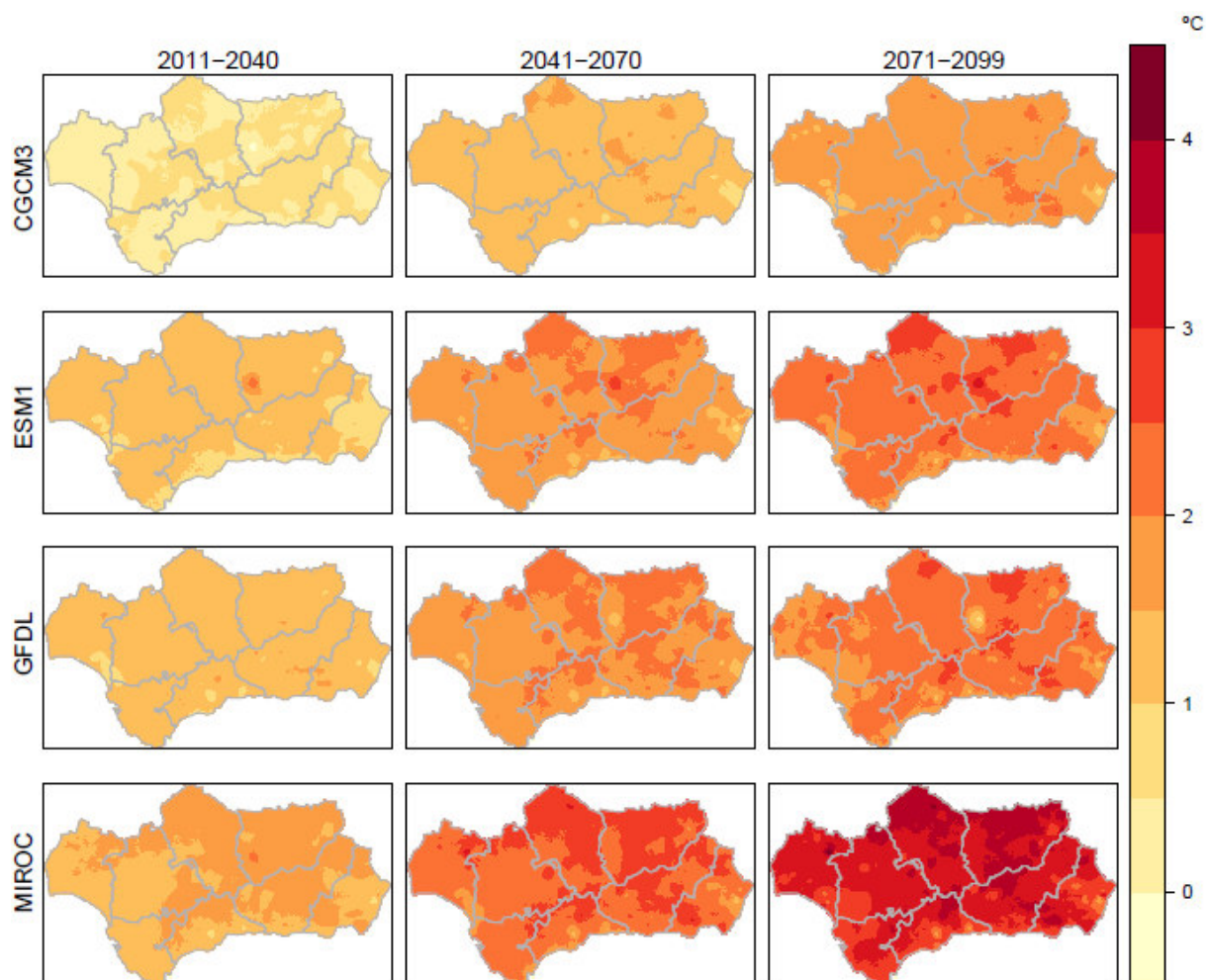


Figura 22: Variación respecto al periodo de referencia, de la temperatura mínima anual (media de las temperaturas mínimas mensuales) por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior destaca cómo el modelo MIROC es el que predice un mayor aumento de la temperatura mínima anual, fundamentalmente durante el periodo 2071-2099, en el que predice aumentos en torno a los 3-4°C, siendo ligeramente más bajos en las zonas de influencia costera y en parte de la zona Mediterránea sub-continental de inviernos fríos. En este caso las predicciones de un menor aumento de la temperatura mínima mensual son las del modelo GFDL, que predicen un aumento de entre 1 y 2°C durante el periodo 2071-2100, predicciones similares a las de los modelos CGCM3 y ESM1 durante el periodo 2041-2070.

5.3.1.2 Incremento anual según el escenario RCP8.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial del incremento de la temperatura mínima anual (media de las temperaturas mínimas mensuales) con respecto al periodo observado

(1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

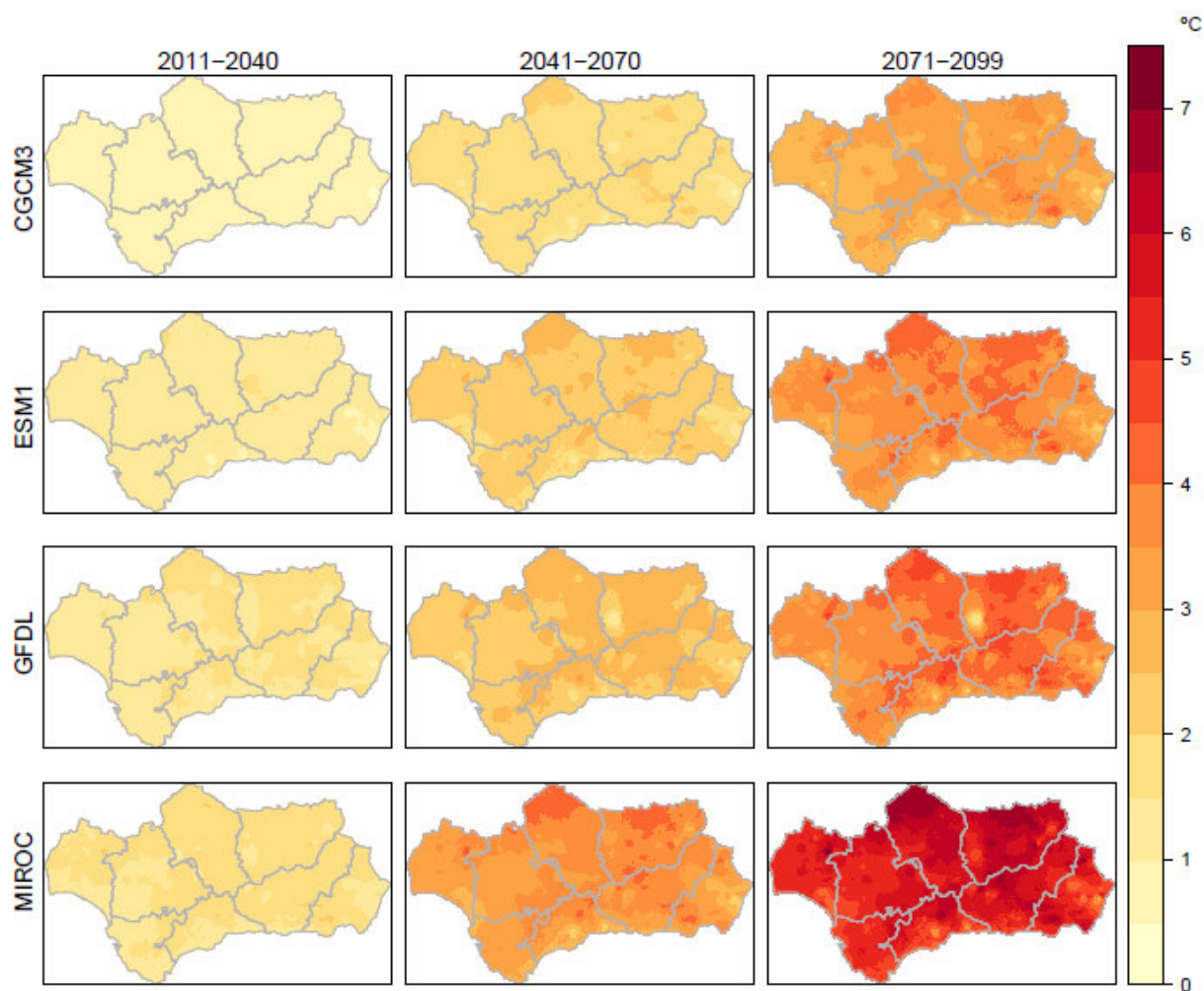


Figura 23: Variación respecto al periodo de referencia, de la temperatura mínima anual (media de las temperaturas mínimas mensuales) predicha para los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior puede observarse cómo el modelo MIROC sigue siendo el que predice un mayor aumento de la temperatura mínima mensual anual en los periodos 2041-2070 y 2071-2099. Durante el periodo 2071-2099 predice un aumento de la temperatura media anual por encima de los 7°C con respecto al periodo observado (1961-2000). El resto de modelos realizan unas predicciones similares entre sí, más moderadas para el periodo 2041-2070 y más elevadas para el periodo 2071-2099, en el que estarían en torno a los 3-5°C (similares a las predicciones del modelo MIROC durante el periodo 2041-2070).

5.3.1.3 Evolución mensual de las temperaturas mínimas mensuales

La Figura siguiente muestra las temperaturas mínimas mensuales (media de las temperaturas mínimas diarias) observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

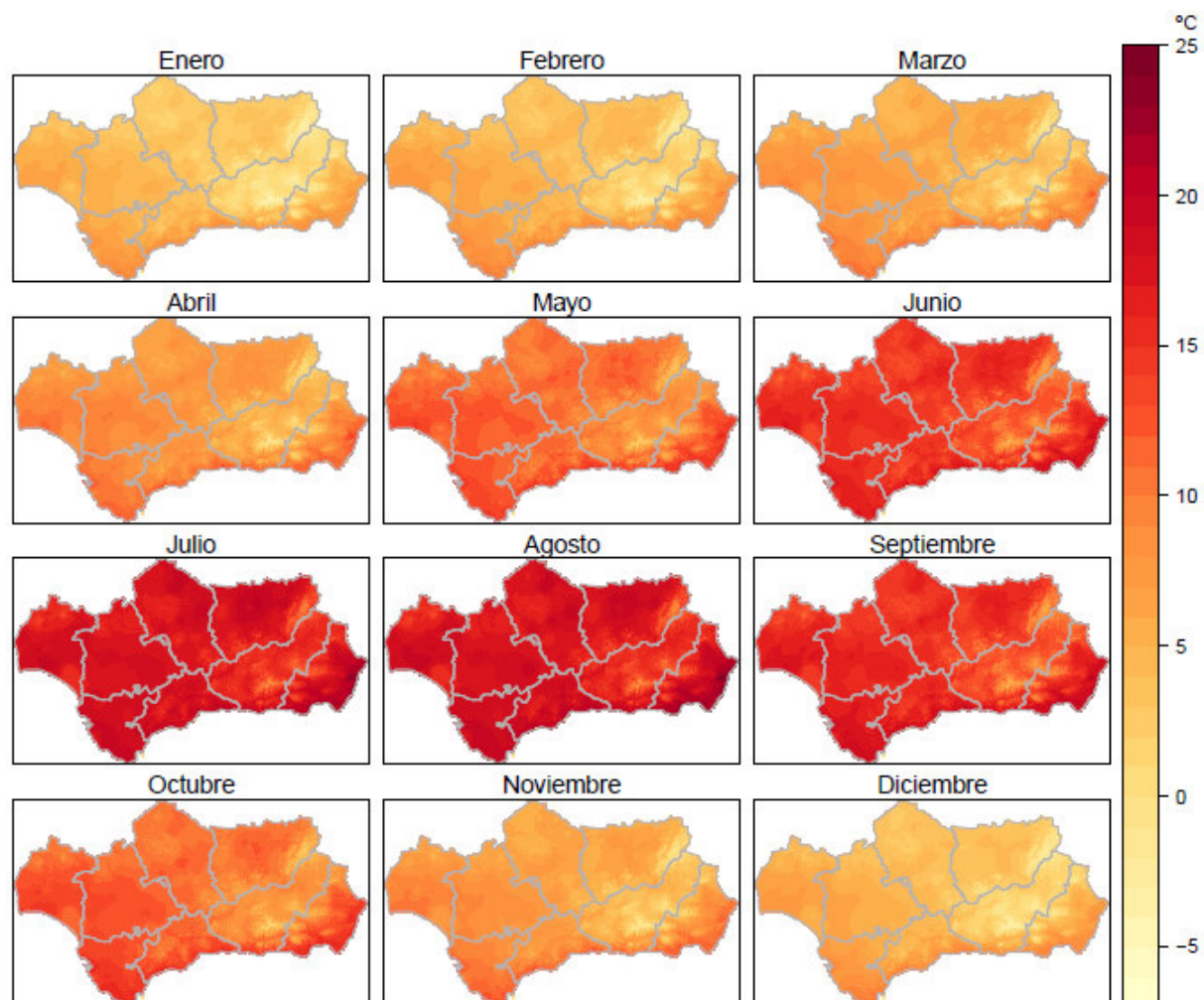


Figura 24: Temperaturas mínimas mensuales observadas (media de las temperaturas mínimas diarias) en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Durante el periodo estival las temperaturas mínimas mensuales sobrepasan los 15°C y en algunos casos los 20°C exceptuando las zonas de montaña y del Mediterráneo continental.

La Figura anterior muestra la evolución de la temperatura mínima mensual predicha por cada uno de los modelos para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5.

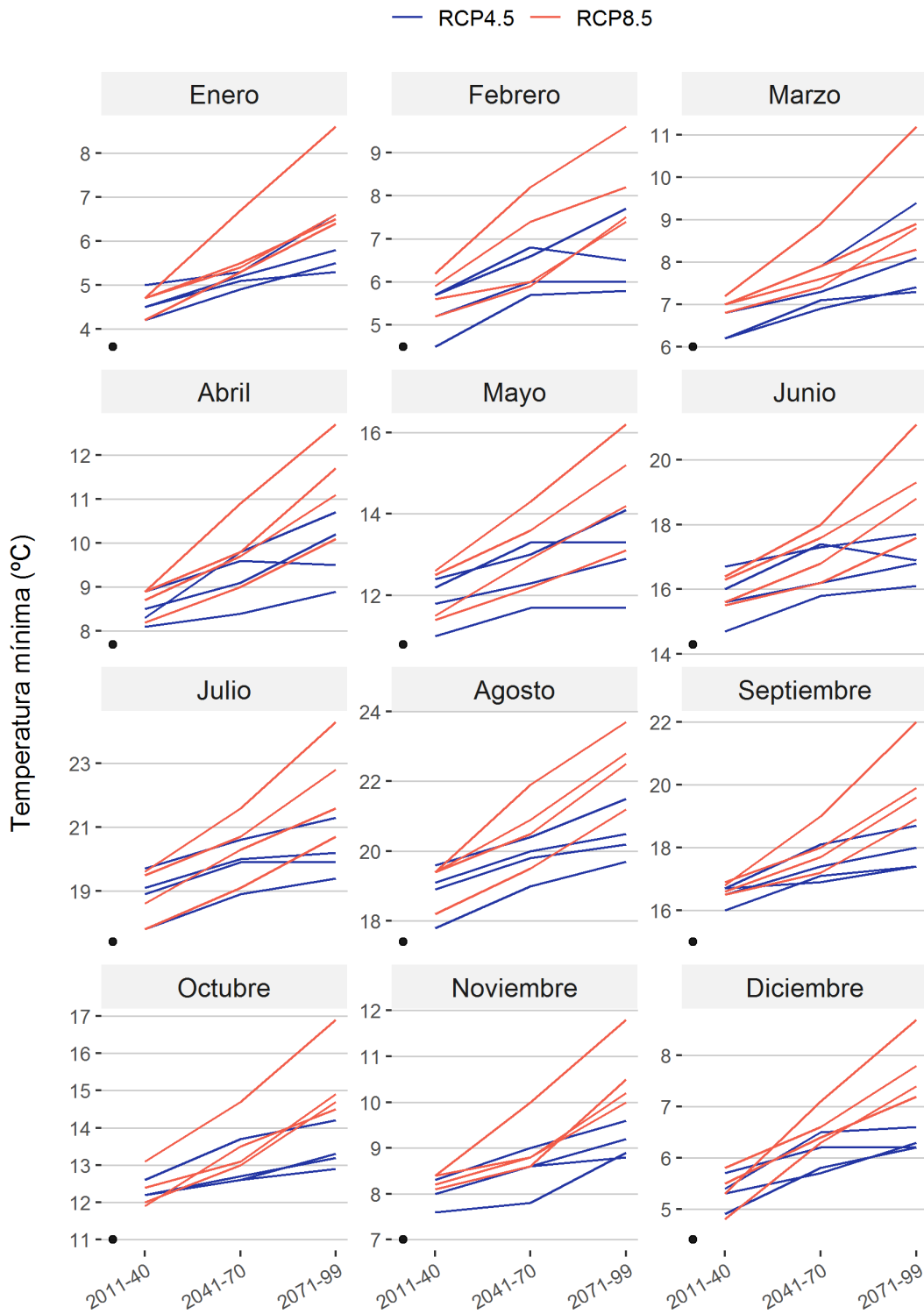


Figura 25: Evolución prevista de la variable Temperatura mínima mensual (°C) (media de las temperaturas mínimas diarias) en Andalucía. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000

Durante el periodo 1961-2000 se ha observado que los meses de enero (con 3,6°C) y diciembre (con 4,4°C) son los meses que presentan unos valores medios más bajos. Teniendo en cuenta las previsiones del modelo CGCM3, durante periodo 2011-2040 estas temperaturas mínimas descenderán a 4,2°C en el mes de enero y febrero sería el siguiente mes con la temperatura mínima más baja (4,5°C); durante el periodo 2041-2070 la temperatura mínima del mes de enero sería de 4,9°C seguido de diciembre y febrero, ambos con 5,7°C; por último, durante el periodo 2071-2100 la temperatura mínima del mes de enero alcanzará los 5,3°C seguido del mes de febrero con 5,8°C, suponiendo un aumento de 1,7°C y 1,3°C respectivamente con respecto al periodo observado (1961-2000).

5.3.2 Provincias

A continuación, se analiza la evolución de las temperaturas mínimas anuales (media de las mínimas mensuales) en cada provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP45 y RCP85), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia temperatura mínima anual (media de las temperaturas mínimas mensuales) en cada una de las provincias.

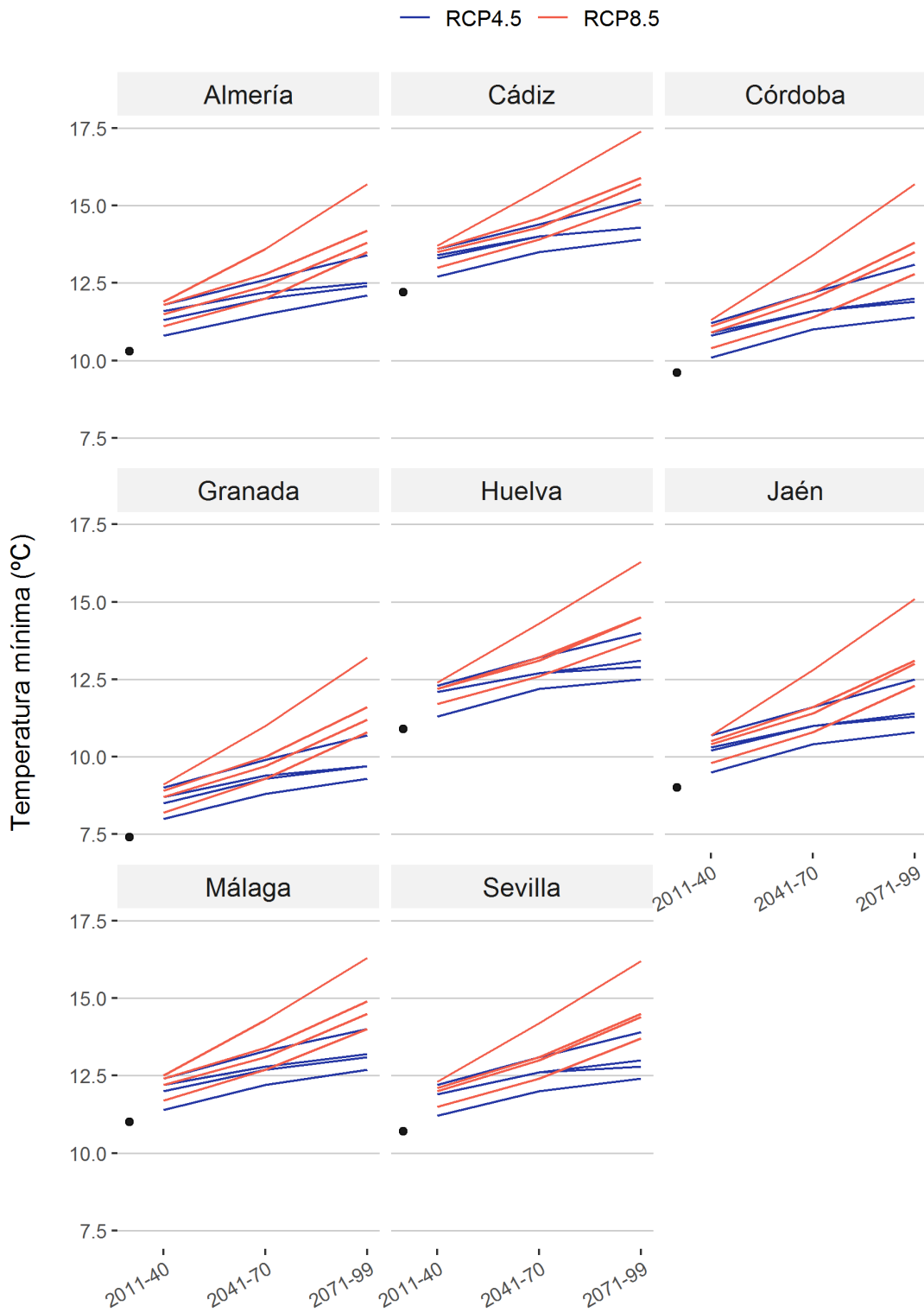


Figura 26: Evolución prevista de la variable Temperatura mínima anual (°C) (media de las mínimas mensuales) en cada provincia. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior vemos como, según las predicciones de los modelos Granada y Jaén continuarán siendo las provincias con unos valores más bajos de la temperatura mínima, con un rango entre 9,3°C y 13,2°C de temperatura mínima anual durante el periodo 2017-2099 en el caso de Granada y entre 10,8°C y 15,1°C de temperatura mínima anual durante el periodo 2017-2099 en el caso de Jaén.

Durante el periodo observado (1961-2000) las provincias de Granada y Jaén han sido las que han mostrado unos valores más bajos de la temperatura mínima anual (7,4°C y 9°C, respectivamente). Según las previsiones del modelo CGCM3 (escenario RCP4.5), Granada y Jaén continuarán siendo las provincias con unos valores más bajos de la temperatura mínima anual, con 8°C y 9,5°C respectivamente durante el periodo 2011-2040, 8,8°C y 10,4°C respectivamente durante el periodo 2041-2070, y 9,3°C y 10,8°C respectivamente durante el periodo 2071-2100.

En cuanto a los valores mensuales, cabe destacar que Granada y Jaén también han sido las que han mostrado unos valores más bajos de la temperatura mínima mensual (1,1°C y 2,1°C, respectivamente), ambas durante el mes de enero. Por otra parte, Cádiz y Almería y Málaga son las provincias con una temperatura mínima mensual más elevada durante el periodo 1961-2000, siendo de 18,8°C para el caso de Cádiz y de 18,4°C para Almería y Málaga, todas durante el mes de agosto.

En cuanto a las predicciones de los modelos, el modelo CGCM3 predice que Granada y Jaén continuarán siendo las provincias con unos valores más bajos de la temperatura mínima mensual en cualquiera de los tres periodos estudiados, siendo de 1,7°C y 2,7°C respectivamente durante el periodo 2011-2040 (escenario RCP4.5), 2,4°C y 3,4°C respectivamente durante el periodo 2041-2070 (escenario RCP4.5) y 2,8°C y 3,8°C respectivamente durante el periodo 2071-2100 (escenario RCP4.5), siempre durante el mes de enero. Sin embargo, según las predicciones del modelo MIROC (Escenario RCP8.5) Jaén será la provincia que experimentará un mayor aumento de la temperatura mínima mensual durante los tres periodos estudiados (2,8°C en el mes de julio durante el periodo 2011-2040, 5,3°C en el mes de agosto durante el periodo 2041-2070 y 8,3°C en el mes de septiembre durante el periodo 2071-2100).

5.3.3 Capitales de provincia

A continuación, analizaremos la evolución de la temperatura mínima anual (media de las mínimas mensuales) en las capitales de provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP45 y RCP85), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia de la temperatura mínima anual (media de las mínimas mensuales) en cada una de las capitales de provincia.

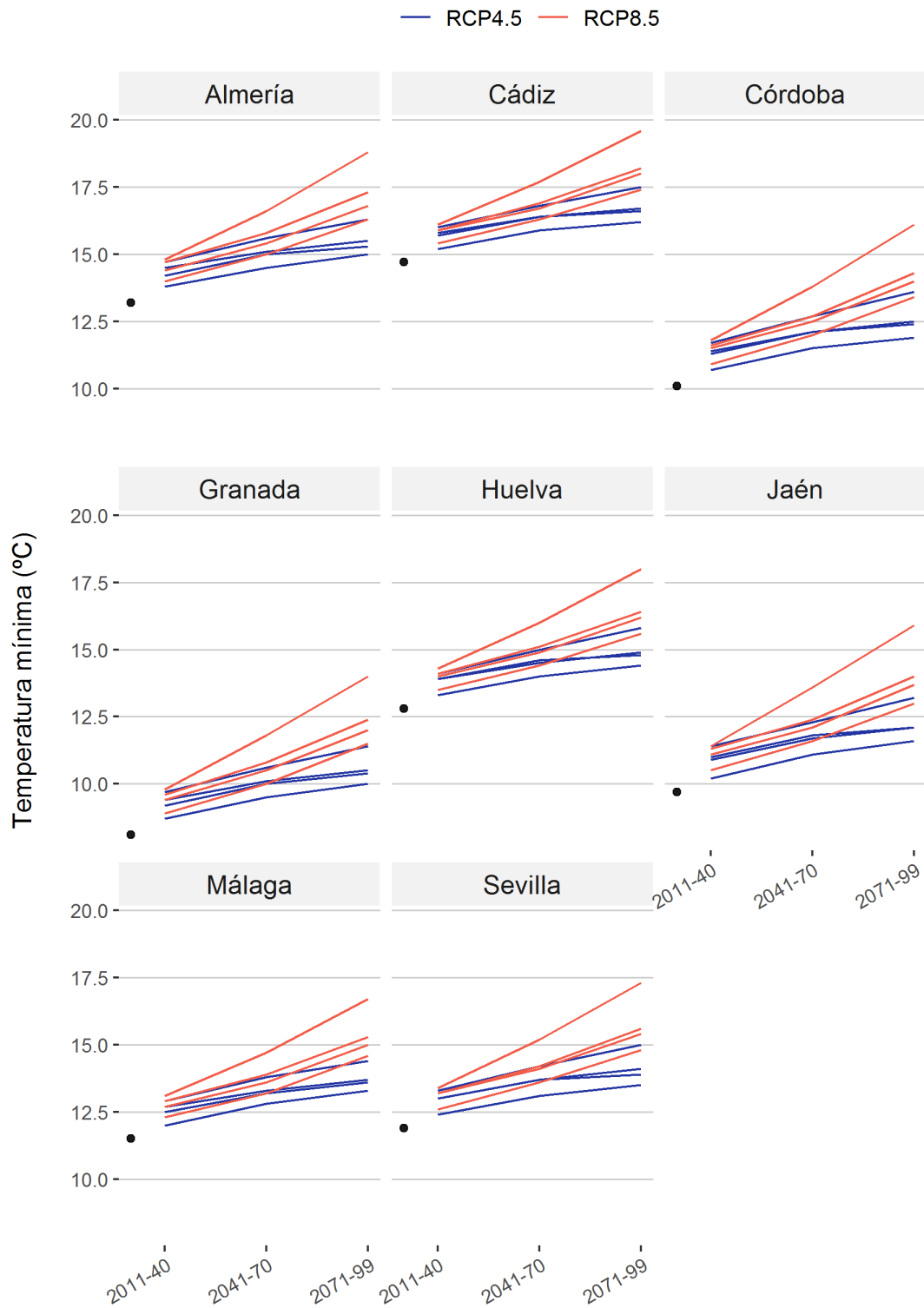


Figura 27: Evolución prevista de la variable Temperatura mínima anual (°C) (media de las mínimas mensuales) en cada capital de provincia. El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior vemos como durante el periodo observado (1961-2000) solamente Granada y Jaén presentan una temperatura mínima anual por debajo de los 10°C (media de las mínimas mensuales). Según las previsiones de los modelos, Jaén superaría los 10°C de temperatura mínima anual durante el periodo 2011-2040 y Granada lo superará durante el periodo 2071-2099. Sin embargo, Jaén es la capital para la que el modelo MIROC (RCP85) predice un mayor aumento de la temperatura mínima anual durante el periodo 2071-2099, siendo de 6,2°C con respecto al periodo observado (1961-2000).

Teniendo en cuenta el periodo observado (1961-2000) Granada y Jaén son las capitales de provincia con una temperatura mínima anual más baja, siendo de 8,1°C y 9,7°C respectivamente. Según las previsiones del modelo CGCM3 (escenario RCP4.5), Granada y Jaén continuarán siendo las provincias con una temperatura mínima anual más baja a lo largo de los tres periodos estudiados, con 8,7°C y 10,2°C respectivamente durante el periodo 2011-2040, 9,5°C y 11,1°C respectivamente durante el periodo 2041-2070, y 10°C y 11,6°C respectivamente durante el periodo 2071-2100.

En cuanto a los datos mensuales, Granada y Jaén también son las que presentan una temperatura mínima mensual más baja durante el periodo observado (1961-2000), siendo de 1,3°C y 3°C respectivamente (ambas durante el mes de enero).

Analizando las predicciones de los modelos, el CGCM3 (RCP8.5) predice que durante el periodo 2011-2040 Granada y Jaén continuarán siendo las capitales de provincia con una temperatura mínima mensual más baja, siendo de 1,9°C y 3,6°C respectivamente (ambas durante el mes de enero). En los siguientes periodos, el modelo CGCM3 (RCP4.5) predice que durante el periodo 2041-2070 Granada y Jaén continuarán siendo las capitales de provincia con una temperatura mínima mensual más baja, siendo de 2,8°C y 4,4°C respectivamente (ambas durante el mes de enero), mientras que el modelo GFDL (RCP4.5) predice que durante el periodo 2071-2099 Granada y Jaén continuarán siendo las capitales de provincia con una temperatura mínima mensual más baja, siendo de 3,1°C y 4,7°C respectivamente (ambas durante el mes de enero).

5.4 Número de días al año con temperaturas superiores a 40°C

A continuación, se analizarán el número de días al año con temperaturas superiores a 40°C en los siguientes ámbitos territoriales:

- Comunidad autónoma
- Capitales de provincia

En cada uno de los ámbitos territoriales analizaremos el número de días al año con temperaturas superiores a 40°C durante el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución del número de días al año con temperaturas superiores a 40°C para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

5.4.1 Comunidad autónoma

La Figura siguiente muestra el número de días al año con temperaturas superiores a 40°C observados en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

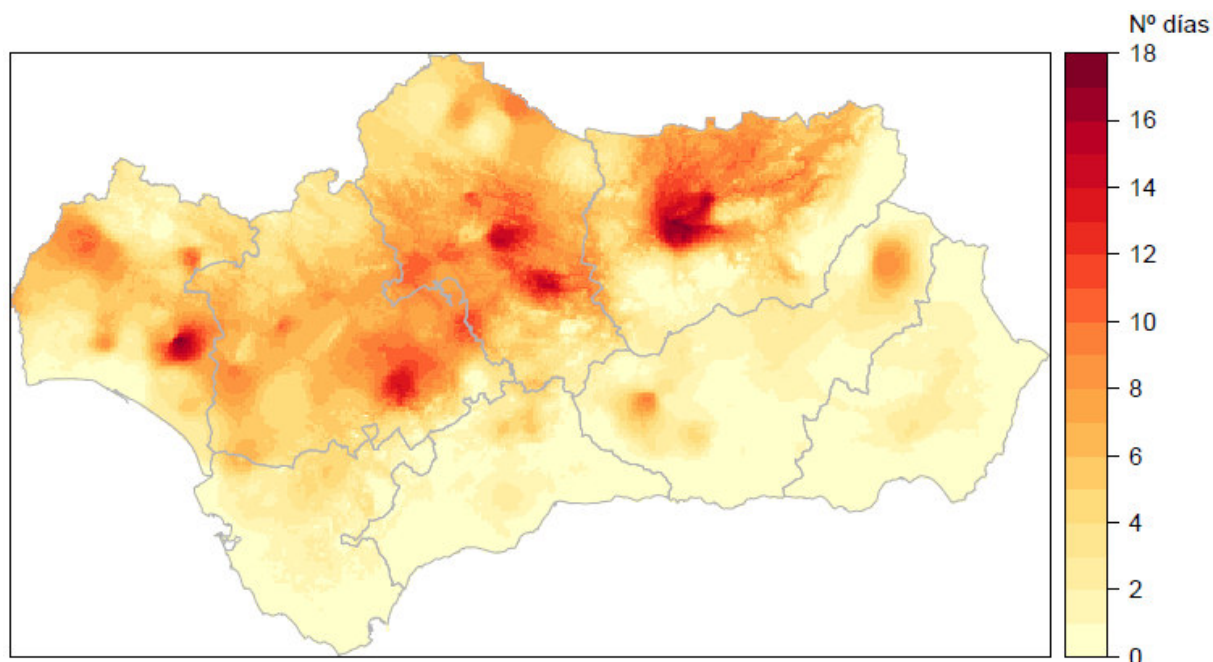


Figura 28: Número de días al año con temperaturas superiores a 40°C observados en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Cabe destacar que las zonas que presentan un mayor número de días con temperaturas superiores a 40°C se encuentran en el valle del Guadalquivir.

En la Tabla siguiente pueden observarse el número de días al año con temperaturas superiores a 40°C predichos para cada escenario, modelo y periodo. Se incluyen las diferencias con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 8: Evolución prevista de la variable N° días al año con temperaturas >40°C en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	3.9	6.0 (2.1)	12.8 (8.9)	19.3 (15.4)
	ESM1		13.3 (9.4)	23.2 (19.3)	25.9 (22.0)
	GFDL		10.5 (6.6)	16.9 (13.0)	20.6 (16.7)
	MIROC		17.8 (13.9)	29.7 (25.8)	39.2 (35.3)
RCP8.5	CGCM3		7.1 (3.2)	18.0 (14.1)	37.3 (33.4)
	ESM1		14.0 (10.1)	28.9 (25.0)	53.8 (49.9)
	GFDL		13.2 (9.3)	25.6 (21.7)	51.0 (47.1)
	MIROC		16.6 (12.7)	44.9 (41.0)	83.9 (80.0)

Durante el periodo 1961-2000 se ha observado una media de 3.9 días al año con temperaturas superiores a 40°C. Teniendo en cuenta las predicciones de los modelos, el número de días al año con temperaturas superiores a 40°C se incrementará en el periodo 2011-2040 entre 2.1 (modelo CGCM3 para el escenario RCP4.5) y 13.9 (modelo MIROC para el escenario RCP4.5) días, en el periodo 2041-2070 entre 8.9 (modelo CGCM3 para el escenario RCP4.5) y 41 (modelo MIROC para el escenario RCP8.5) y en el periodo 2071-2099 entre 15.4 (modelo CGCM3 para el escenario RCP4.5) y 80 (modelo MIROC para el escenario RCP8.5).

5.4.1.1 Incremento anual según el escenario RCP4.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial del incremento del número de días al año con temperaturas superiores a 40°C con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

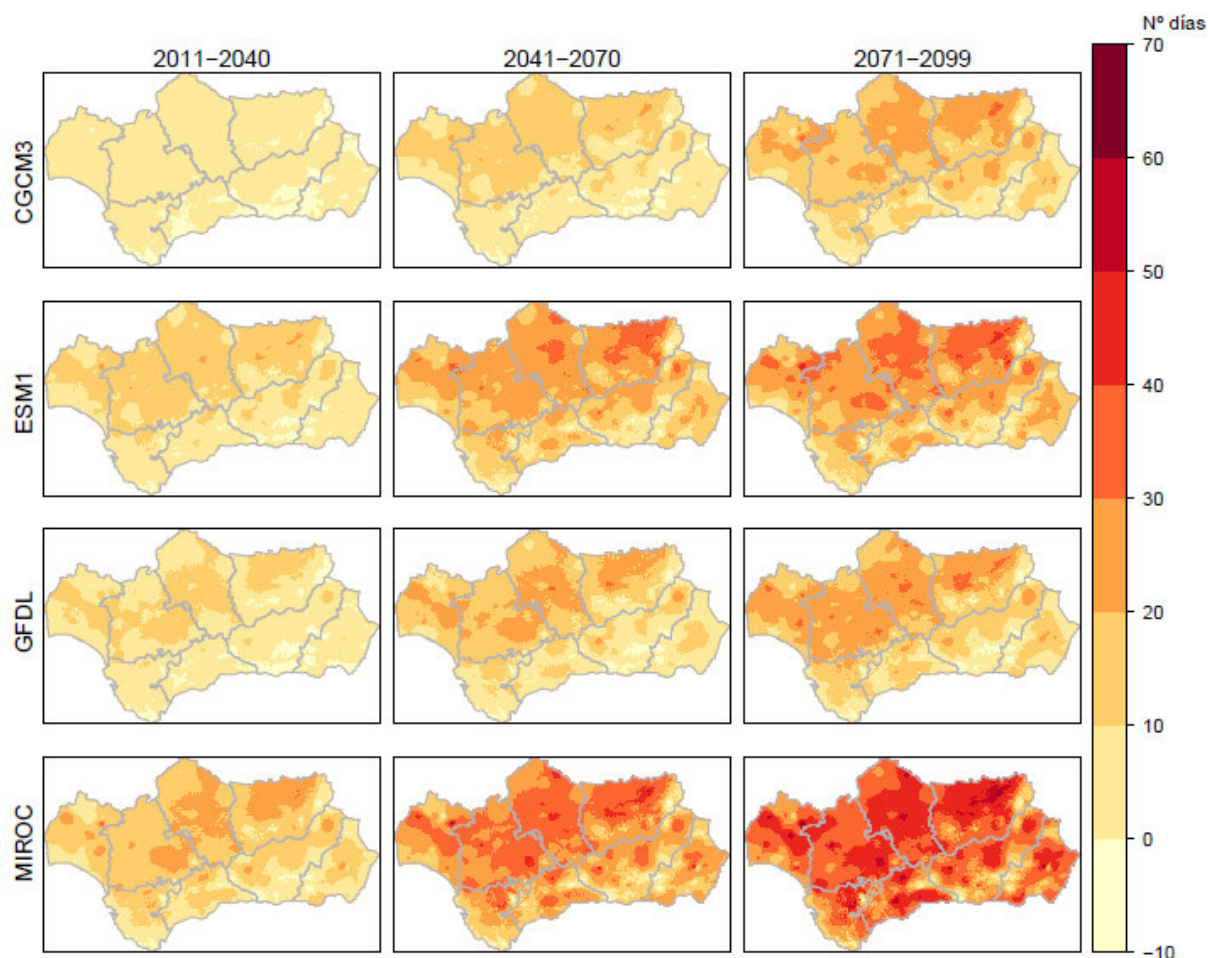


Figura 29: Variación respecto al periodo de referencia, del número de días al año con temperaturas superiores a 40°C predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior puede observarse cómo el modelo MIROC es el que predice un mayor aumento del número de días al año con temperaturas superiores a 40°C, que en algunas zonas sobrepasaría los 50 días durante el periodo 2071-2099. El modelo ESM1 realiza unas predicciones más moderadas, en torno a los 30 días con temperaturas superiores a 40°C durante los periodos 2011-2040 y 2041-2070. Por último, los modelos GFDL y CGCM3 predicen en torno a 10-20 días con temperaturas superiores a 40°C durante los periodos 2011-2040 y 2041-2070.

El patrón espacial varía bastante en cada modelo, pero sí puede observarse que en general las zonas de influencia marítima parecen las menos afectadas. Las provincias de Sevilla, Córdoba y Jaén serán las más afectadas por la ola de calor estival.

5.4.1.2 Incremento anual según el escenario RCP8.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial del incremento del número de días al año con temperaturas superiores a 40°C con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

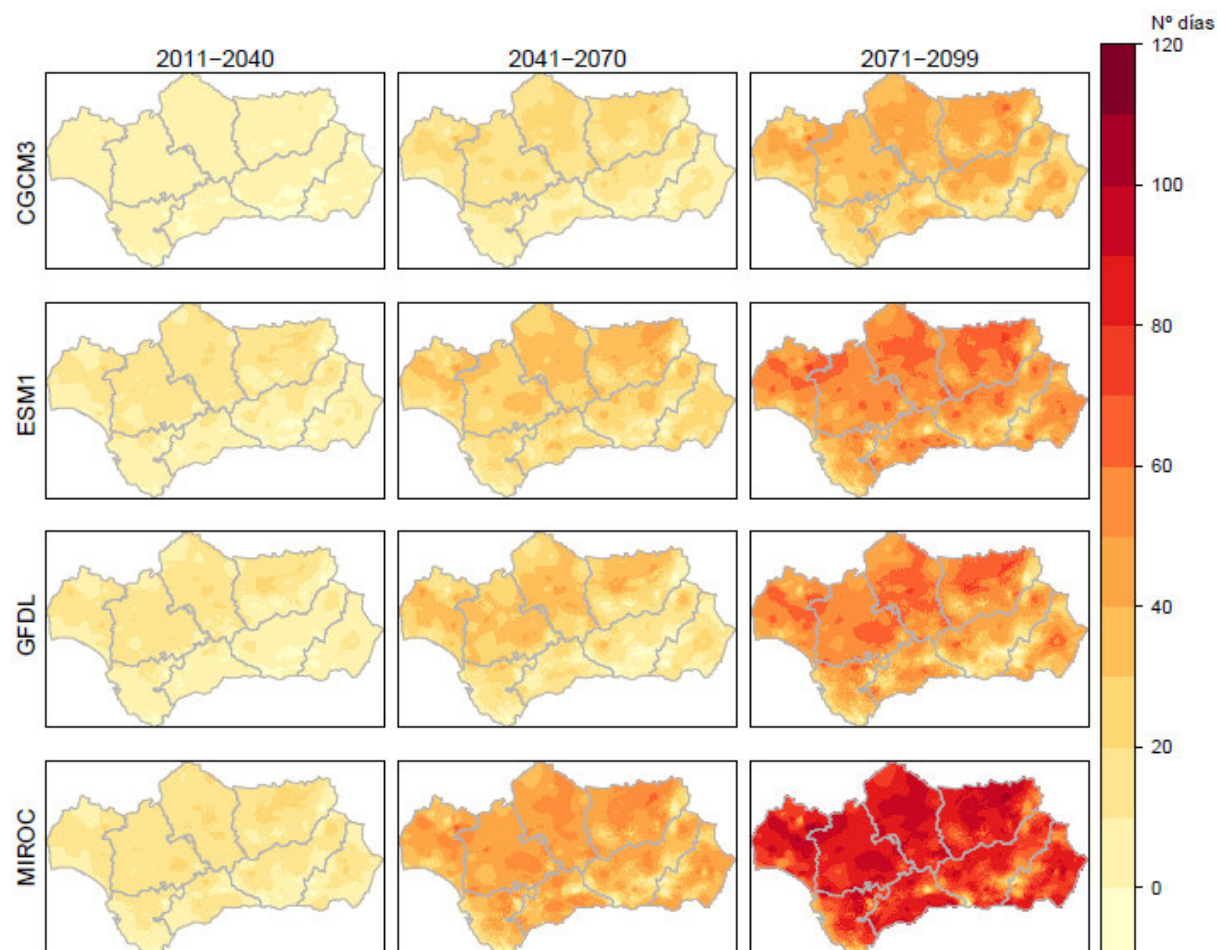


Figura 30: Variación respecto al periodo de referencia, del número de días al año con temperaturas superiores a 40°C predicha para cada mes por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5. La escala mide la diferencia en grados centígrados de la temperatura media anual observada entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior destaca cómo el modelo MIROC es el que predice un mayor aumento del número de días al año con temperaturas superiores a 40°C, que en algunas zonas sobrepasaría los 80 días e incluso llegaría a los 100 días durante el periodo 2071-2099. Los modelos ESM1 y GFDL realizan unas predicciones más moderadas, en torno a los 20-40 días con temperaturas superiores a 40°C durante el periodo 2011-2040 y de 40-60 días con temperaturas superiores a 40°C durante el periodo 2041-2070. Por último, el modelo CGCM3 predice en torno a 10-20 días con temperaturas superiores a 40°C durante el periodo 2011-2040 y 20-40 días con temperaturas superiores a 40°C durante el periodo 2041-2070.

En cuanto a los patrones espaciales vuelven a ser las provincias de Jaén y Córdoba las más afectadas seguida de Sevilla. Las provincias de Cádiz y Málaga parecen menormente afectadas.

5.4.2 Capitales de provincia

A continuación, analizaremos la evolución del número de días al año con temperaturas superiores a 40°C en las capitales de provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP45 y RCP85), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la evolución del número de días al año con temperaturas superiores a 40°C en cada una de las capitales de provincia.

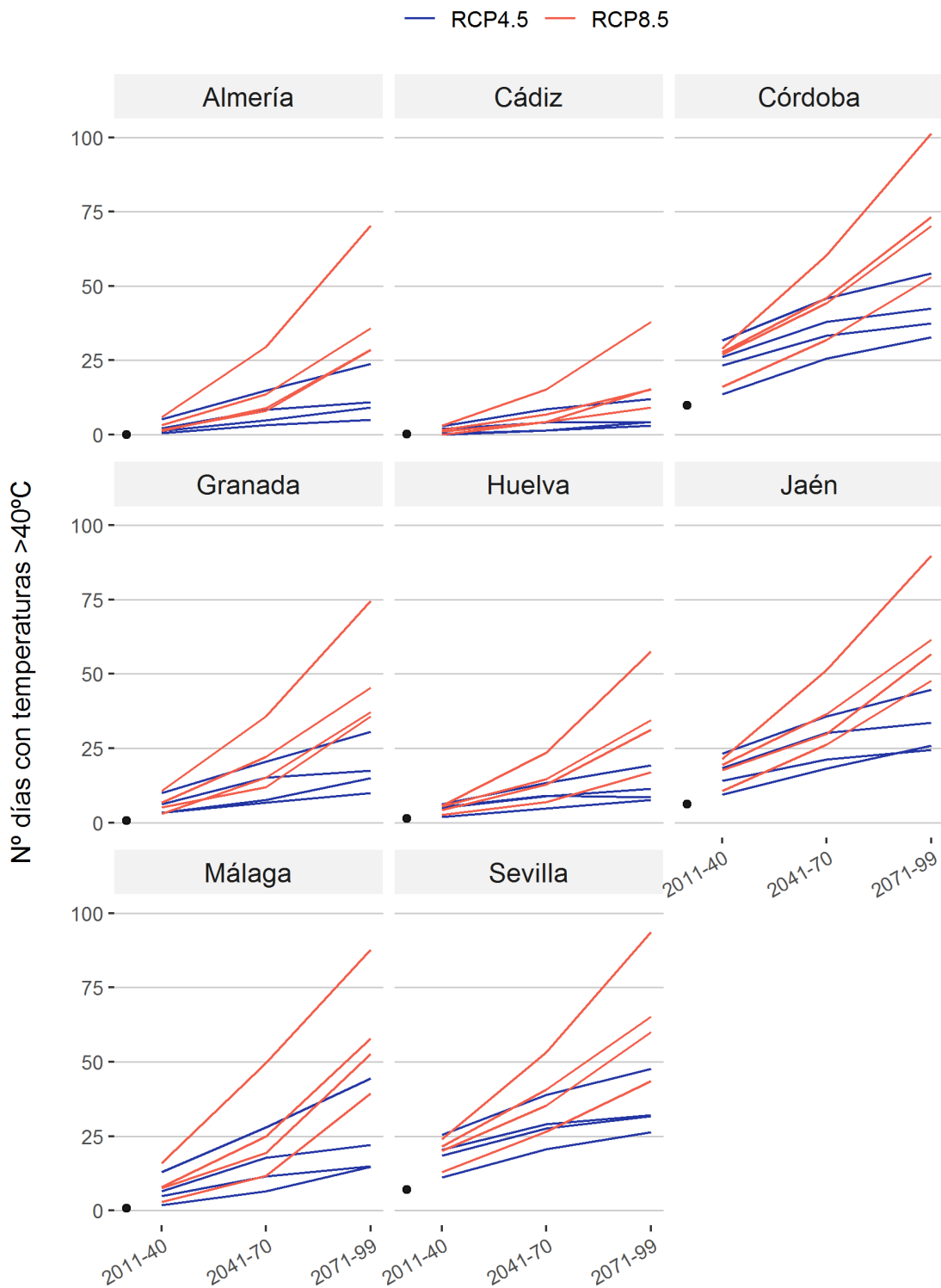


Figura 31: Evolución anual prevista de la variable Nº días con temperaturas >40°C para cada capital de provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior vemos cómo, según las previsiones de los modelos, Córdoba, Málaga y Sevilla serán las capitales de provincia que experimentarán un mayor aumento del número de días al año con temperaturas superiores a 40°C, mientras que capitales como Cádiz y Almería serán las que experimentarán un menor aumento con respecto al periodo de referencia (1961-2000).

Teniendo en cuenta el periodo observado (1961-2000) Córdoba y Sevilla son las capitales de provincia con mayor número de días al año con temperaturas superiores a 40°C, con una media de 9.9 y 7 días respectivamente, mientras que Almería y Cádiz son las capitales de provincia con menor número de días al año con temperaturas superiores a 40°C, con una media de 0.1 y 0.2 días respectivamente.

Analizando las predicciones de los modelos, durante el periodo 2011-2040 el modelo MIROC predice para el escenario RCP4.5 que Córdoba y Sevilla aumentarán el número de días al año con temperaturas superiores a 40°C en una media de 21.9 y 18.5 días respectivamente, mientras que el modelo CGCM3 predice el escenario RCP4.5 que Cádiz pasará a no tener ningún día al año con temperaturas superiores a 40°C.

Durante el periodo 2041-2070 el modelo MIROC predice para el escenario RCP8.5 que Córdoba y Málaga aumentarán el número de días al año con temperaturas superiores a 40°C en una media de 50.4 y 48.4 días respectivamente, mientras que el modelo GFDL predice el escenario RCP4.5 que Cádiz aumentará el número de días al año con temperaturas superiores a 40°C en una media de 1.2 días con respecto al periodo de referencia (1960-2000).

Por último, durante el periodo 2071-2099 el modelo MIROC predice para el escenario RCP8.5 que Córdoba y Málaga aumentarán el número de días al año con temperaturas superiores a 40°C en una media de 91.4 y 87 días respectivamente, mientras que el modelo GFDL predice el escenario RCP4.5 que Cádiz aumentará el número de días al año con temperaturas superiores a 40°C en una media de 2.8 días con respecto al periodo de referencia (1960-2000).

5.5 Número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C

A continuación, se analizarán el número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C en los siguientes ámbitos territoriales:

- Comunidad autónoma
- Capitales de provincia

En cada uno de los ámbitos territoriales analizaremos el número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C durante el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución del número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

5.5.1 Comunidad autónoma

La Figura siguiente muestra el número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C observados en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

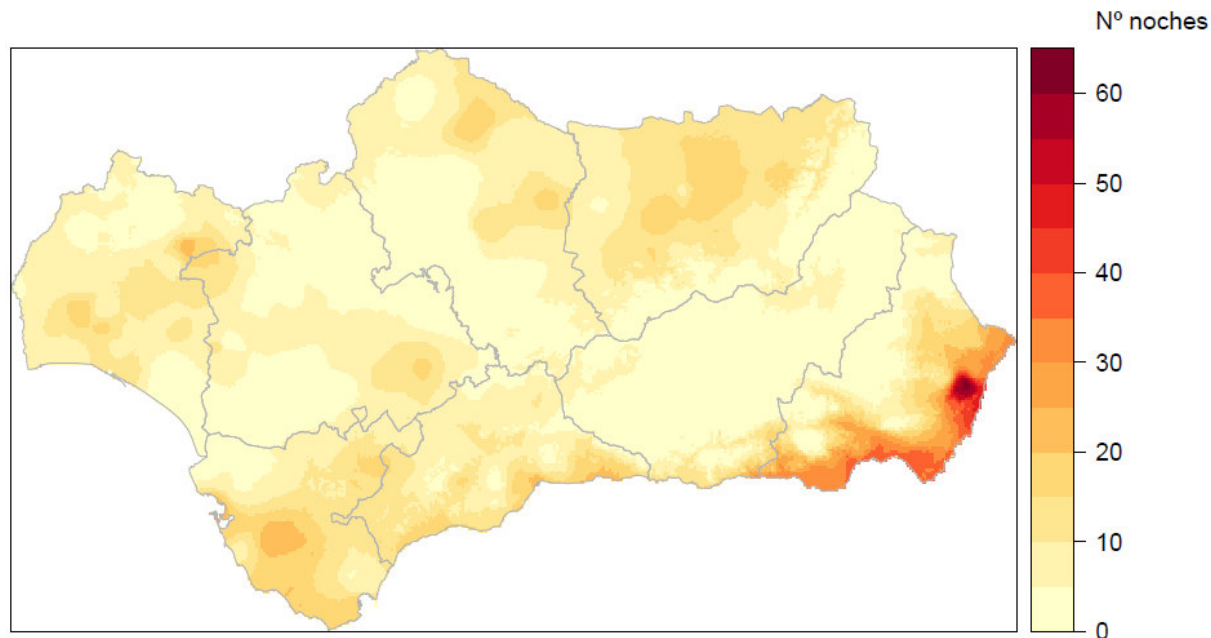


Figura 32: Número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C observados en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Cabe destacar que las zonas que presentan un mayor número de noches con temperaturas superiores a 22°C pertenecen a la zona del Mediterráneo sub-desértico, en el sureste de Andalucía.

En la Tabla siguiente pueden observarse el número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C predichos para cada escenario, modelo y periodo. Se incluyen entre paréntesis las diferencias con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 9: Evolución prevista de la variable número de noches al año con temperaturas >22°C en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	7.8	10.6 (2.8)	20.5 (12.7)	28.1 (20.3)
	ESM1		22.7 (14.9)	34.8 (27.0)	38.5 (30.7)
	GFDL		20.0 (12.2)	28.4 (20.6)	33.6 (25.8)
	MIROC		29.2 (21.4)	43.7 (35.9)	53.2 (45.4)
RCP8.5	CGCM3		12.5 (4.7)	25.7 (17.9)	47.0 (39.2)
	ESM1		23.6 (15.8)	41.3 (33.5)	67.9 (60.1)
	GFDL		24.1 (16.3)	41.4 (33.6)	68.7 (60.9)
	MIROC		26.5 (18.7)	59.5 (51.7)	100.2 (92.4)

Durante el periodo 1961-2000 se ha observado una media de 7.8 noches al año con temperaturas superiores a 22°C. Teniendo en cuenta las predicciones de los modelos, el número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C se incrementará en el periodo 2011-2040 entre 2.8 (modelo CGCM3 para el escenario RCP4.5) y 21.4 (modelo MIROC para el escenario RCP4.5) días, en el periodo 2041-2070 entre 12.7 (modelo CGCM3 para el escenario RCP4.5) y 51.7 (modelo MIROC para el escenario RCP8.5) y en el periodo 2071-2099 entre 20.3 (modelo CGCM3 para el escenario RCP4.5) y 92.4 (modelo MIROC para el escenario RCP8.5).

5.5.1.1 Incremento anual según el escenario RCP4.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial del incremento del número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

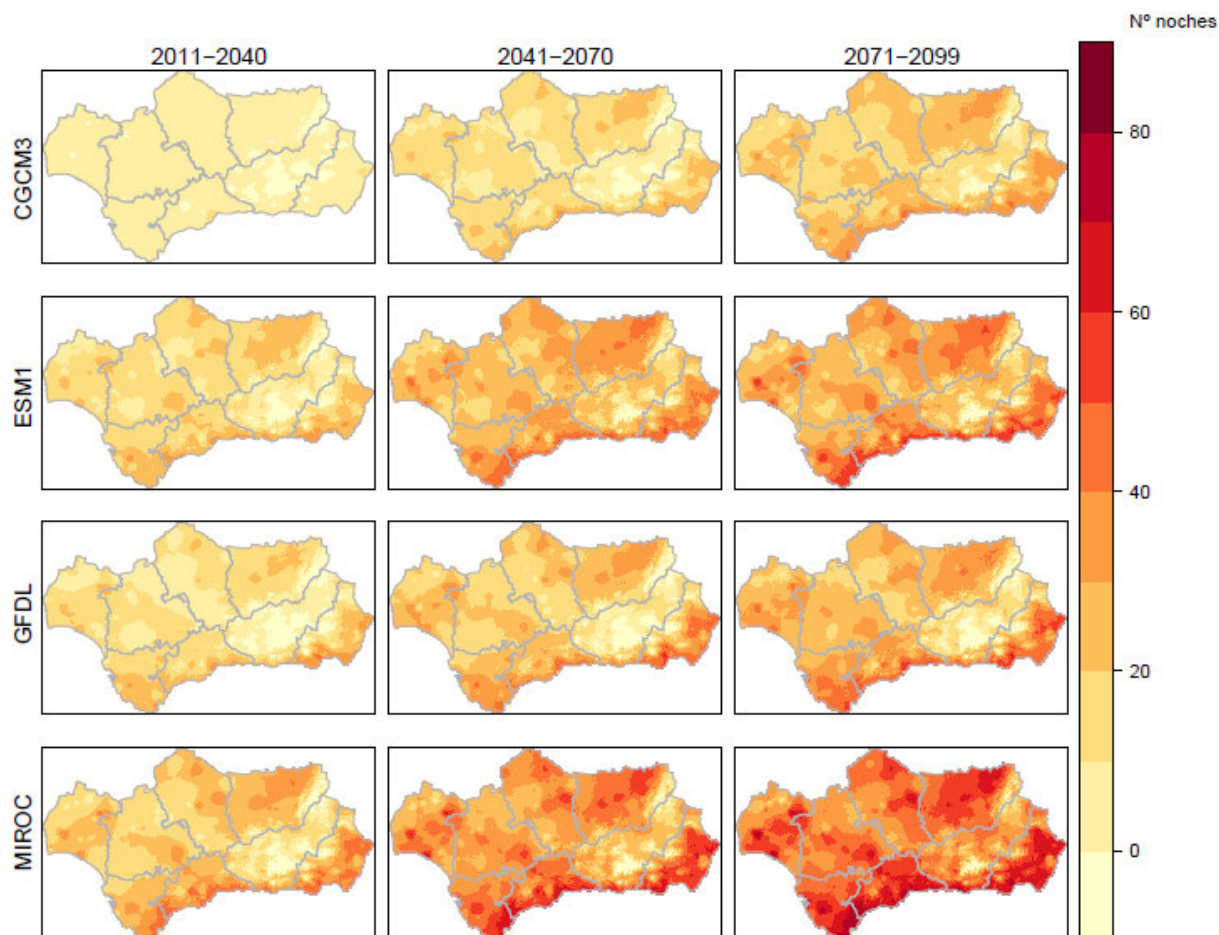


Figura 33: Variación respecto al periodo de referencia, del número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior destaca cómo el modelo MIROC es el que predice un mayor aumento del número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C, que en algunas zonas de costa sobrepasaría los 60-70 días durante el periodo 2071-2099. Los modelos ESM1, GFDL y CGCM3 realizan unas predicciones más moderadas para el interior de la comunidad, pero mantienen el aumento del número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C en las zonas de costa, especialmente en las de influencia Mediterránea.

5.5.1.2 Incremento anual según el escenario RCP8.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial del incremento del número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

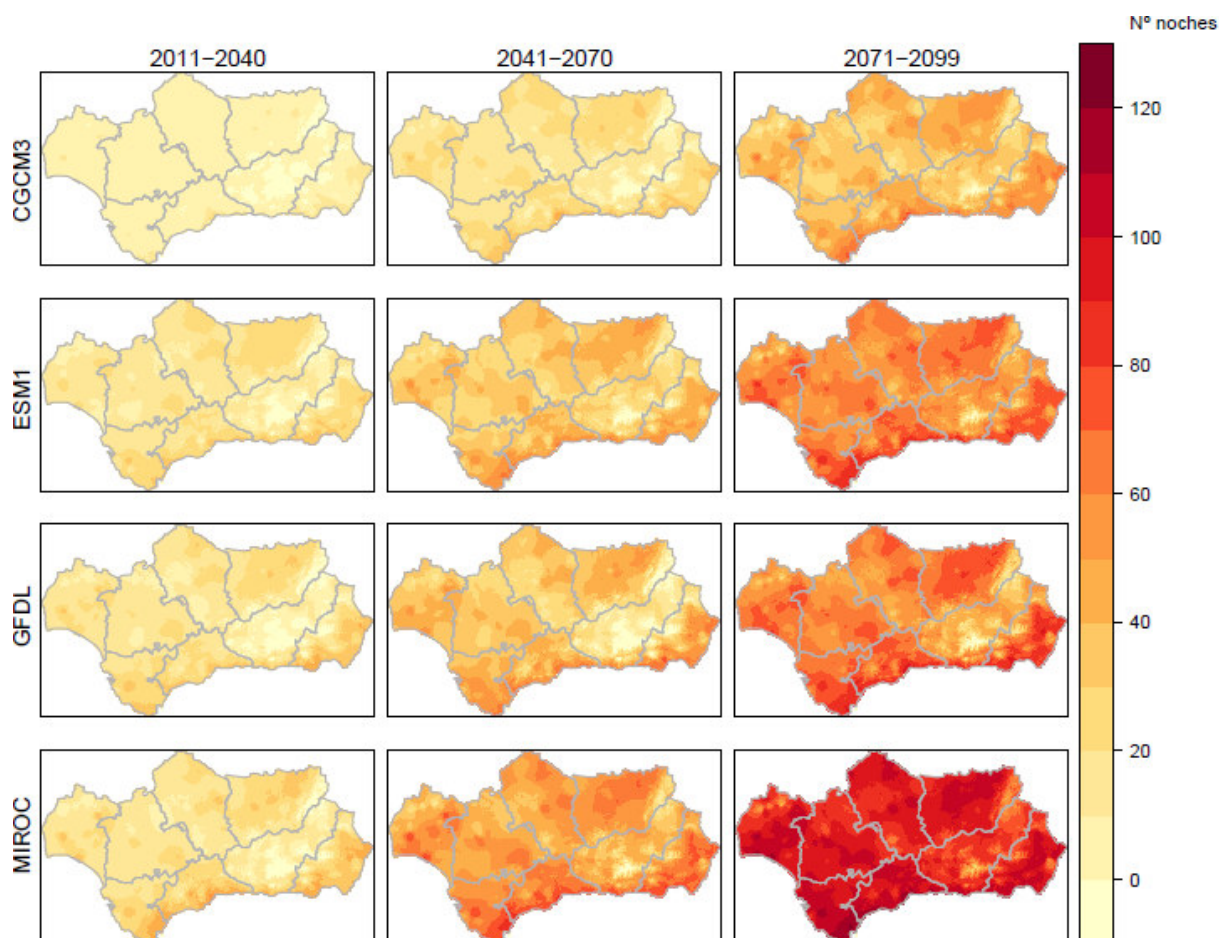


Figura 34: Variación respecto al periodo de referencia, del número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C predicha para cada mes por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5. La escala mide la diferencia entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

Figura anterior destaca cómo el modelo MIROC es el que predice un mayor aumento del número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C, que sobrepasaría los 90 e incluso los 100 días durante el periodo 2071-2099 a excepción de las zonas elevadas de los sistemas Béticos. Los modelos ESM1, GFDL y CGCM3 realizan unas predicciones más moderadas, pero mantienen el aumento del número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C en las zonas de costa, especialmente en las de influencia Mediterránea y un menor aumento sobre todo en las zonas montañosas de Andalucía oriental.

5.5.2 Capitales de provincia

A continuación, analizaremos la evolución del número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C en las capitales de provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP45 y

RCP85), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la evolución del número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C en cada una de las capitales de provincia.

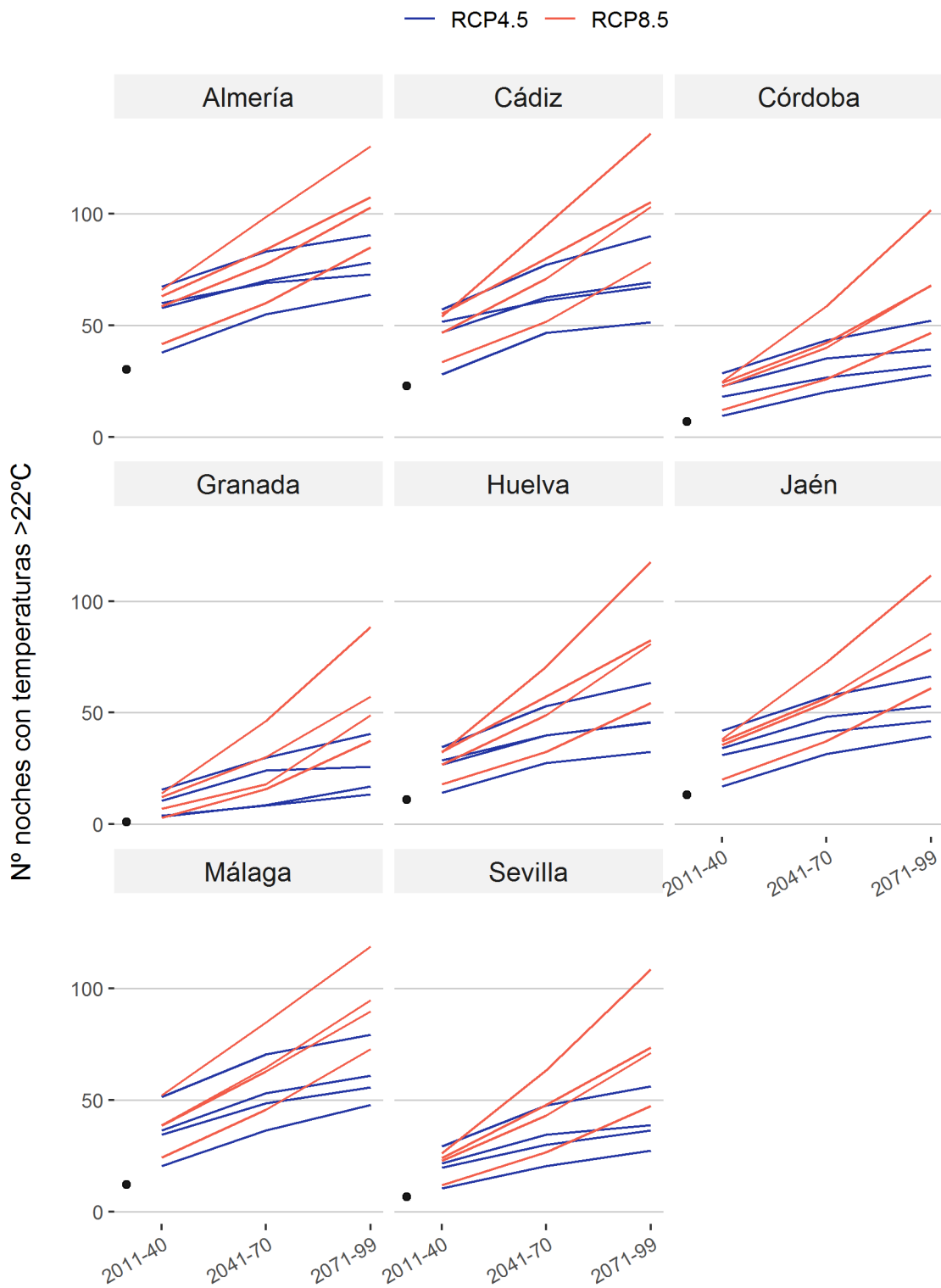


Figura 35: Evolución anual prevista de la variable Nº noches con temperaturas >22°C para cada capital de provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior vemos cómo, según las previsiones de los modelos, Málaga y Cádiz serán las capitales de provincia que experimentarán un mayor aumento del número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C, mientras que capitales como Granada, Córdoba y Sevilla serán las que experimentarán un menor aumento con respecto al periodo de referencia (1961-2000).

Teniendo en cuenta el periodo observado (1961-2000) Almería y Cádiz son las capitales de provincia con mayor número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C, con una media de 30.2 y 22.7 noches respectivamente, mientras que Granada y Sevilla son las capitales de provincia con menor número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C, con una media de 1.1 y 6.6 noches respectivamente.

Analizando las predicciones de los modelos, durante el periodo 2011-2040 el modelo MIROC predice que Málaga y Almería aumentarán el número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C en una media de 40.1 (escenario RCP8.5) y 37.2 (escenario RCP4.5) noches respectivamente, mientras que el modelo CGCM3 predice el escenario RCP4.5 que Granada y Córdoba solamente aumentarán el número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C en una media de 1.9 (escenario RCP8.5) y 2.6 (escenario RCP4.5) noches respectivamente.

Durante el periodo 2041-2070 el modelo MIROC predice para el escenario RCP8.5 que Málaga y Cádiz aumentarán el número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C en una media de 72.8 y 72.1 días respectivamente, mientras que el modelo GFDL predice el escenario RCP4.5 que Granada solamente aumentará el número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C en una media de 7.4 días y el modelo CGCM3 predice el escenario RCP4.5 que Córdoba solamente aumentará el número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C en una media de 13.3 días con respecto al periodo de referencia (1960-2000).

Por último, durante el periodo 2071-2099 el modelo MIROC predice para el escenario RCP8.5 que Cádiz y Málaga aumentarán el número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C en una media de 113.2 y 106.9 noches respectivamente, mientras que el modelo GFDL predice el escenario RCP4.5 que Granada solamente aumentará el número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C en una media de 12.4 días y el modelo CGCM3 predice el escenario RCP4.5 que Sevilla solamente aumentará el número de noches al año con temperaturas superiores a 22°C en una media de 15.9 días con respecto al periodo de referencia (1960-2000).

5.6 Número de días con heladas

A continuación, se presentan los resultados correspondientes al número de días con heladas en los siguientes ámbitos territoriales:

- Comunidad autónoma
- Provincias
- Capitales de provincia

En cada uno de los ámbitos territoriales describiremos el número de días con heladas durante el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución del número de días con heladas para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

5.6.1 Comunidad autónoma

La Figura siguiente muestra el número de días con heladas observados en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

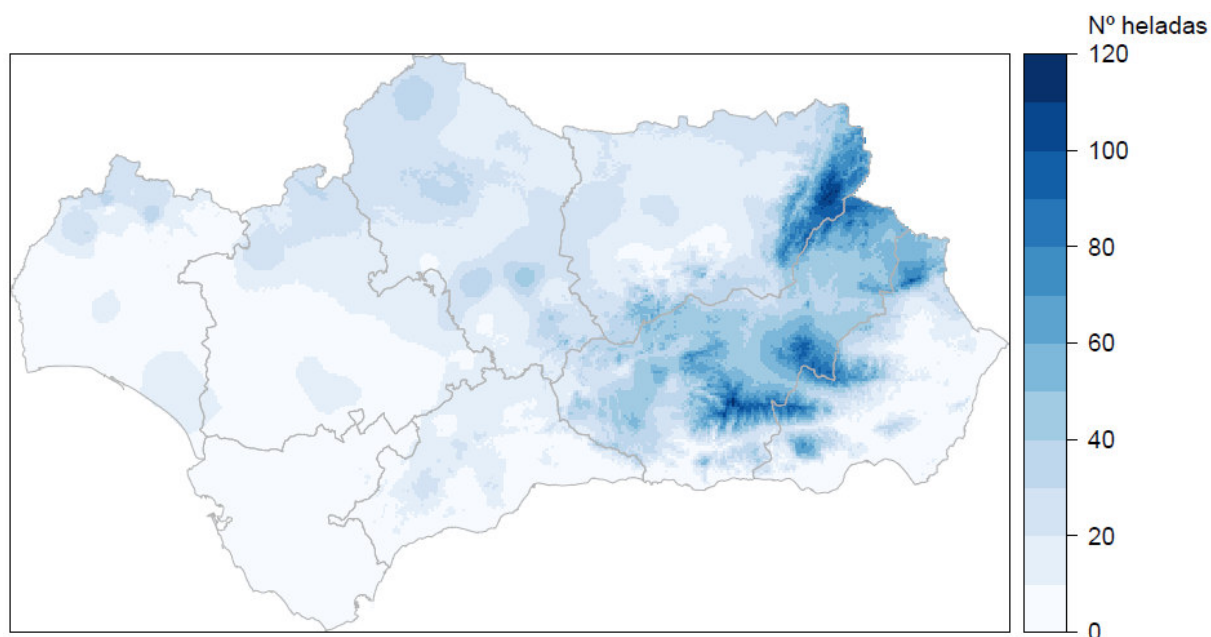


Figura 36: Número de días con heladas observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Las heladas se centran en la cordillera subbética (Sierra de Cazorla, Sierra de Segura y Sierra de María) y la cordillera penibética (Sierra Nevada) y con menor intensidad en Sierra Morena.

En la Tabla siguiente pueden observarse el número de días con heladas predichos para cada escenario, modelo y periodo. Se incluyen las diferencias con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 10: Evolución anual prevista de la variable número de días con heladas en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	20	19 (-1)	12 (-8)	9 (-11)
	ESM1		13 (-7)	9 (-11)	7 (-13)
	GFDL		12 (-8)	9 (-11)	8 (-12)
	MIROC		11 (-9)	8 (-12)	5 (-15)
RCP8.5	CGCM3		15 (-5)	10 (-10)	6 (-14)
	ESM1		12 (-8)	8 (-12)	5 (-15)
	GFDL		12 (-8)	8 (-12)	5 (-15)
	MIROC		10 (-10)	5 (-15)	3 (-17)

Durante el periodo 1961-2000 se ha observado una media de 20 días con heladas. Todos los modelos estudiados predicen una disminución del número de días con heladas. Teniendo en cuenta las previsiones del modelo MIROC (escenario RCP8.5) el número de días con heladas se verían reducidos a la mitad durante el periodo 2011-2040, a 5 días durante el periodo 2041-2070 y a 3 días durante el periodo 2071-2099.

5.6.1.1 Incremento anual según el escenario RCP4.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial del número de días según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

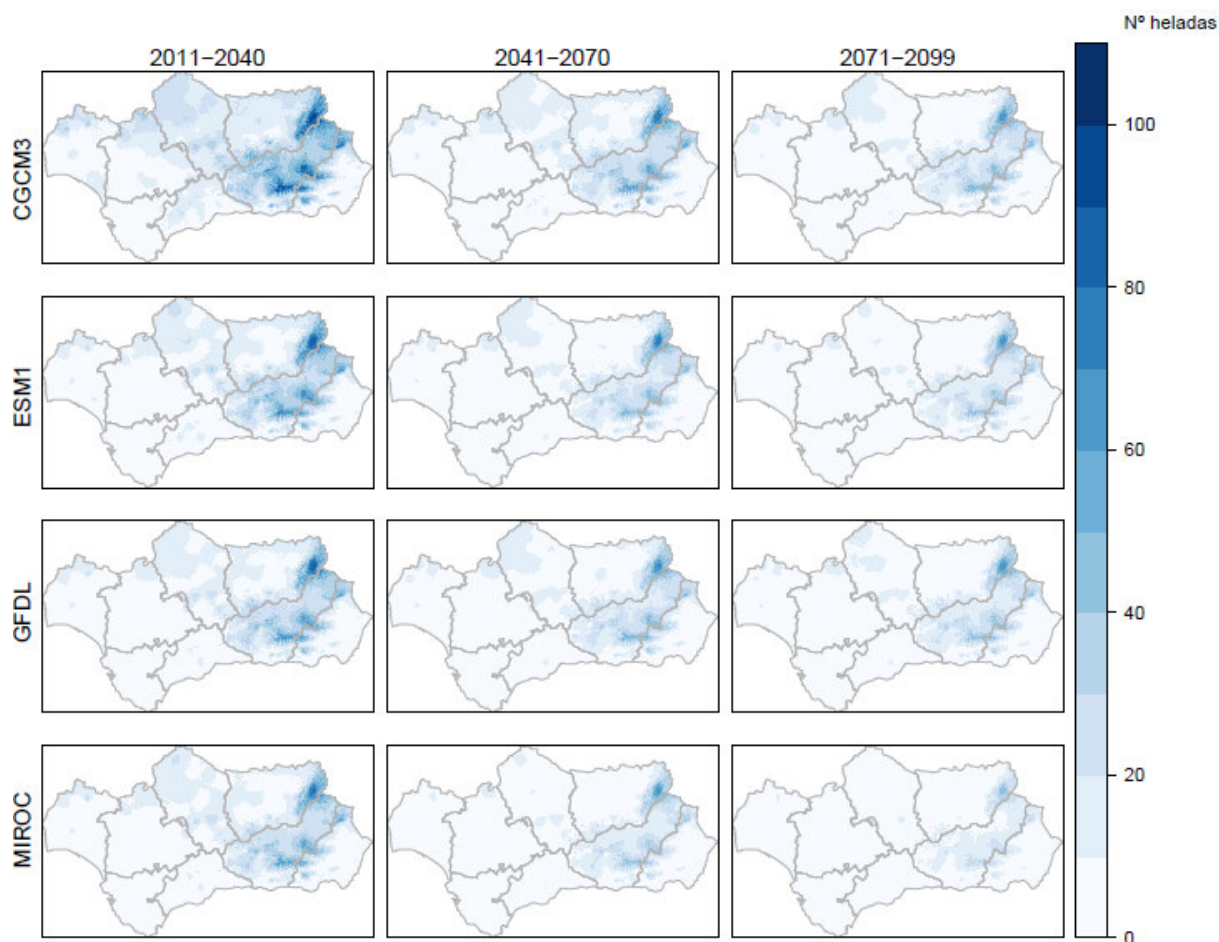


Figura 37: Número de días con heladas predicho por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

En la Figura anterior destaca la uniformidad en las predicciones de los modelos. Como previsión más pesimista destaca la realizada por el modelo MIROC para el periodo 2071-2099, en la que el número de días con heladas llegaría a descender hasta un 80% en algunas zonas con respecto al periodo observado (1961-2000).

5.6.1.2 Incremento anual según el escenario RCP8.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial del número de días según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

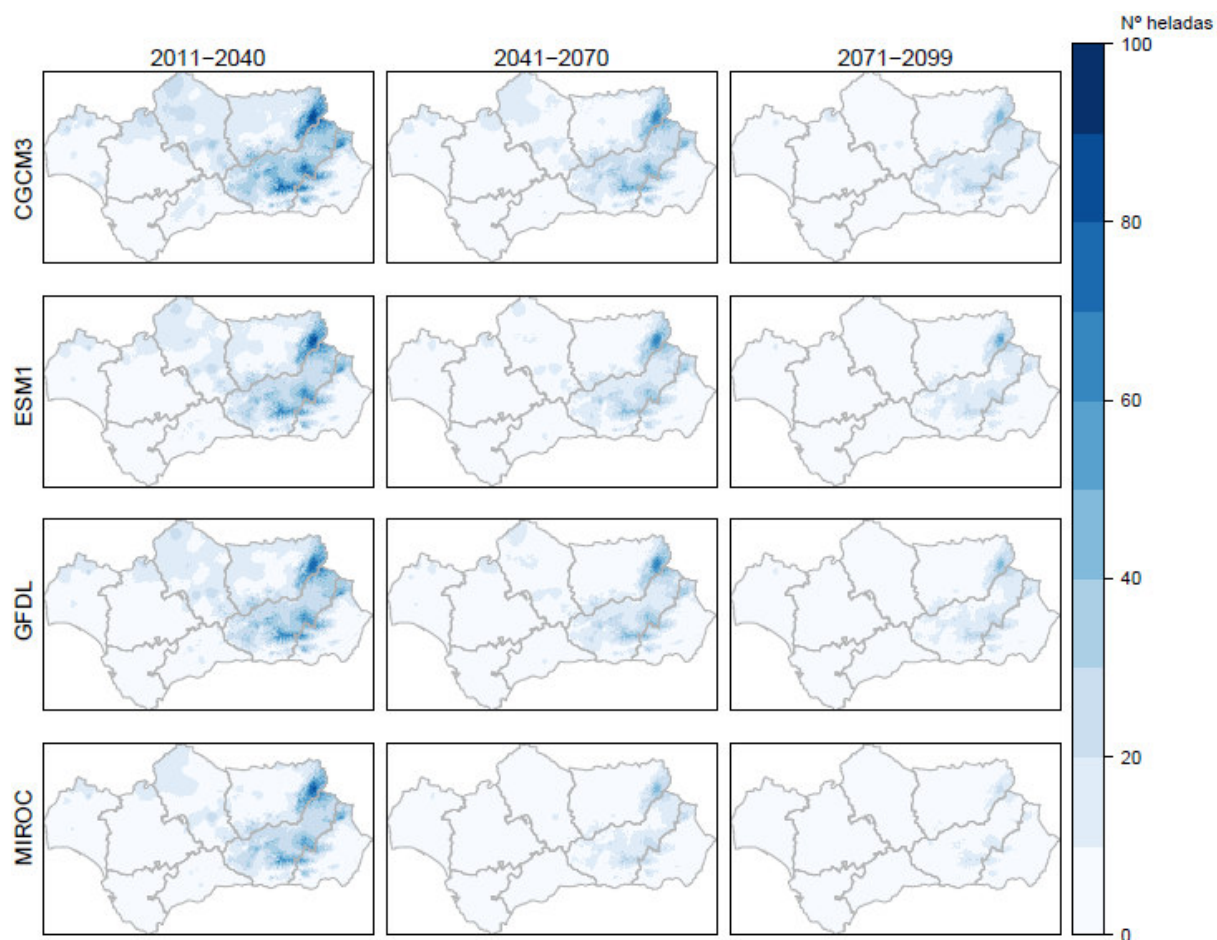


Figura 38: Número de días con heladas predicho por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

En la Figura siguiente también destaca la uniformidad en las predicciones de los modelos. Las previsiones más pesimistas indican un descenso hasta del 90 % en el número de días con heladas con respecto al periodo observado (1961-2000).

5.6.2 Provincias

A continuación, analizaremos la evolución del número de días con heladas en cada provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP45 y RCP85), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia del número de días con heladas predicho en cada una de las provincias.

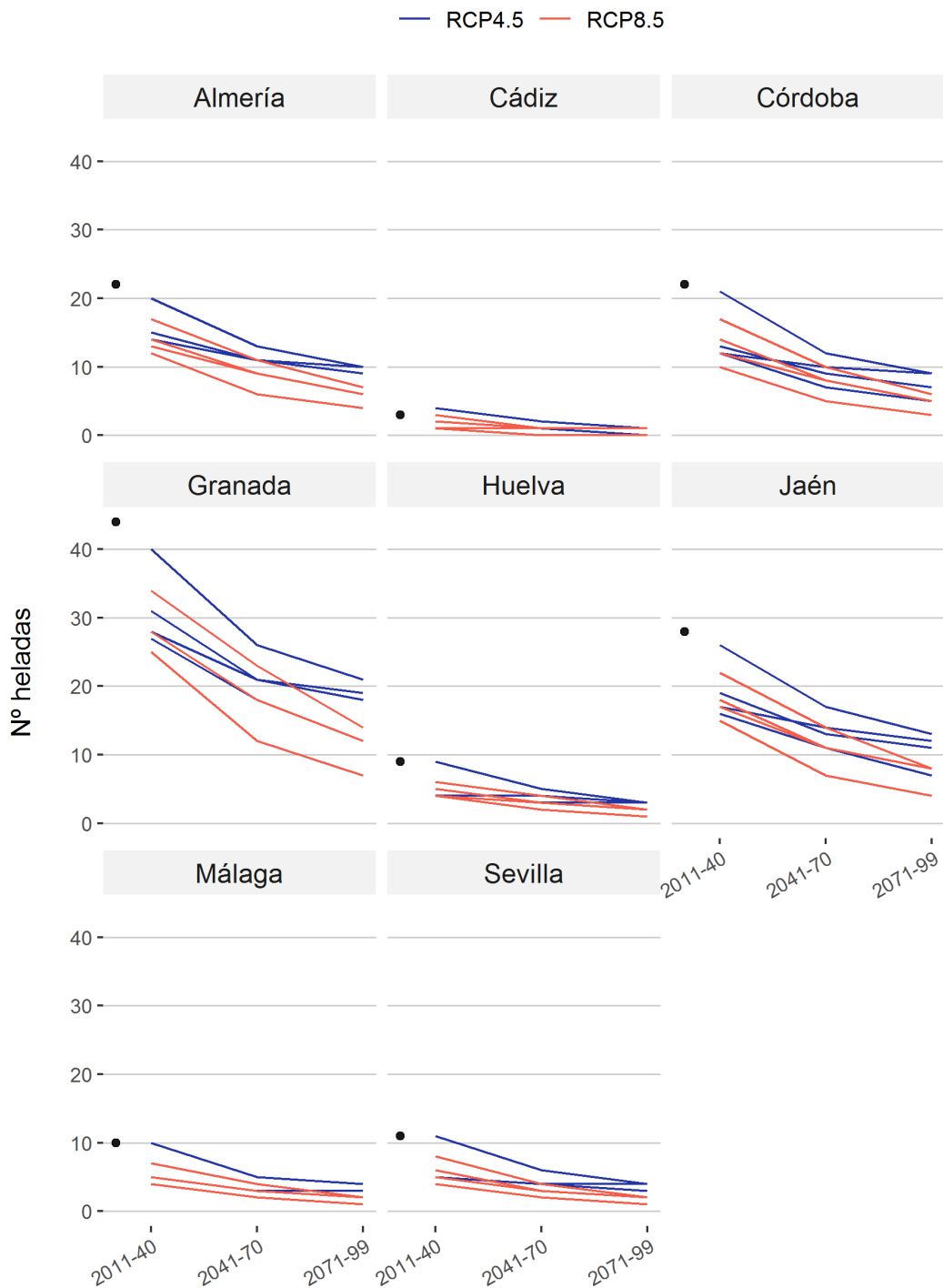


Figura 39: Evolución anual prevista de la variable Nº heladas para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior vemos como, según las predicciones de los modelos, todas las provincias verían disminuido el número de días con heladas durante los tres periodos. Cádiz

es la provincia con predicciones de un menor número de días con heladas durante los tres periodos. Por otra parte, Granada, la provincia que mostró un mayor número de días con heladas durante el periodo observado (44) es la provincia para la que se predice una mayor disminución en el número de días con heladas, viéndose reducidos a 25 días durante el periodo 2011-2040, 12 días durante el periodo 2041-2070 y 7 días durante el periodo 2071-2099.

Durante el periodo observado (1961-2000) las provincias de Granada y Jaén han sido las que han mostrado un mayor número de días con heladas (44 y 28, respectivamente). Por otra parte, Cádiz es la provincia que ha mostrado un menor número de días con heladas durante ese periodo (3 días).

En cuanto a las predicciones de los modelos, el modelo CGCM3 (escenario RCP4.5) predice que Granada y Jaén continuarán siendo las provincias con un mayor número de días con heladas en cualquiera de los tres periodos estudiados, siendo de 40 y 26 días respectivamente durante el periodo 2011-2040, 26 y 17 días respectivamente durante el periodo 2041-2070 y 21 y 13 días respectivamente durante el periodo 2071-2099.

Por otra parte, según las predicciones de los modelos, Cádiz también continuará siendo la provincia con un menor número de días con heladas en cualquiera de los tres periodos estudiados. Según el modelo MIROC (escenario RCP8.5) durante el periodo 2011-2040 Cádiz tendrá solamente un día con heladas, mientras que Sevilla, Málaga y Huelva tendrán 4, durante el periodo 2041-2070 Cádiz no tendrá heladas, mientras que Sevilla, Málaga y Huelva tendrán 2 días con heladas, y durante el periodo 2071-2099 Cádiz no tendrá heladas, mientras que Sevilla, Málaga y Huelva tendrán solamente un día con heladas.

5.6.3 Capitales de provincia

A continuación, analizaremos la evolución del número de días con heladas en las capitales de provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP45 y RCP85), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia del número de días con heladas en cada una de las capitales de provincia.

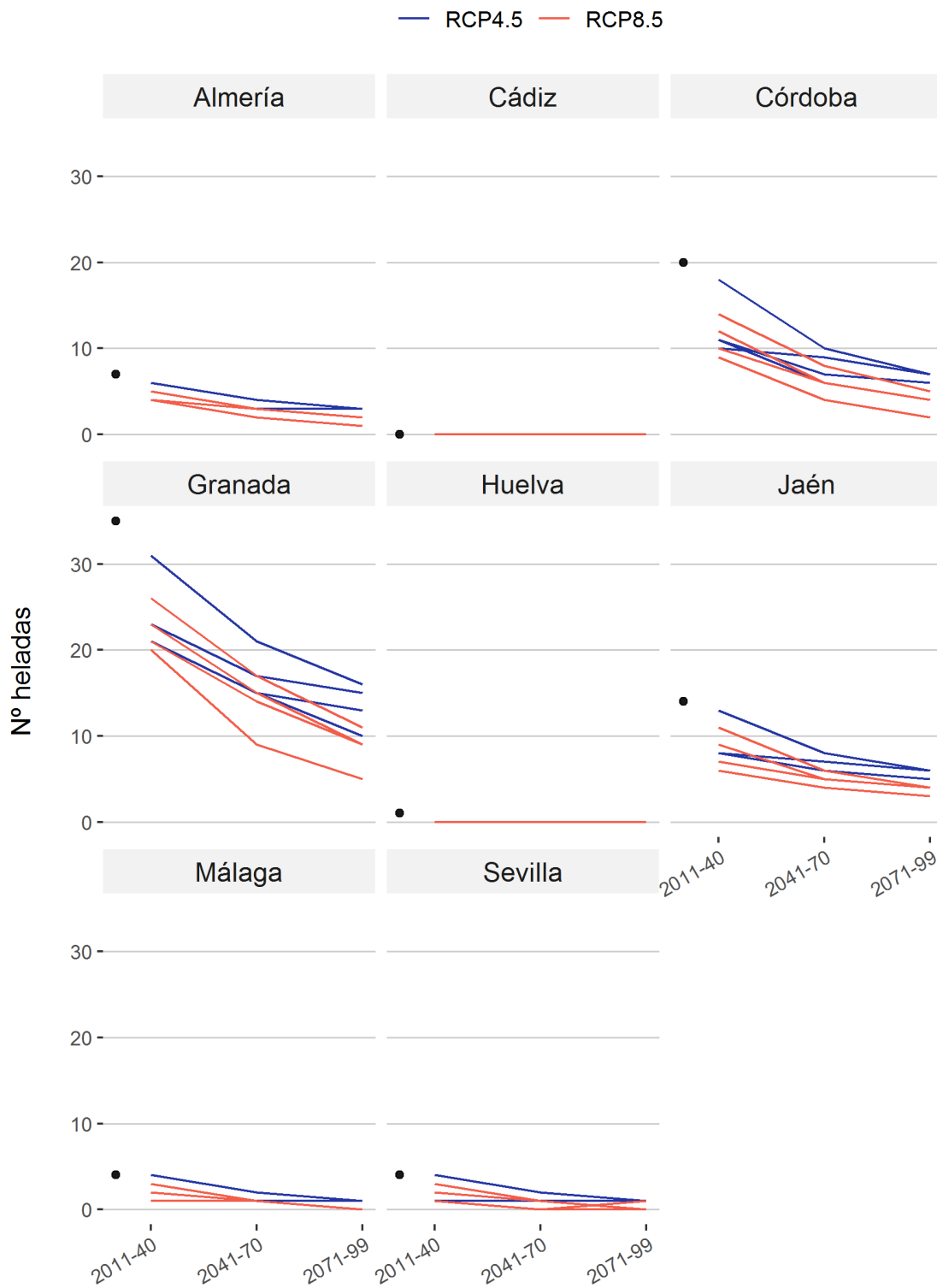


Figura 40: Evolución anual prevista de la variable número de días con heladas para cada capital de provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior vemos como todos los modelos predicen una disminución del número de días con heladas a lo largo de los tres periodos estudiados. En Cádiz y Huelva desaparecerían los días con heladas para todas las combinaciones de modelo y escenario.

Por otra parte, Granada y Córdoba, las capitales de provincia que han presentado un mayor número de días con heladas durante el periodo observado (35 y 20 días de media, respectivamente) son las provincias para la que el modelo MIROC (escenario RCP8.5) predice una mayor disminución en el número de días con heladas, viéndose reducidos a 20 y 9 días respectivamente durante el periodo 2011-2040, 9 y 4 días respectivamente durante el periodo 2041-2070 y 5 y 2 días respectivamente durante el periodo 2071-2099.

Teniendo en cuenta el periodo observado (1961-2000) Granada y Córdoba son las capitales de provincia que han presentado un mayor número de días con heladas (35 y 20 días de media, respectivamente). Analizando las predicciones de los modelos, el modelo CGCM3 (escenario RCP4.5) predice que Granada y Córdoba continuarán siendo las capitales de provincia con un mayor número de días con heladas a lo largo de los tres periodos analizados, siendo de 31 y 18 día respectivamente para el periodo 2011-2040 (modelo CGCM3 y escenario RCP4.5), 21 y 10 días respectivamente para el periodo 2041-2070 (modelo CGCM3 y escenario RCP4.5) y 16 y 7 días respectivamente para el periodo 2071-210.

Por otra parte, Cádiz mostró una media de 0 días con heladas durante el periodo observado (1960-2000), mientras que Huelva mostró una media de 1 día. Analizando las predicciones de los modelos, el número capitales de provincia con una media de 0 días con heladas irá en aumento. Durante el periodo 2011-2040 Cádiz y Huelva tendrían una media de 0 días con heladas para todos los modelos y escenarios, durante el periodo 2041-2070 serían Cádiz, Huelva y Sevilla las capitales de provincia con una media de 0 días con heladas (modelo MIROC y escenario RCP8.5) y durante el periodo 2071-2099 serían Cádiz, Huelva, Sevilla y Málaga tendrían una media de 0 días con heladas (modelo MIROC y escenario RCP8.5).

5.7 Precipitaciones anuales

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a las precipitaciones en los siguientes ámbitos territoriales:

- Comunidad autónoma
- Provincias
- Capitales de provincia

En cada uno de los ámbitos territoriales describiremos las precipitaciones anuales durante el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución de las precipitaciones anuales y estacionales para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

5.7.1 Comunidad autónoma

La Figura siguiente muestra las precipitaciones anuales observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

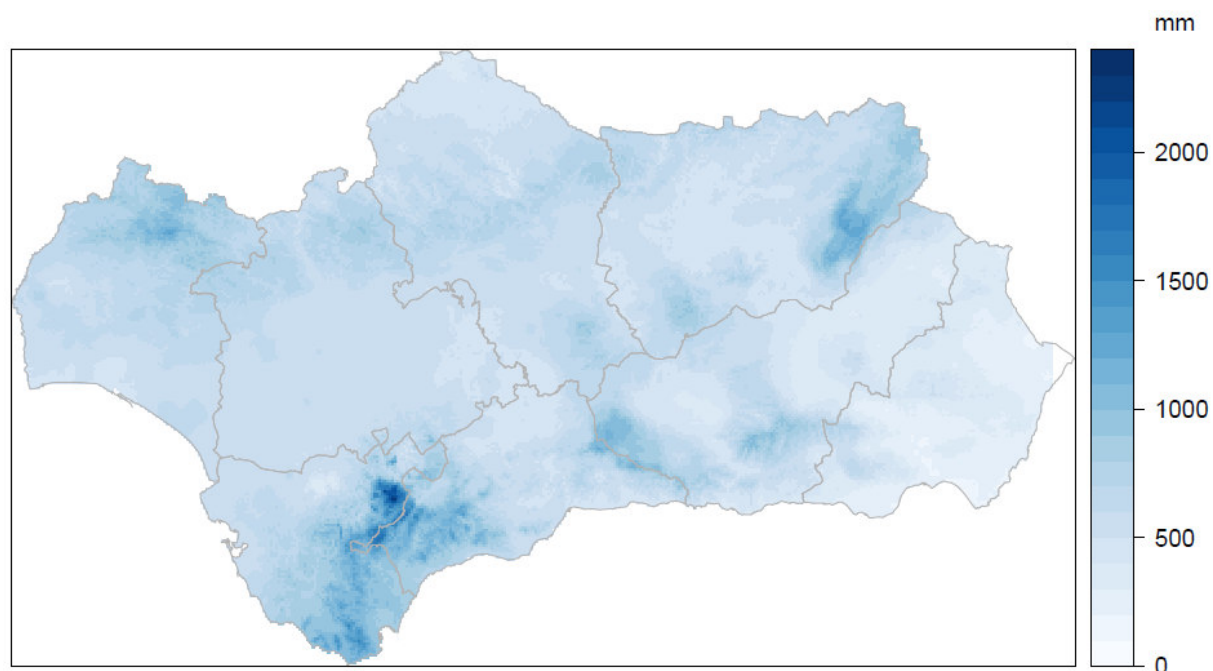


Figura 41: Precipitaciones anuales observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Las zonas donde se producen las precipitaciones anuales más elevadas están en torno a las Sierras de Cazorla y Segura, Sierra de Grazalema y Sierra del Aljibe, y en menor medida en la Sierra de Aracena o Sierra Nevada y Sierra de Alhama.

En la Tabla siguiente pueden observarse las precipitaciones anuales predichas para cada escenario, modelo y periodo. Se incluyen las diferencias en porcentaje con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 11: Evolución anual prevista de la variable Precipitación anual (mm) en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia (en %) en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	598	687 (15)	630 (5)	634 (6)
	ESM1		628 (5)	603 (1)	621 (4)
	GFDL		535 (-11)	521 (-13)	524 (-12)
	MIROC		544 (-9)	502 (-16)	524 (-12)
RCP8.5	CGCM3		611 (2)	641 (7)	631 (6)
	ESM1		644 (8)	590 (-1)	547 (-9)
	GFDL		558 (-7)	522 (-13)	493 (-18)
	MIROC		507 (-15)	506 (-15)	506 (-15)

Durante el periodo 1961-2000 se ha observado una precipitación anual media de 598 mm. Teniendo en cuenta las previsiones de los modelos, estas precipitaciones se verían reducidas en un 15 % durante el periodo 2011-2040 (modelo MIROC, escenario RCP8.5), en un 15 % durante el periodo 2041-2070 (modelo MIROC, escenario RCP8.5) y en un 18 % durante el periodo 2071-2099 (modelo GFDL, escenario RCP8.5). Sin embargo, según el modelo CGCM3 las precipitaciones anuales se verían incrementadas en un 15 % durante el periodo 2011-2040 (escenario RCP4.5), en un 7 % durante el periodo 2041-2070 (escenario RCP8.5) y en un 6 % durante el periodo 2071-2099 (escenario RCP8.5) con respecto al periodo observado (1961-2000).

5.7.1.1 Incremento anual según el escenario RCP4.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de la precipitación anual con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

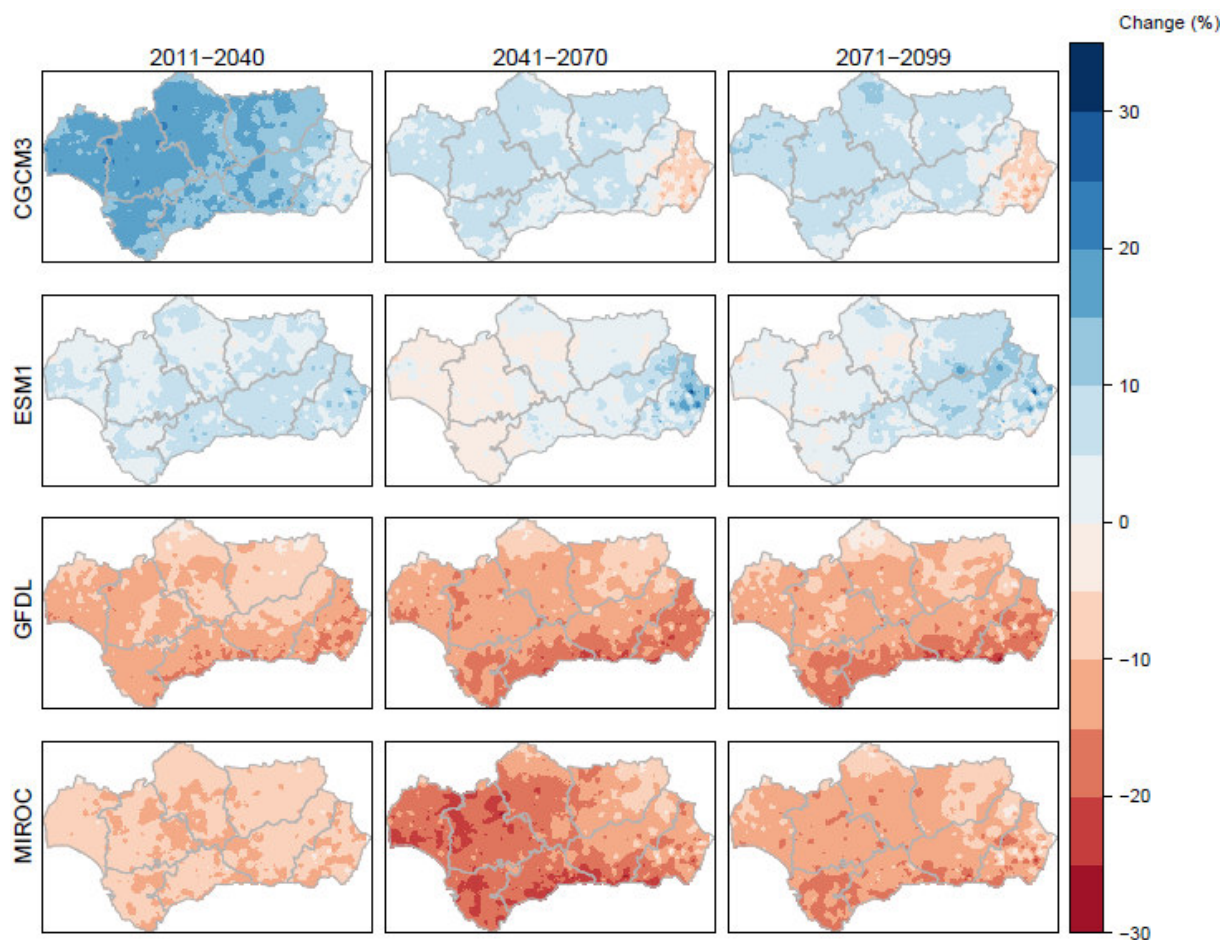


Figura 42: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación anual predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior puede observarse la variabilidad en las predicciones de los modelos. Concretamente, los modelos CGCM3 y ESM1 muestran distintas tendencias a lo largo de los distintos periodos estudiados. Como previsión más optimista destaca la realizada por el modelo CGCM3 para el periodo 2011-2040, en la que la precipitación anual aumentaría en toda Andalucía hasta en un 30 % en algunos puntos, aunque los menores incrementos de la precipitación se producirían en la zona sureste. Por otra parte, los modelos GFDL y MIROC predicen una disminución de las precipitaciones anuales, especialmente durante el periodo 2041-2070, en el que en algunas zonas se podrían producir disminuciones de entre el 20 y el 30%.

En cuanto a los patrones espaciales cabe observarse como, según el modelo CGCM3, en la provincia de Almería es donde se reducen las precipitaciones anuales, mientras que en el resto de provincias se prevén incrementos, siendo mayores en las zonas con influencia oceánica. En el modelo ESM1 la variación es casi inexistente, observándose un mayor incremento en las zonas orientales, mientras que, en Andalucía occidental, en el periodo de 2041-2070 las precipitaciones disminuyen. En los modelos GFDL y MIROC las predicciones son

de reducción de las precipitaciones, observándose mayores reducciones en la zona costera mediterránea. En el modelo MIROC, es en el periodo de 2041-2070 cuando mayores reducciones se producen, siendo más acentuadas en Andalucía occidental

5.7.1.2 Incremento anual según el escenario RCP8.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de la precipitación anual con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

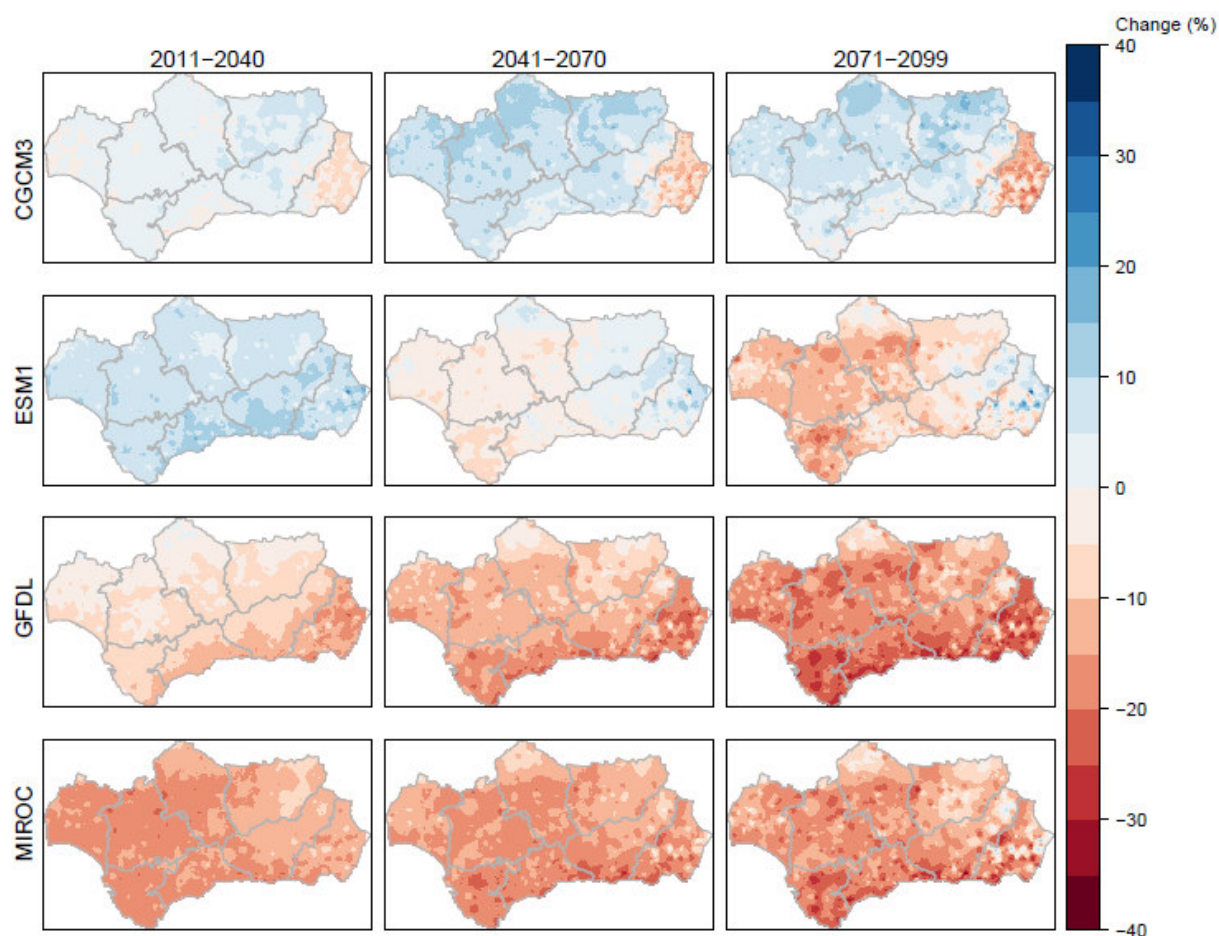


Figura 43: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior puede observarse cómo los modelos también realizan predicciones muy diferentes. La previsión más optimista es la realizada por el modelo CGCM3, en la que la precipitación anual aumentaría en toda Andalucía excepto en la zona sureste, en la que disminuiría. Durante los periodos 2041-2070 y 2071-2099, esas predicciones son contrarias a las del modelo ESM1, que predice una disminución de las precipitaciones en toda Andalucía excepto en la zona sureste, para la que predice un aumento. Por otra parte, los modelos

GFDL y MIROC predicen una disminución de las precipitaciones anuales, especialmente durante el periodo 2071-2099, con especial intensidad en la fachada mediterránea, en la que se podrían producir disminuciones de entre el 30 y el 40 %.

En cuanto a los patrones espaciales cabe observarse como, según el modelo CGCM3, en la provincia de Almería es donde se reducen las precipitaciones anuales, mientras que en el resto de provincias se prevén incrementos, siendo quizás más acentuadas en la zona de Sierra Morena. En el modelo ESM1 se observa un mayor incremento en las zonas orientales en el periodo de 2041-2070, mientras que en el periodo 2071-2099 se observa una mayor reducción en la depresión Bética. En el modelo GFDL las mayores reducciones se producen en la zona costera mediterránea. En el modelo MIROC las mayores reducciones parecen también observarse en la zona de la costa mediterránea, mientras que en este caso también parece verse afectada la depresión bética.

5.7.2 Provincias

A continuación, se analiza la evolución de la precipitación anual en cada provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP45 y RCP85), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia de las precipitaciones anuales en cada una de las provincias.

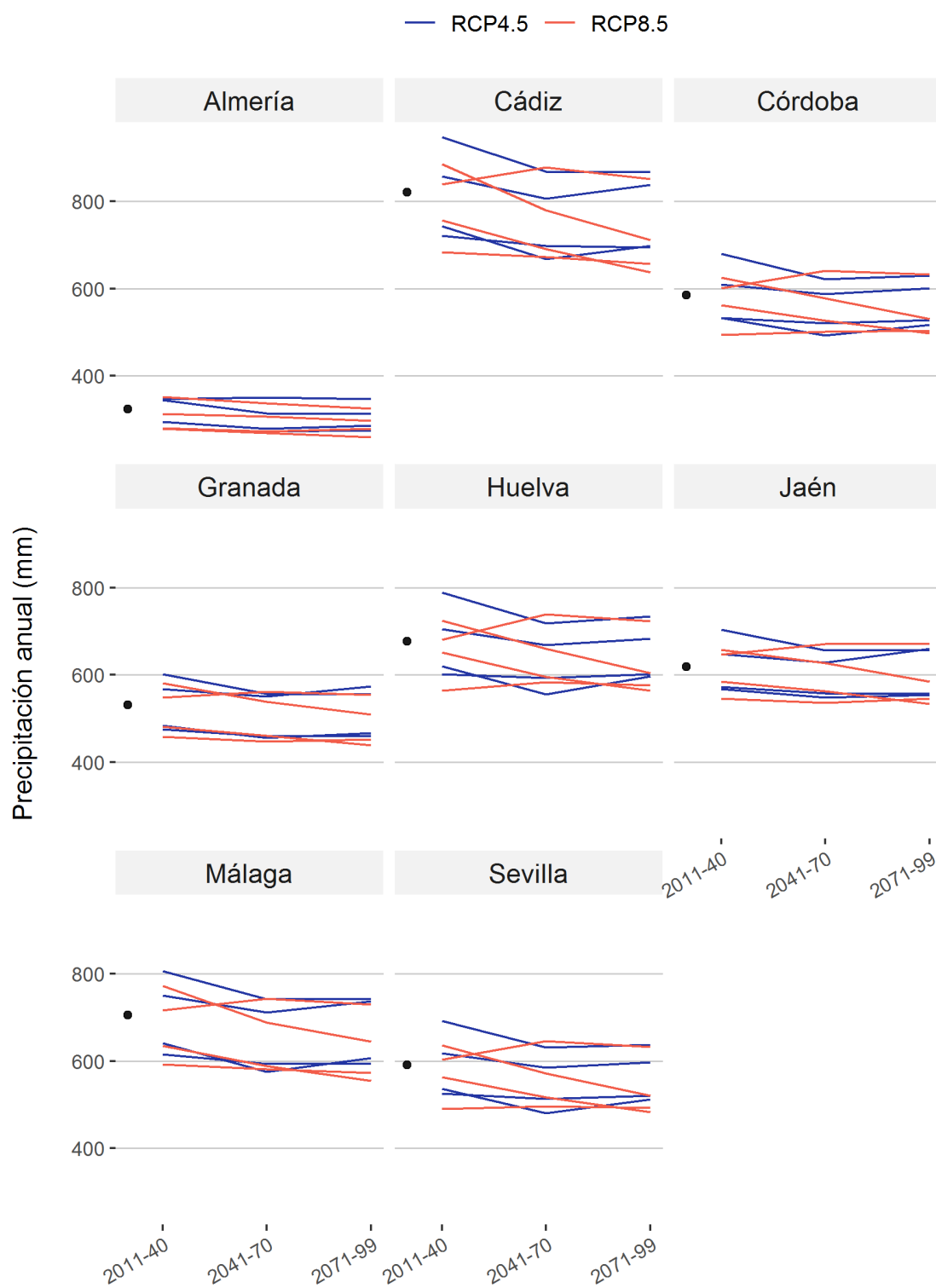


Figura 44: Evolución anual prevista de la variable Precipitación anual (mm) para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior puede observarse como, según las predicciones de los modelos Cádiz es la única provincia con predicciones por encima de los 800 mm en los tres periodos, únicamente Málaga lo superaría durante el periodo 2011-2040 según el modelo CGCM3 y el escenario RCP4.5. Por otra parte, la provincia con una mayor predicción de aumento en las precipitaciones anuales son Sevilla y Huelva, con un aumento del 17 % durante el periodo 2011-2040 según el modelo CGCM3 y el escenario RCP4.5.

Almería continuará con unas precipitaciones anuales por debajo de los 400 mm durante los tres periodos. Sin embargo, las predicciones de una mayor disminución de las precipitaciones anuales son las de la provincia de Cádiz, con una disminución del 17 % (modelo MIROC y el escenario RCP8.5), del 19 % (modelo MIROC y el escenario RCP4.5), y del 22 % (modelo GFDL y el escenario RCP8.5) para los tres periodos respectivamente.

Durante el periodo observado (1961-2000) las provincias de Cádiz y Málaga han sido las que han mostrado unas precipitaciones anuales más elevadas (821 y 706 mm, respectivamente). La mayor parte de sus precipitaciones anuales se produjeron durante el otoño (364 y 305 mm, respectivamente). Por otra parte, Almería es la provincia que ha mostrado unas precipitaciones anuales más bajas durante ese periodo (324 mm). Cabe destacar que solamente una media de 31 mm se produjo durante el verano.

En cuanto a las predicciones de los modelos, el modelo CGCM3 predice que Cádiz y Málaga continuarán siendo las provincias con unas precipitaciones anuales más elevadas en cualquiera de los tres periodos estudiados, siendo de 947 y 807 mm respectivamente durante el periodo 2011-2040 (escenario RCP4.5), 878 y 743 mm respectivamente durante el periodo 2041-2070 (escenario RCP8.5) y 867 y 743 mm respectivamente durante el periodo 2071-2099 (escenario RCP4.5), siempre manteniendo una mayor proporción de las precipitaciones durante el otoño.

Según las predicciones del modelo GFDL, Almería también continuará siendo la provincia con unas precipitaciones anuales más bajas en cualquiera de los tres periodos estudiados, siendo de 278 mm durante el periodo 2011-2040 (escenario RCP8.5), 269 mm durante el periodo 2041-2070 (escenario RCP8.5) y 259 mm durante el periodo 2071-2099 (escenario RCP8.5), siempre manteniendo una menor proporción de las precipitaciones durante el verano, que llegarían a disminuir en un 20 % durante el periodo 2071-2099 con respecto al periodo observado (1960-2000).

5.7.3 Capitales de provincia

A continuación, se analiza la evolución de las precipitaciones en las capitales de provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia de las precipitaciones anuales en cada una de las capitales de provincia.

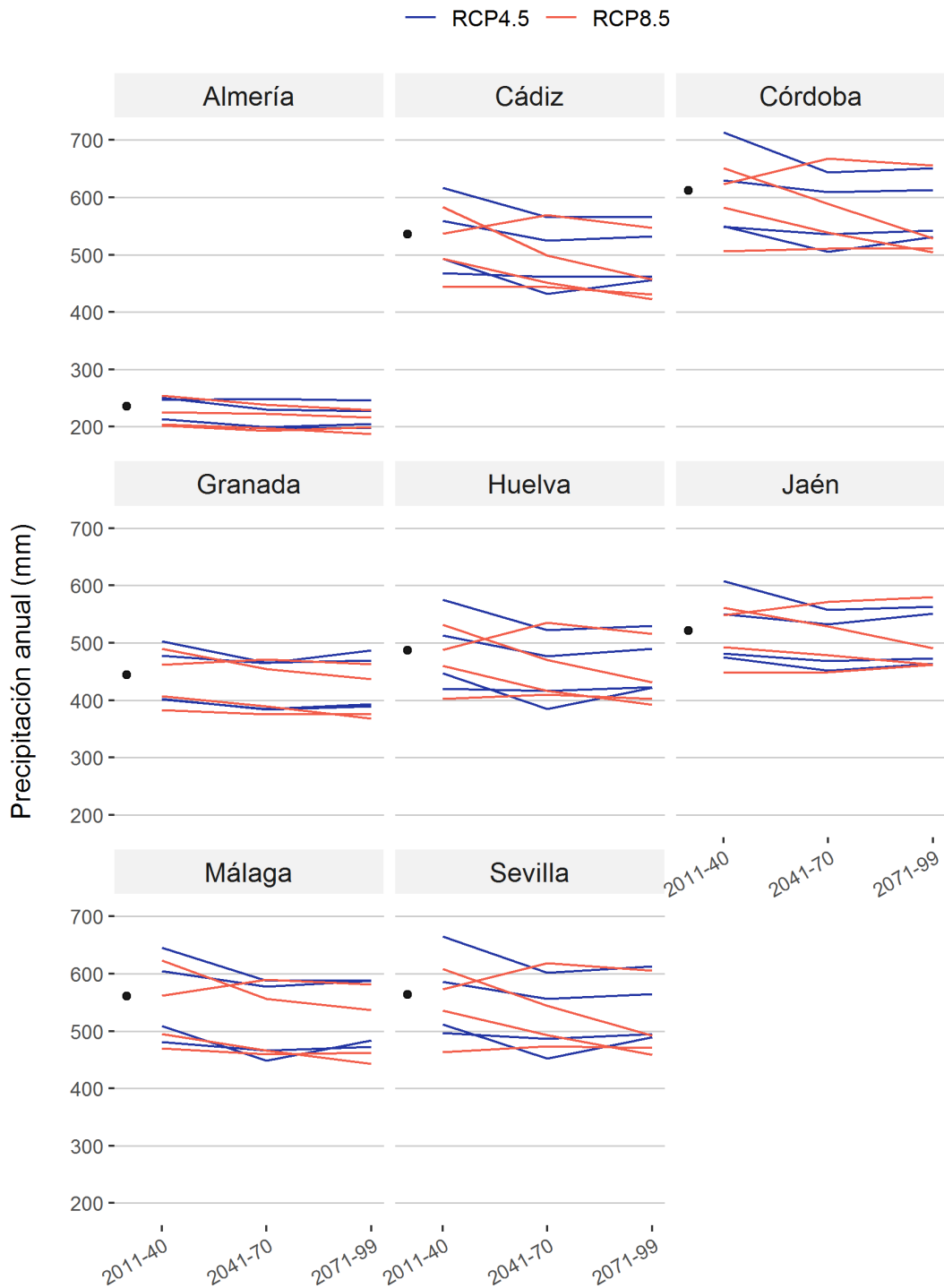


Figura 45: Evolución anual prevista de la variable Precipitación anual (mm) para cada capital de provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior puede observarse como las predicciones de un mayor aumento de las precipitaciones anuales corresponden al periodo 2011-2040, siendo Sevilla y Huelva las capitales de provincia para las que se predice un mayor aumento de las precipitaciones anuales, siendo de un 18 % con respecto al periodo observado (1960-2000) según el modelo CGCM3 y el escenario RCP4.5.

Teniendo en cuenta el periodo observado (1961-2000) Córdoba y Sevilla son las capitales de provincia con precipitaciones anuales más elevadas, siendo de 612 y 564 mm respectivamente. Analizando las predicciones de los modelos, Córdoba y Sevilla continuarán siendo las capitales de provincia con unas precipitaciones anuales más altas a lo largo de los tres periodos analizados, siendo de 713 y 665 mm respectivamente para el periodo 2011-2040 (modelo CGCM3 y escenario RCP4.5), 668 y 619 mm respectivamente para el periodo 2041-2070 (modelo CGCM3 y escenario RCP8.5) y 656 (modelo CGCM3 y escenario RCP8.5) y 613 mm (modelo CGCM3 y escenario RCP4.5) respectivamente para el periodo 2071-2099.

Por otra parte, Almería es la capital de provincia con precipitaciones anuales más bajas (235 mm) durante el periodo observado (1960-2000), algo que se mantiene a lo largo de todas las estaciones del año. Analizando las predicciones de los modelos, Almería y Granada serán las capitales de provincia con unas precipitaciones anuales más bajas a lo largo de los tres periodos analizados, siendo de 202 y 383 mm respectivamente para el periodo 2011-2040 (modelo MIROC y escenario RCP8.5), 193 y 375 mm respectivamente para el periodo 2041-2070 (modelo MIROC y escenario RCP8.5) y 187 (modelo GFDL y escenario RCP8.5) y 368 mm (modelo GFDL y escenario RCP8.5) respectivamente para el periodo 2071-2099

5.8 Precipitaciones de primavera

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a las precipitaciones de primavera en los siguientes ámbitos territoriales:

- Comunidad autónoma
- Provincias

En cada uno de los ámbitos territoriales describiremos las precipitaciones de primavera durante el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución de las precipitaciones anuales y estacionales para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

5.8.1 Comunidad autónoma

La Figura siguiente muestra las precipitaciones de primavera observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

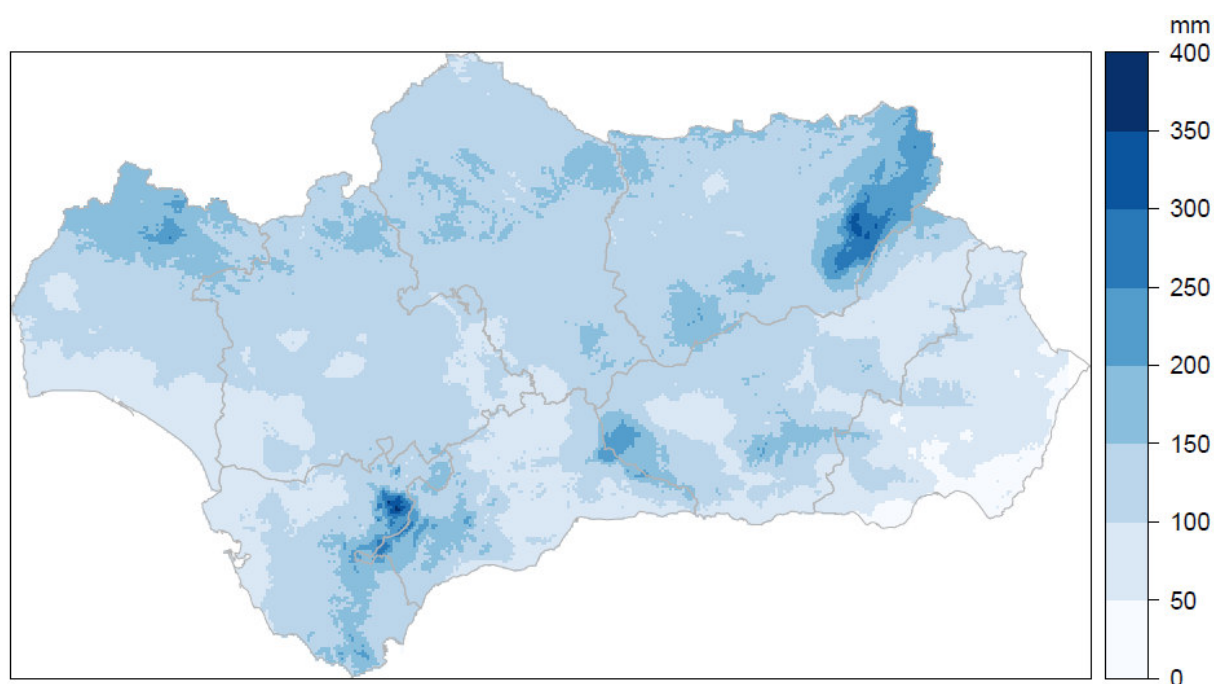


Figura 46: Precipitaciones de primavera observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Las zonas donde se producen las precipitaciones de primavera más elevadas están en torno a las Sierras de Cazorra y Segura, Sierra de Grazalema y Sierra del Aljibe, y en menor medida en la Sierra de Aracena o Sierra Nevada y Sierra de Alhama aunque aparecen destacadas también otras zonas a lo largo de Sierra Morena y de los Sistemas Béticos.

En la Tabla siguiente pueden observarse las precipitaciones de primavera predichas para cada escenario, modelo y periodo. Se incluyen las diferencias en porcentaje con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 12: Evolución prevista de la variable Precipitación de primavera (mm) en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	120	122 (2)	115 (-4)	123 (2)
	ESM1		137 (14)	128 (7)	140 (17)
	GFDL		121 (1)	112 (-7)	109 (-9)
	MIROC		110 (-8)	111 (-8)	115 (-4)
RCP8.5	CGCM3		117 (-2)	110 (-8)	118 (-2)
	ESM1		141 (18)	132 (10)	123 (2)
	GFDL		123 (2)	108 (-10)	104 (-13)
	MIROC		109 (-9)	115 (-4)	108 (-10)

Durante el periodo 1961-2000 se ha observado una precipitación media de 120 mm durante la primavera. Teniendo en cuenta las previsiones de los modelos, estas precipitaciones se verían incrementadas hasta un 18 % durante el periodo 2011-2040 (modelo ESM1, escenario RCP8.5) y un 17 % durante el periodo 2071-2099 (modelo ESM1, escenario RCP4.5). Sin embargo, según otros modelos las precipitaciones durante la primavera se verían reducidas en un 9 % durante el periodo 2011-2040 (modelo MIROC y escenario RCP8.5), en un 10 % durante el periodo 2041-2070 (modelo GFDL y escenario RCP8.5) y en un 13 % durante el periodo 2071-2099 (modelo GFDL y escenario RCP8.5) con respecto al periodo observado (1961-2000).

5.8.1.1 Incremento anual según el escenario RCP4.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de la precipitación de primavera con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

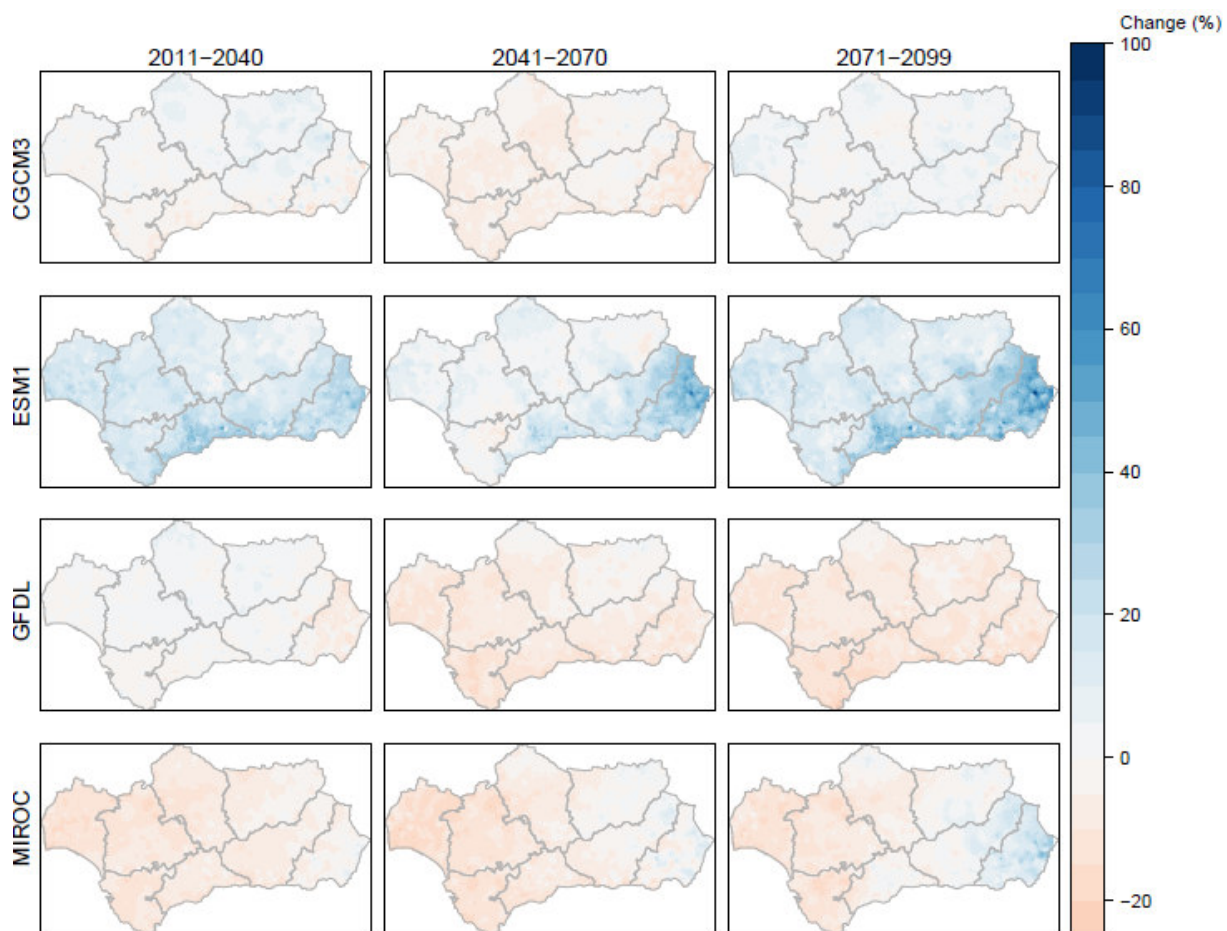


Figura 47: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de primavera predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior destaca la variabilidad en las predicciones de los modelos. Como previsión más optimista destaca la realizada por el modelo ESM1 en la que la precipitación de primavera aumentaría especialmente en el sureste de Andalucía y en su fachada mediterránea durante los tres periodos, llegando a aumentar hasta en un 80 % en algunos puntos. Los mayores incrementos de la precipitación se producirían en la zona sureste. Por otra parte, los modelos GFDL y MIROC predicen una disminución de las precipitaciones de primavera, aunque el modelo MIROC predice un aumento en la zona sureste, especialmente durante el periodo 2071-2099.

5.8.1.2 Incremento anual según el escenario RCP8.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de la precipitación de primavera con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

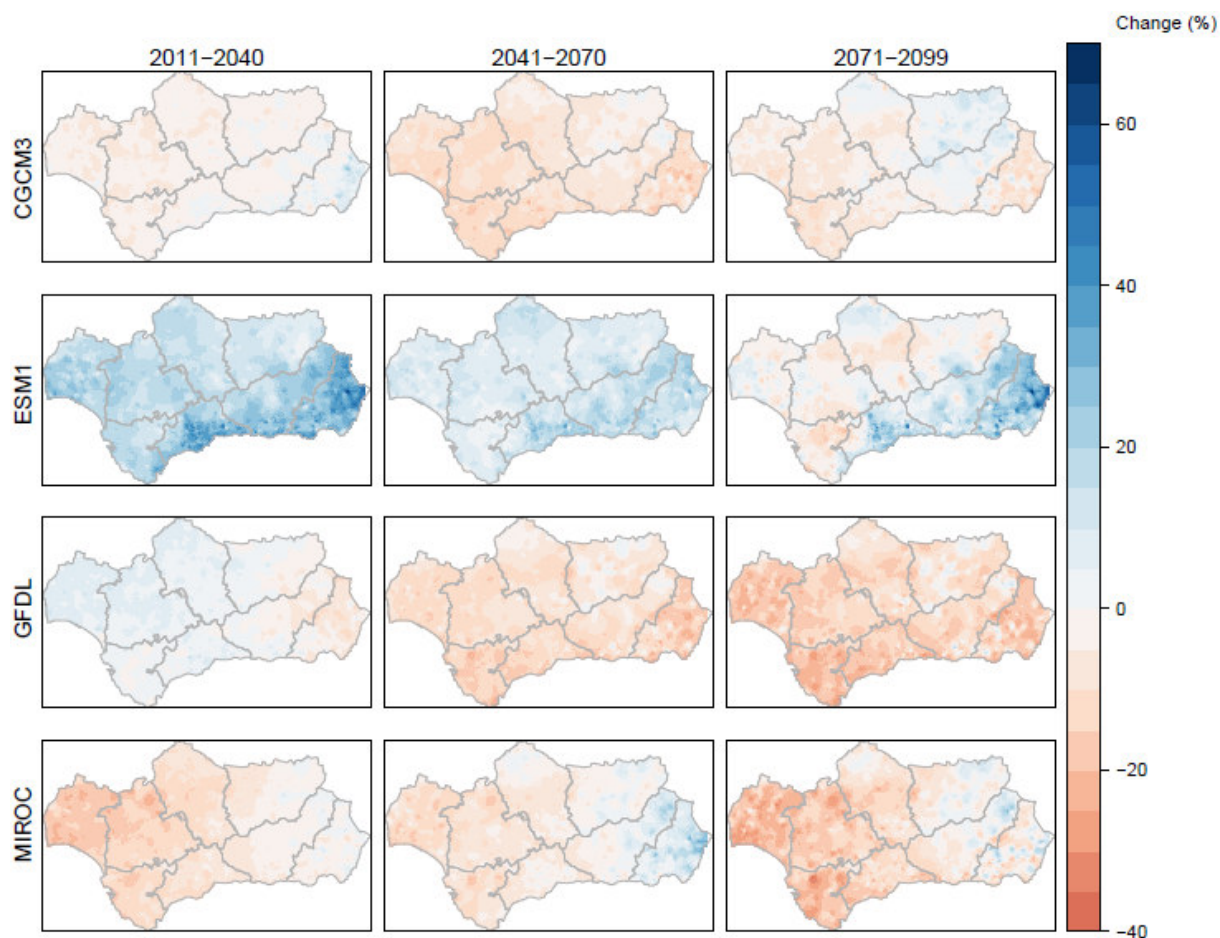


Figura 48: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de primavera predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior puede observarse cómo los modelos también realizan predicciones muy diferentes. La previsión más optimista es la realizada por el modelo ESM1, en la que la precipitación de primavera aumentaría en toda Andalucía durante los periodos 2011-2040 y 2041-2070, especialmente en la zona sureste, algo que también se mantendría durante el periodo 2071-2099. El modelo GFDL predice una disminución generalizada de las precipitaciones de primavera en toda Andalucía, mientras que el modelo MIROC predice una disminución generalizada de las precipitaciones de primavera en la parte occidental de Andalucía.

5.8.2 Provincias

A continuación, analizaremos la evolución de la precipitación de primavera en cada provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP45 y RCP85), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia de las precipitaciones de primavera en cada una de las provincias.

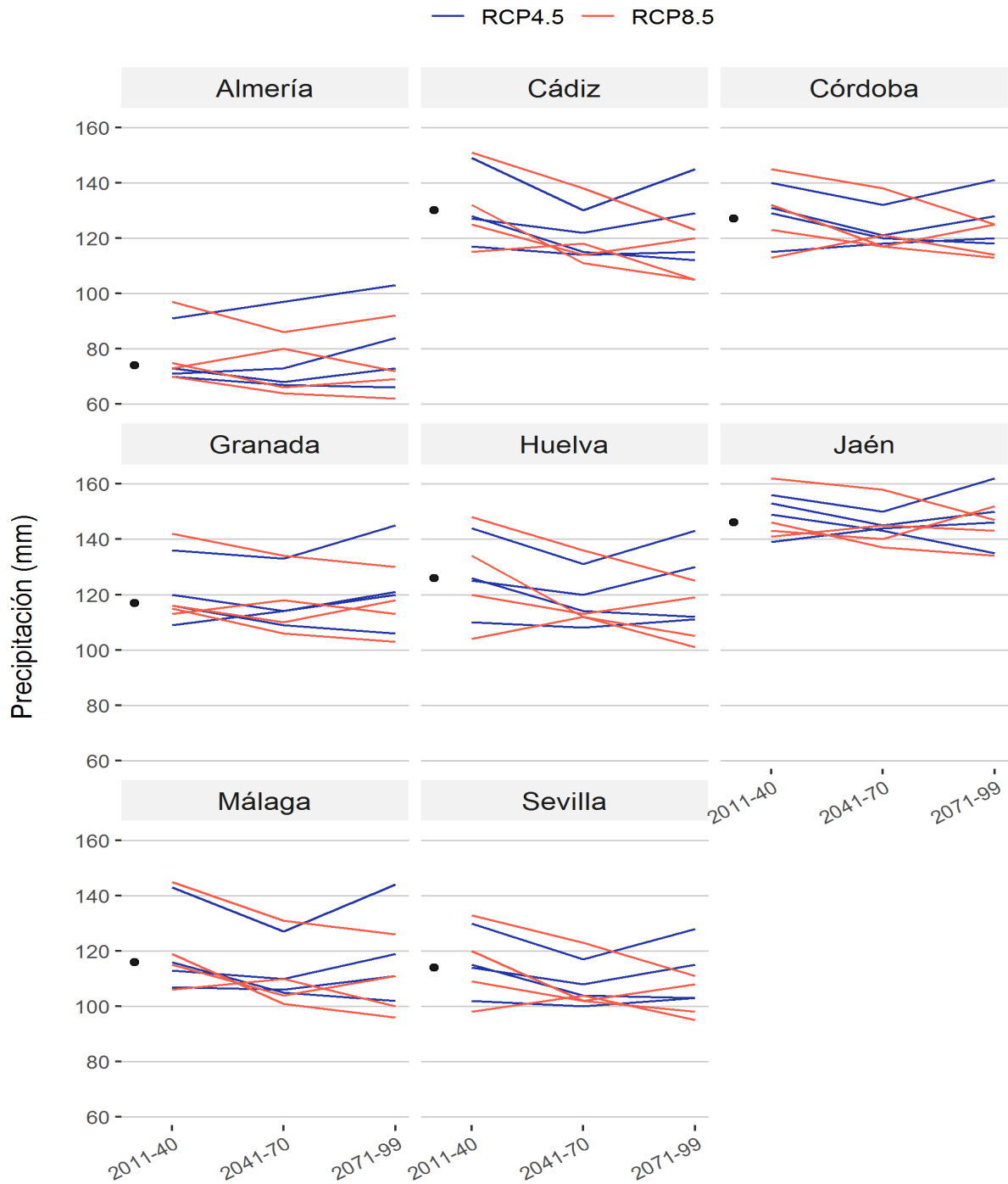


Figura 49: Evolución anual prevista de la variable Precipitación de primavera (mm) para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior vemos como, según las predicciones de los modelos Jaén es la provincia con predicciones más elevadas, mientras que Almería continuará siendo la provincia con unas predicciones más bajas.

Durante el periodo observado (1961-2000) las provincias de Jaén y Cádiz han sido las que han mostrado unas precipitaciones de primavera más elevadas (146 y 130 mm, respectivamente). Por otra parte, Almería es la provincia que ha mostrado unas precipitaciones de primavera más bajas durante ese periodo (74 mm).

En cuanto a las predicciones de los modelos, el modelo CGCM3 predice que Jaén y Cádiz continuarán siendo las provincias con unas precipitaciones de primavera más elevadas durante los periodos 2011-2040 y 2041-2070, siendo de 162 y 151 mm respectivamente durante el periodo 2011-2040 (modelo ESM1 y escenario RCP8.5), y de 158 y 138 mm respectivamente durante el periodo 2041-2070 (modelo ESM1 y escenario RCP8.5). Durante el periodo 2071-2099 las provincias con unas precipitaciones de primavera más elevadas serían Jaén y Cádiz, con 162 y 145 mm respectivamente (modelo ESM1 y escenario RCP4.5).

Según las predicciones del modelo GFDL, Almería también continuará siendo la provincia con unas precipitaciones de primavera más bajas en cualquiera de los tres periodos estudiados, siendo de 70 mm durante el periodo 2011-2040 (modelo GFDL y escenario RCP4.5), 64 mm durante el periodo 2041-2070 (modelo GFDL y escenario RCP8.5) y 62 mm durante el periodo 2071-2099 (modelo GFDL y escenario RCP8.5). También hay que tener en cuenta que las predicciones de una mayor disminución de las precipitaciones de primavera se producen en Huelva, siendo del 17 % durante el periodo 2011-2040 y del 20 % durante el periodo 2071-2099 (modelo MIROC y escenario RCP8.5).

5.9 Precipitaciones de verano

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a las precipitaciones de verano en los siguientes ámbitos territoriales:

- Comunidad autónoma
- Provincias

En cada uno de los ámbitos territoriales describiremos las precipitaciones de verano durante el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución de las precipitaciones anuales y estacionales para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

5.9.1 Comunidad autónoma

La Figura siguiente muestra las precipitaciones de verano observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

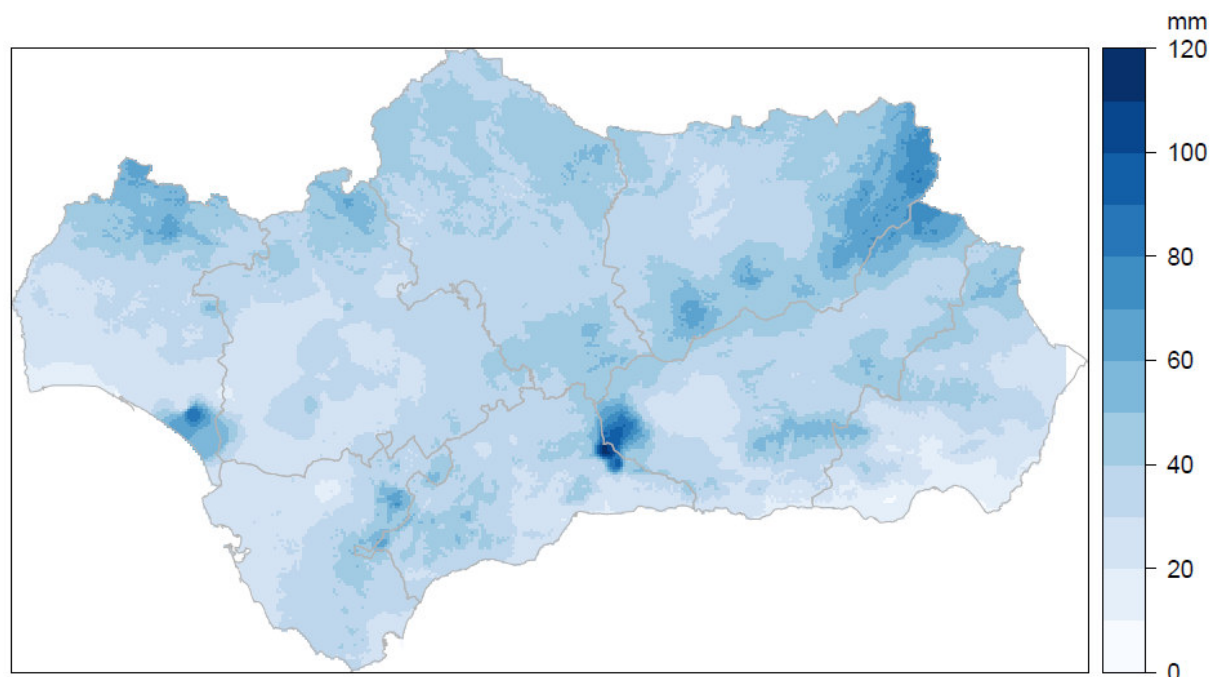


Figura 50: Precipitaciones de verano observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Las zonas donde se producen las precipitaciones de verano más elevadas están en torno a las Sierras de Cazorla , Segura y las Villas , la Sierra de Alhama, Sierra Nevada y Doñana, aunque también aparecen destacadas otras zonas de Sierra Morena y de los Sistemas Béticos.

En la Tabla siguiente pueden observarse las precipitaciones de verano predichas para cada escenario, modelo y periodo. Se incluyen las diferencias en porcentaje con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 13: Evolución prevista de la variable Precipitación de verano (mm) en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	37	34 (-8)	31 (-16)	36 (-3)
	ESM1		37 (0)	33 (-11)	33 (-11)
	GFDL		36 (-3)	36 (-3)	43 (16)
	MIROC		32 (-14)	32 (-14)	31 (-16)
RCP8.5	CGCM3		29 (-22)	37 (0)	31 (-16)
	ESM1		33 (-11)	39 (5)	41 (11)
	GFDL		37 (0)	44 (19)	46 (24)
	MIROC		29 (-22)	30 (-19)	34 (-8)

Durante el periodo 1961-2000 se ha observado una precipitación media de 37 mm durante el verano. Teniendo en cuenta las previsiones de los modelos, estas precipitaciones se verían incrementadas hasta un 19 % durante el periodo 2041-2070 y un 24 % durante el periodo 2071-2099 (modelo GFDL, escenario RCP8.5). Sin embargo, según otros modelos las precipitaciones durante el verano se verían reducidas en un 22 % durante el periodo 2011-2040 (modelos CGCM3 y MIROC, escenario RCP8.5), en un 19 % durante el periodo 2041-2070 (modelo MIROC y escenario RCP8.5) y en un 16 % durante el periodo 2071-2099 (modelo MIROC, escenario RCP8.5 y modelo CGCM3, escenario RCP4.5) con respecto al periodo observado (1961-2000).

5.9.1.1 Incremento anual según el escenario RCP4.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de la precipitación de verano con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

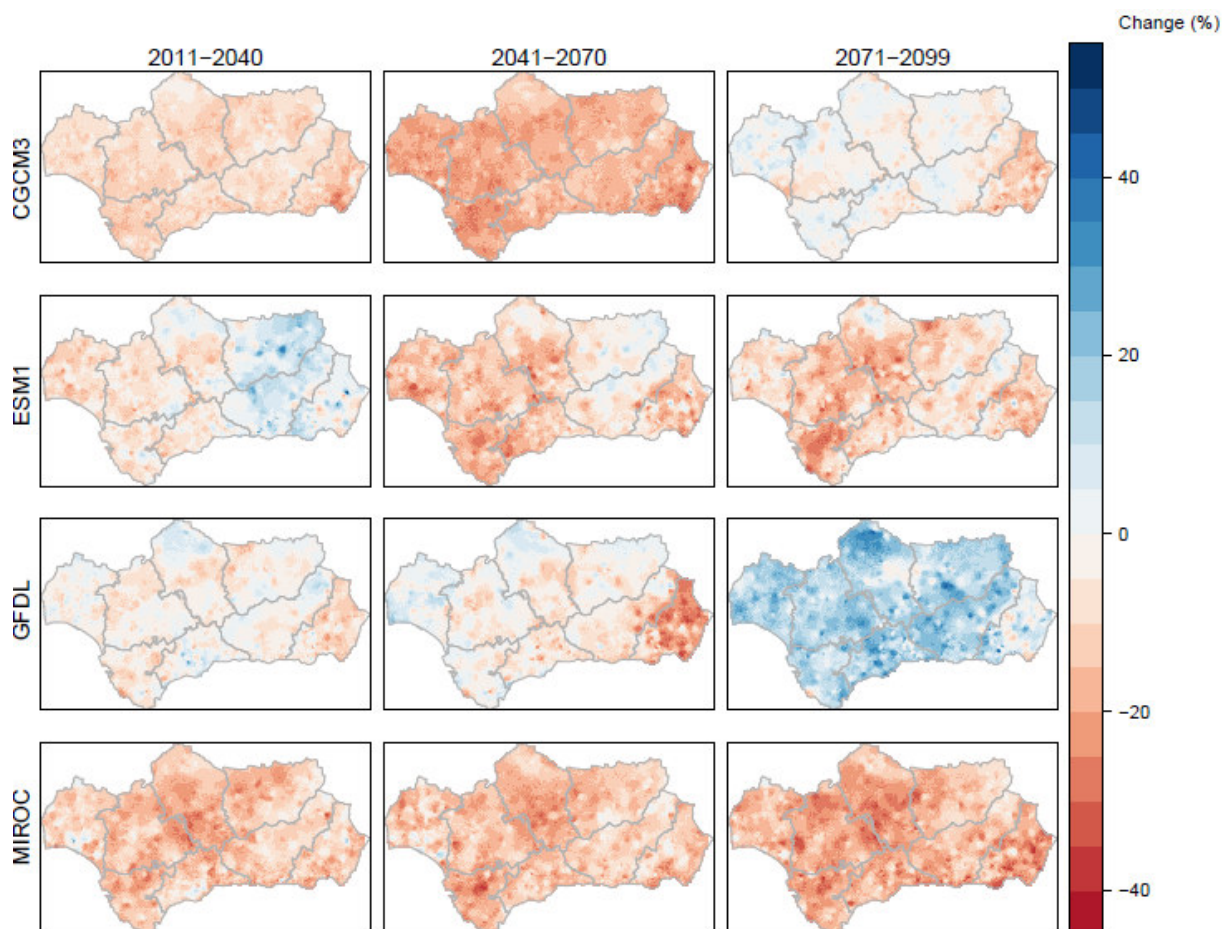


Figura 51: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de verano predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior destaca la variabilidad en las predicciones de los modelos. Como previsión más optimista destaca la realizada por el modelo GFDL en la que la precipitación de verano aumentaría prácticamente en toda Andalucía durante el periodo 2071-2099, llegando a aumentar hasta en un 40-60 % en algunos puntos. Por otra parte, los modelos ESM1 y MIROC, y el CGCM3 durante el periodo 2041-2070 predicen una disminución de las precipitaciones de verano.

5.9.1.2 Incremento anual según el escenario RCP8.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de la precipitación de verano con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

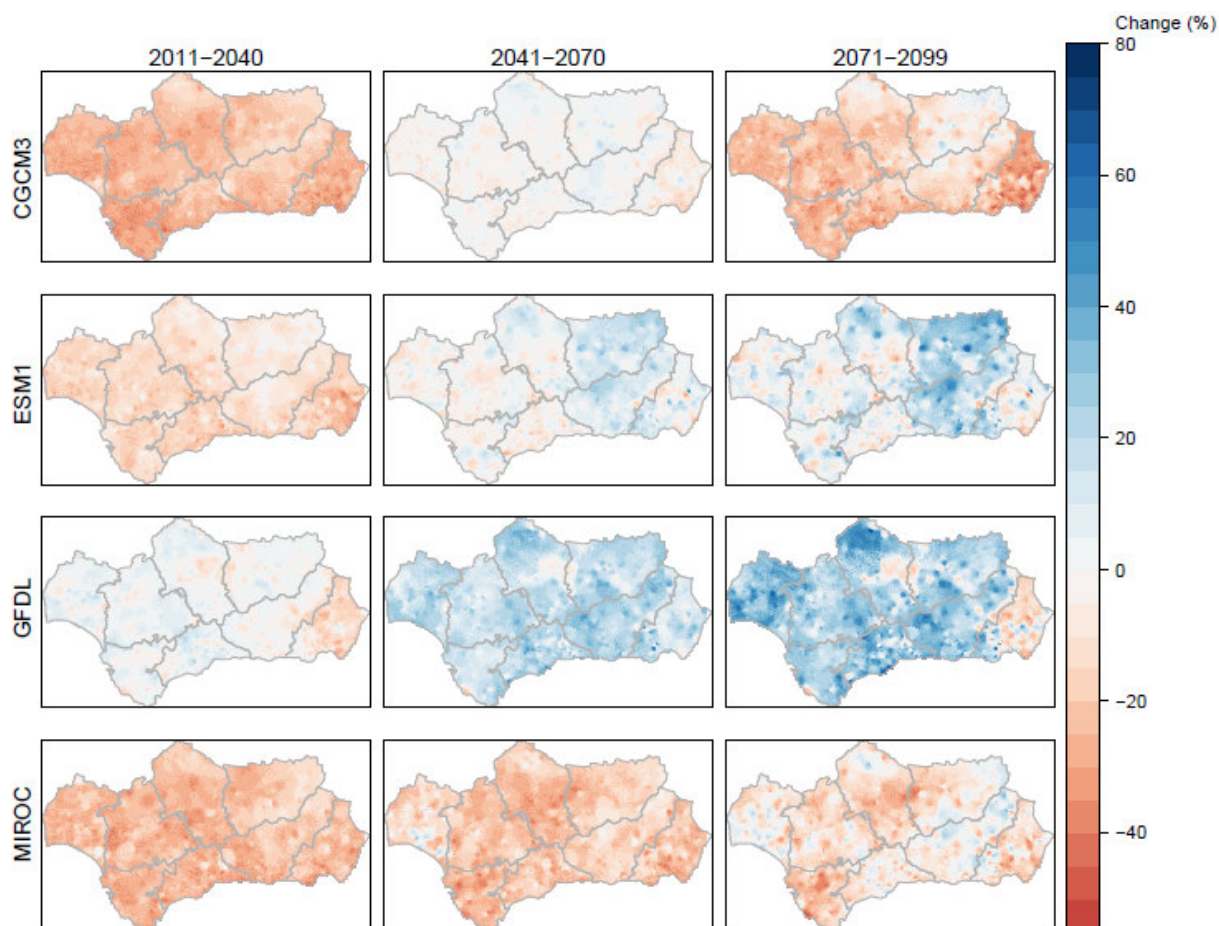


Figura 52: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de verano predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior puede observarse cómo los modelos también realizan predicciones muy diferentes. La previsión más optimista es la realizada por el modelo GFDL, en la que la precipitación de verano aumentaría en toda Andalucía durante los periodos 2041-2070 y 2071-2099, a excepción de la zona sureste durante este último. Por otra parte, el modelo MIROC y especialmente el modelo CGCM3 predicen una disminución de las precipitaciones de verano, especialmente durante el periodo 2011-2040, en el que en algunas zonas se podrían producir disminuciones de entre el 40 y el 60 %.

5.9.2 Provincias

A continuación, analizaremos la evolución de la precipitación de verano en cada provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP45 y RCP85), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia de las precipitaciones de verano en cada una de las provincias.

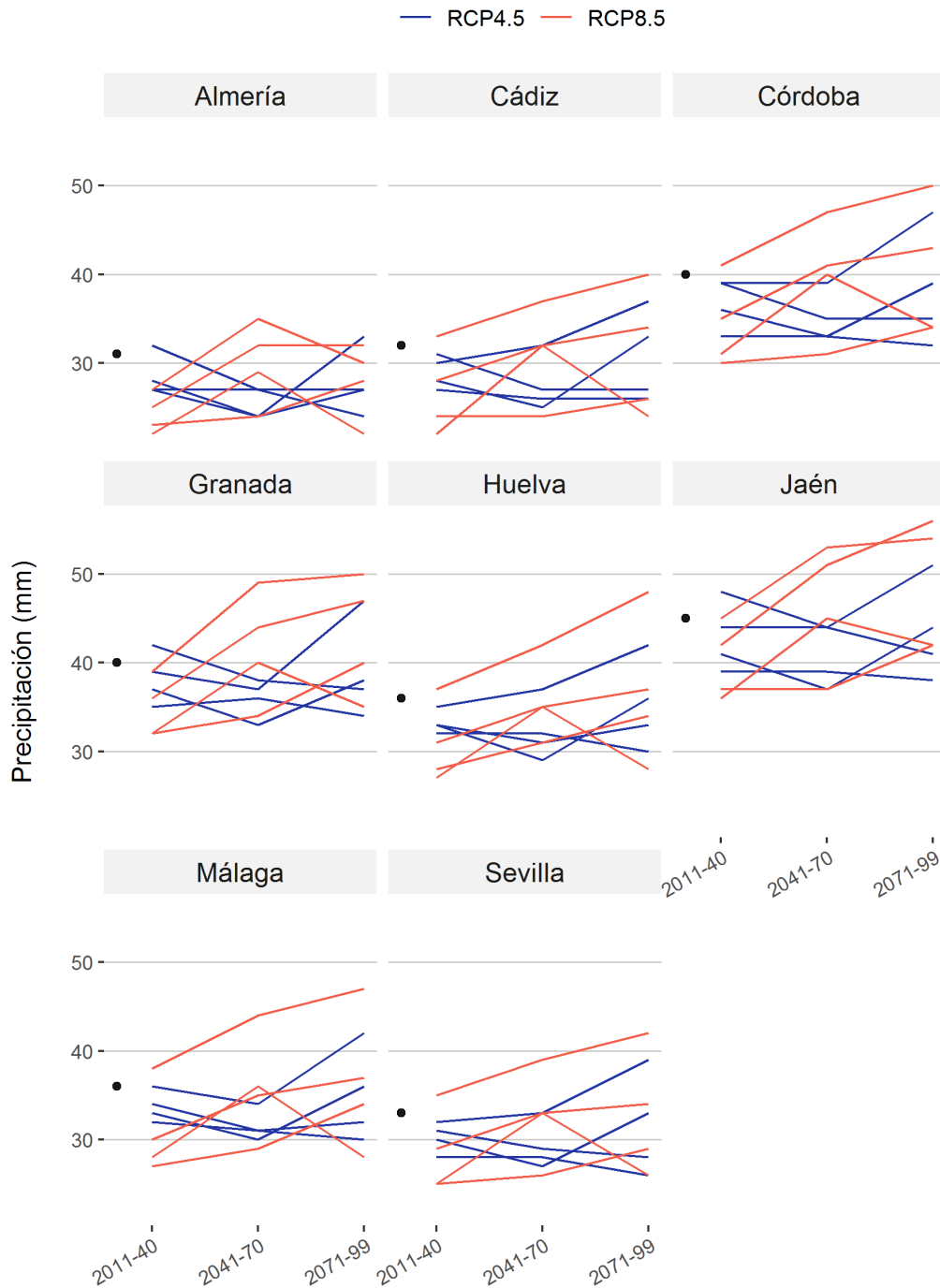


Figura 53: Evolución anual prevista de la variable Precipitación de verano (mm) para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior puede observarse como Jaén es la única provincia con predicciones por encima de los 50 mm, mientras que Almería y Cádiz son las provincias con unas predicciones más bajas.

Durante el periodo observado (1961-2000) las provincias de Jaén (45 mm), Granada y Córdoba (ambas con 40 mm) han sido las que han mostrado unas precipitaciones de verano más elevadas. Por otra parte, Almería y Cádiz son las provincias que ha mostrado unas precipitaciones de verano más bajas durante ese periodo (31 y 32 mm, respectivamente).

En cuanto a las predicciones de los modelos, el modelo CGCM3 predice que Jaén y Granada continuarán siendo las provincias con unas precipitaciones de verano más elevadas durante los tres periodos estudiados, siendo de 48 y 42 mm respectivamente durante el periodo 2011-2040 (modelo ESM1 y escenario RCP4.5), de 53 y 49 mm respectivamente durante el periodo 2041-2070 (modelo GFDL y escenario RCP8.5) y de 56 (modelo ESM1 y escenario RCP8.5) y 50 mm (modelo GFDL y escenario RCP8.5) respectivamente durante el periodo 2071-2099.

Almería y Cádiz también continuarían siendo las provincias con unas precipitaciones de verano más bajas en cualquiera de los tres periodos estudiados, siendo de 24 mm para ambas provincias durante el periodo 2011-2040 (modelo CGCM3 y escenario RCP8.5 en el caso de Almería, y modelo MIROC y escenario RCP8.5 en el caso de Cádiz), 22 y 24 mm respectivamente durante el periodo 2041-2070 (modelo CGCM3 y escenario RCP8.5) y 29 y 31 mm respectivamente durante el periodo 2071-2099 (modelo CGCM3 y escenario RCP8.5). Cabe destacar que durante este último periodo Cádiz se convertiría en la provincia con unas precipitaciones de verano más bajas por delante de Almería.

5.10 Precipitaciones de otoño

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a las precipitaciones de otoño en los siguientes ámbitos territoriales:

- Comunidad autónoma
- Provincias

En cada uno de los ámbitos territoriales describiremos las precipitaciones de otoño durante el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución de las precipitaciones anuales y estacionales para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

5.10.1 Comunidad autónoma

La Figura siguiente muestra las precipitaciones de otoño observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

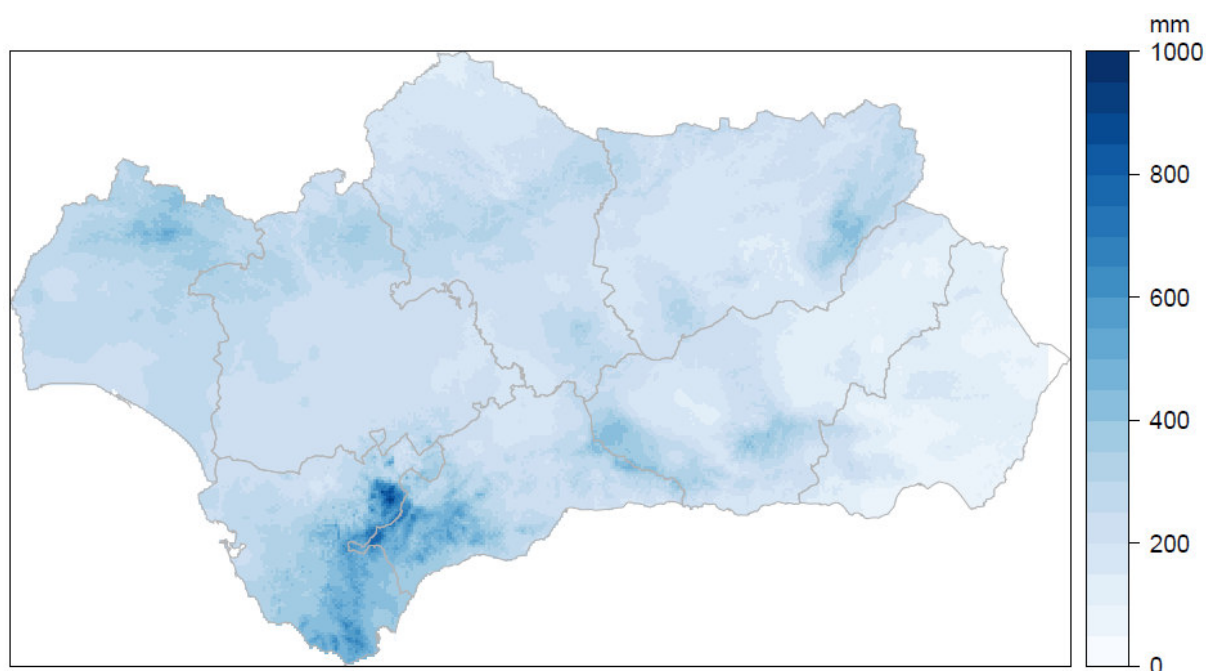


Figura 54: Precipitaciones de otoño observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Las zonas donde se producen las precipitaciones de otoño más elevadas están en torno a la Sierra de Grazalema y la Sierra del Algibe.

En la Tabla siguiente pueden observarse las precipitaciones de otoño predichas para cada escenario, modelo y periodo. Se incluyen las diferencias en porcentaje con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 14: Evolución prevista de la variable Precipitación de otoño (mm) en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	240	285 (19)	258 (8)	254 (6)
	ESM1		235 (-2)	242 (1)	229 (-5)
	GFDL		207 (-14)	203 (-15)	212 (-12)
	MIROC		225 (-6)	188 (-22)	203 (-15)
RCP8.5	CGCM3		270 (12)	246 (2)	246 (2)
	ESM1		260 (8)	214 (-11)	178 (-26)
	GFDL		215 (-10)	208 (-13)	165 (-31)
	MIROC		180 (-25)	201 (-16)	187 (-22)

Durante el periodo 1961-2000 se ha observado una precipitación media de 240 mm durante el otoño. Teniendo en cuenta las previsiones de los modelos, estas precipitaciones se verían incrementadas hasta un 19 % durante los periodos 2011-2040 (modelo ESM1 y escenario RCP8.5) y 2041-2070 (modelo CGCM3 y escenario RCP4.5) y un 6 % durante el periodo 2071-2099 (modelo CGCM3 y escenario RCP4.5) con respecto al periodo observado (1961-2000). Sin embargo, según otras predicciones las precipitaciones durante el otoño se verían reducidas en un 25 % durante el periodo 2011-2040 (modelo MIROC, escenario RCP8.5), en un 22 % durante el periodo 2041-2070 (modelo MIROC y escenario RCP4.5) y en un 26 % durante el periodo 2071-2099 (modelo ESM1 y escenario RCP8.5) con respecto al periodo observado (1961-2000).

5.10.1.1 Incremento anual según el escenario RCP4.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de la precipitación de otoño con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

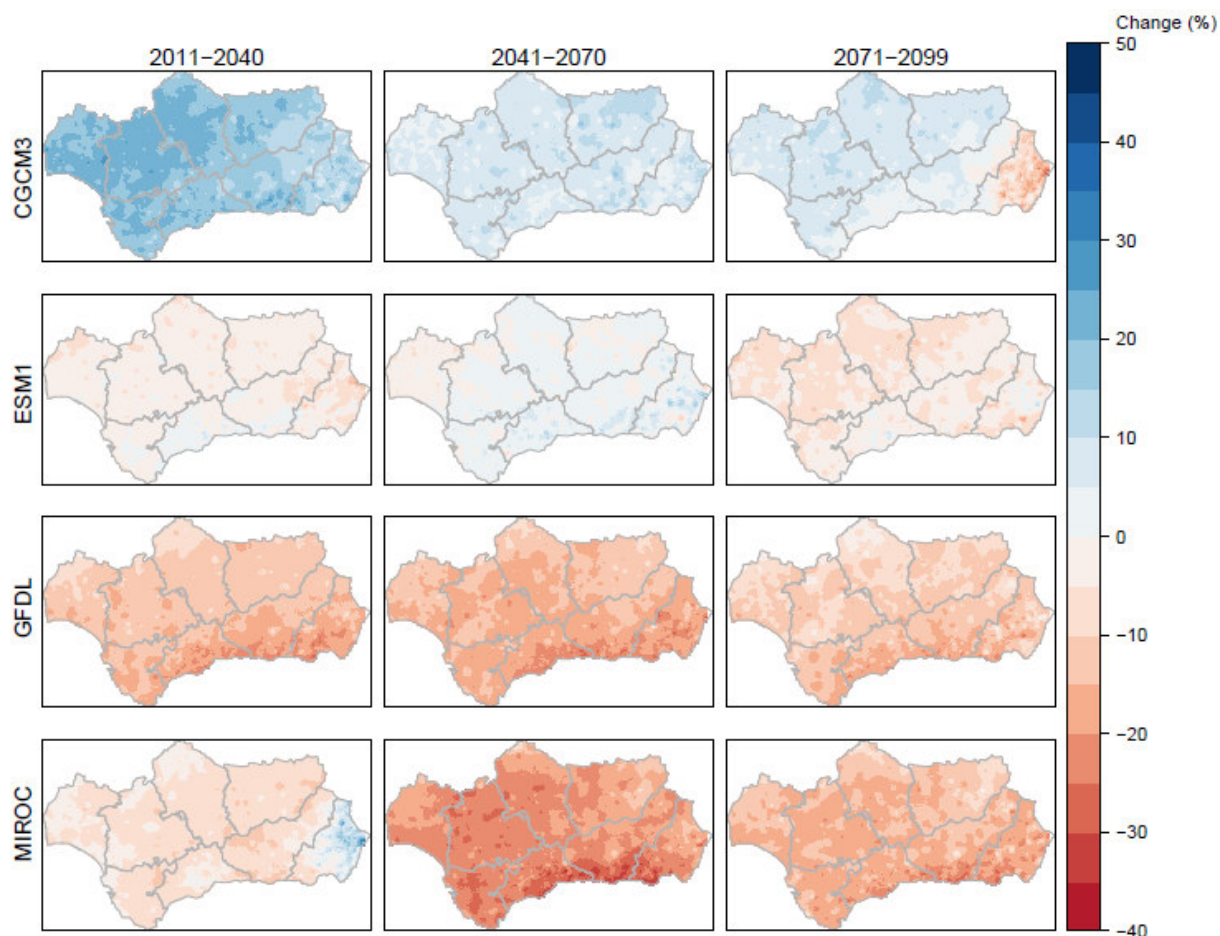


Figura 55: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de otoño predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior, como previsión más optimista destaca la realizada por el modelo CGCM3 en la que la precipitación de otoño aumentaría prácticamente en toda Andalucía durante los tres periodos estudiados salvo en el sureste, llegando a aumentar más de un 40 % en algunos puntos. Por otra parte, los modelos GFDL y MIROC predicen una disminución de las precipitaciones de otoño sobre todo durante el periodo 2041-2070, llegando a una disminución del 40-50 % en algunos puntos.

5.10.1.2 Incremento anual según el escenario RCP8.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de la precipitación de otoño con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

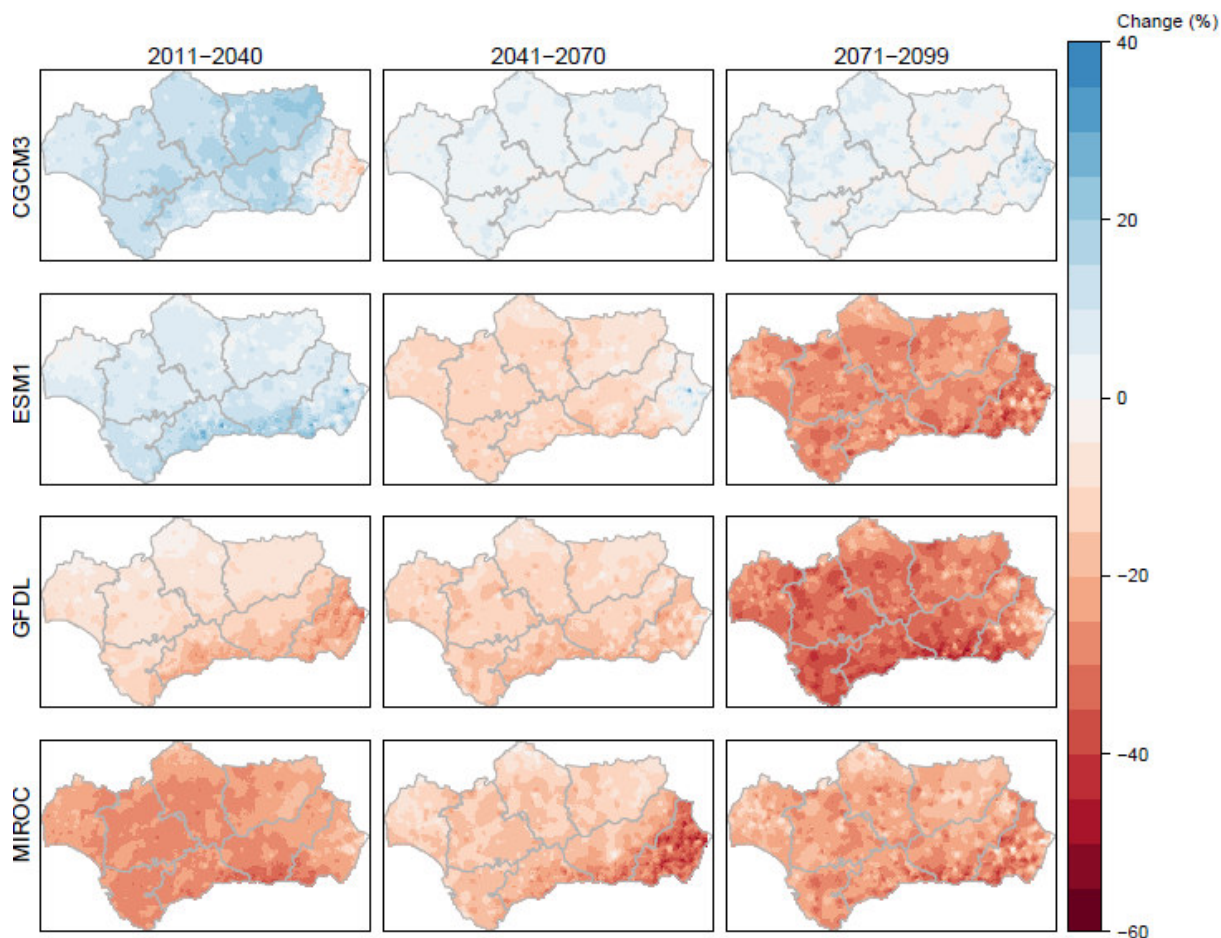


Figura 56: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de otoño predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia % entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior puede observarse cómo la previsión más optimista es la realizada por el modelo CGCM3, en la que la precipitación de otoño aumentaría en toda Andalucía excepto en la zona este, especialmente durante el periodo 2011-2040. Por otra parte, los modelos ESM1, GFDL y MIROC predicen una disminución de las precipitaciones de otoño durante el periodo 2071-2099, en la que en algunas zonas se podrían producir disminuciones hasta del 60-70 %.

5.10.2 Provincias

A continuación, analizaremos la evolución de la precipitación de otoño en cada provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP45 y RCP85), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia de las precipitaciones de otoño en cada una de las provincias.

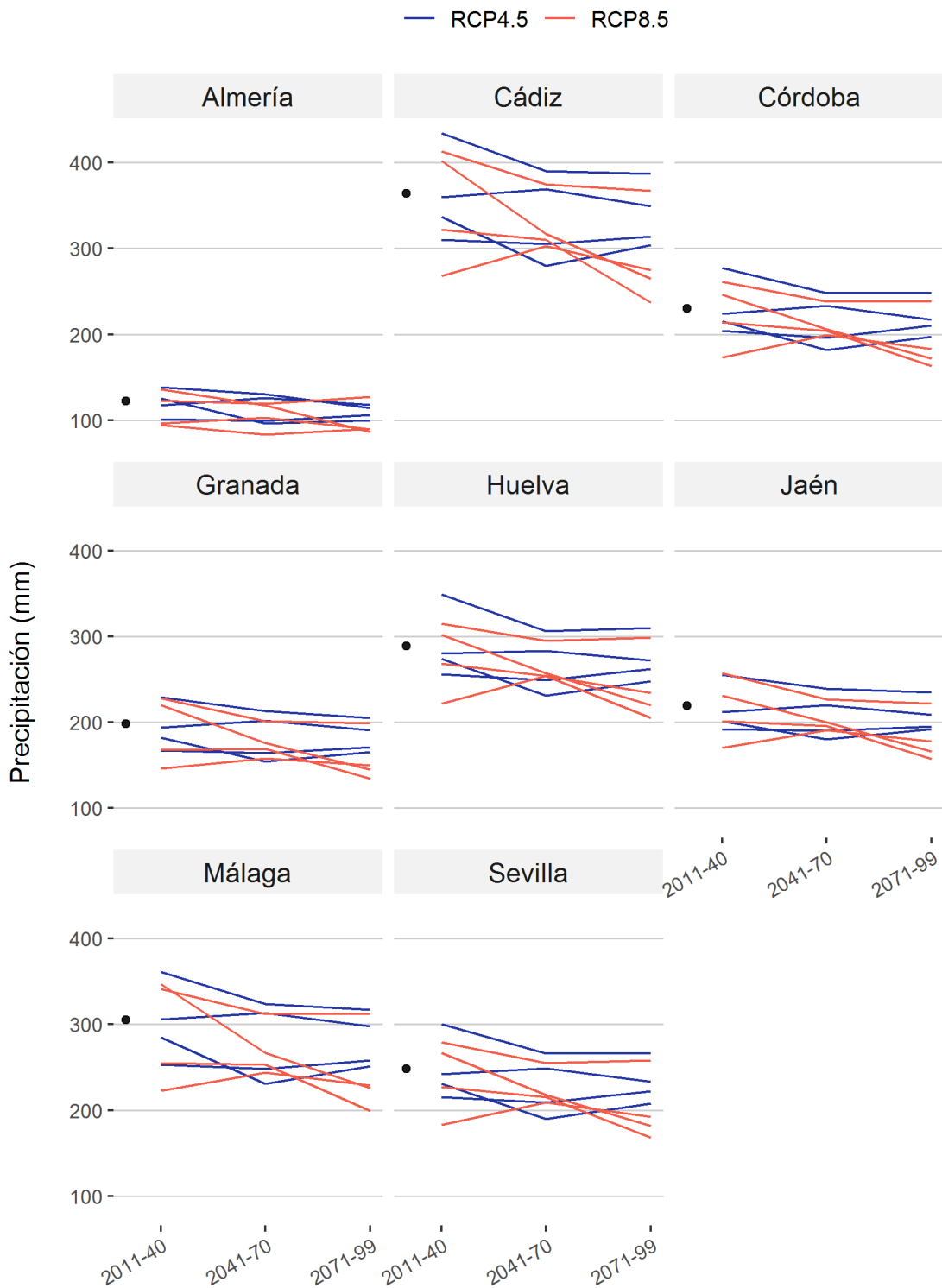


Figura 57: Evolución anual prevista de la variable Precipitación de otoño (mm) para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior vemos como Cádiz es la única provincia con predicciones por encima de los 400 mm, mientras que Almería y Granada son las provincias con unas predicciones más bajas.

Durante el periodo observado (1961-2000) las provincias de Cádiz y Málaga han sido las que han mostrado unas precipitaciones de otoño más elevadas (364 y 305 mm, respectivamente). Por otra parte, Almería y Granada son las provincias que ha mostrado unas precipitaciones de otoño más bajas durante ese periodo (122 y 198 mm, respectivamente).

Según las predicciones más optimistas (modelo CGCM3 y escenario RCP4.5) Cádiz y Málaga continuarían siendo las provincias con unas precipitaciones de otoño más elevadas durante los tres periodos estudiados, siendo de 434 y 361 mm respectivamente durante el periodo 2011-2040, de 390 y 324 mm respectivamente durante el periodo 2041-2070 y de 387 y 317 mm respectivamente durante el periodo 2071-2099.

Almería y Granada también continuarían siendo las provincias con unas precipitaciones de otoño más bajas en cualquiera de los tres periodos estudiados, siendo de 94 y 146 mm respectivamente durante el periodo 2011-2040 (modelo MIROC y escenario RCP8.5), 83 y 154 mm respectivamente durante el periodo 2041-2070 (modelo MIROC y escenario RCP8.5) y 86 (modelo ESM1 y escenario RCP8.5) y 134 mm (modelo CGCM3 y escenario RCP8.5) respectivamente durante el periodo 2071-2099 (modelo GFDL y escenario RCP8.5).

5.11 Precipitaciones de invierno

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a las precipitaciones de invierno en los siguientes ámbitos territoriales:

- Comunidad autónoma
- Provincias

En cada uno de los ámbitos territoriales describiremos las precipitaciones de invierno durante el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución de las precipitaciones anuales y estacionales para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

5.11.1 Comunidad autónoma

La Figura siguiente muestra las precipitaciones de invierno observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

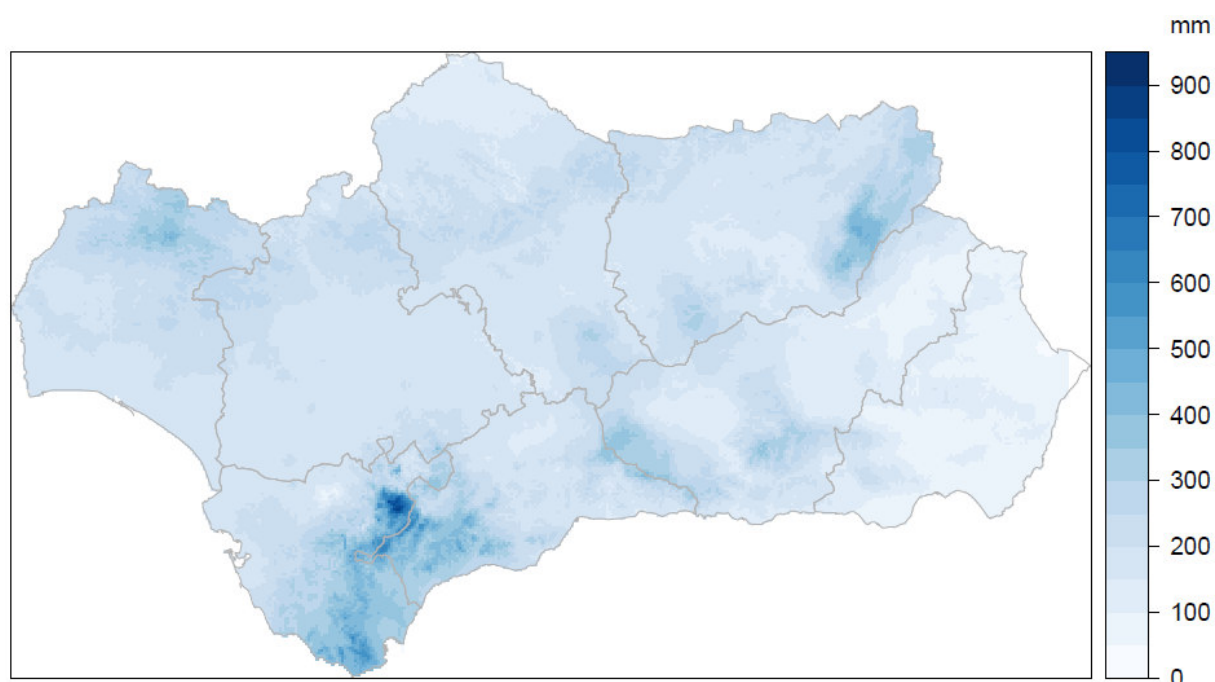


Figura 58: Precipitaciones de invierno observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Las zonas donde se producen las precipitaciones de invierno más elevadas están en torno a la Sierra de Grazalema y la Sierra del Aljibe, aunque también destacan otras zonas a lo largo de los Sistemas Béticos y Sª Morena.

En la Tabla 15 pueden observarse las precipitaciones de invierno predichas para cada escenario, modelo y periodo. Se incluyen las diferencias en porcentaje con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 15: Evolución prevista de la variable Precipitación de invierno (mm) en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	200	267 (34)	251 (26)	246 (23)
	ESM1		217 (8)	197 (-2)	218 (9)
	GFDL		171 (-14)	170 (-15)	158 (-21)
	MIROC		182 (-9)	167 (-16)	169 (-16)
RCP8.5	CGCM3		212 (6)	280 (40)	265 (32)
	ESM1		213 (6)	195 (-2)	183 (-8)
	GFDL		183 (-8)	158 (-21)	166 (-17)
	MIROC		183 (-8)	157 (-22)	167 (-16)

Durante el periodo 1961-2000 se ha observado una precipitación media de 200 mm durante el invierno. Teniendo en cuenta las previsiones de los modelos, estas precipitaciones se verían incrementadas hasta un 34 % durante el periodo 2011-2040 (modelo CGCM3 y escenario RCP4.5), un 40 % durante el periodo y 2041-2070 (modelo CGCM3 y escenario RCP8.5) y un 32 % durante el periodo 2071-2099 (modelo CGCM3 y escenario RCP8.5) con respecto al periodo observado (1961-2000). Sin embargo, según otras predicciones las precipitaciones durante el invierno se verían reducidas en un 14 % durante el periodo 2011-2040 (modelo GFDL, escenario RCP4.5), en un 22 % durante el periodo 2041-2070 (modelo MIROC y escenario RCP8.5) y en un 21 % durante el periodo 2071-2099 (modelo GFDL y escenario RCP4.5) con respecto al periodo observado (1961-2000).

5.11.1.1 Incremento anual según el escenario RCP4.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de la precipitación de invierno con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

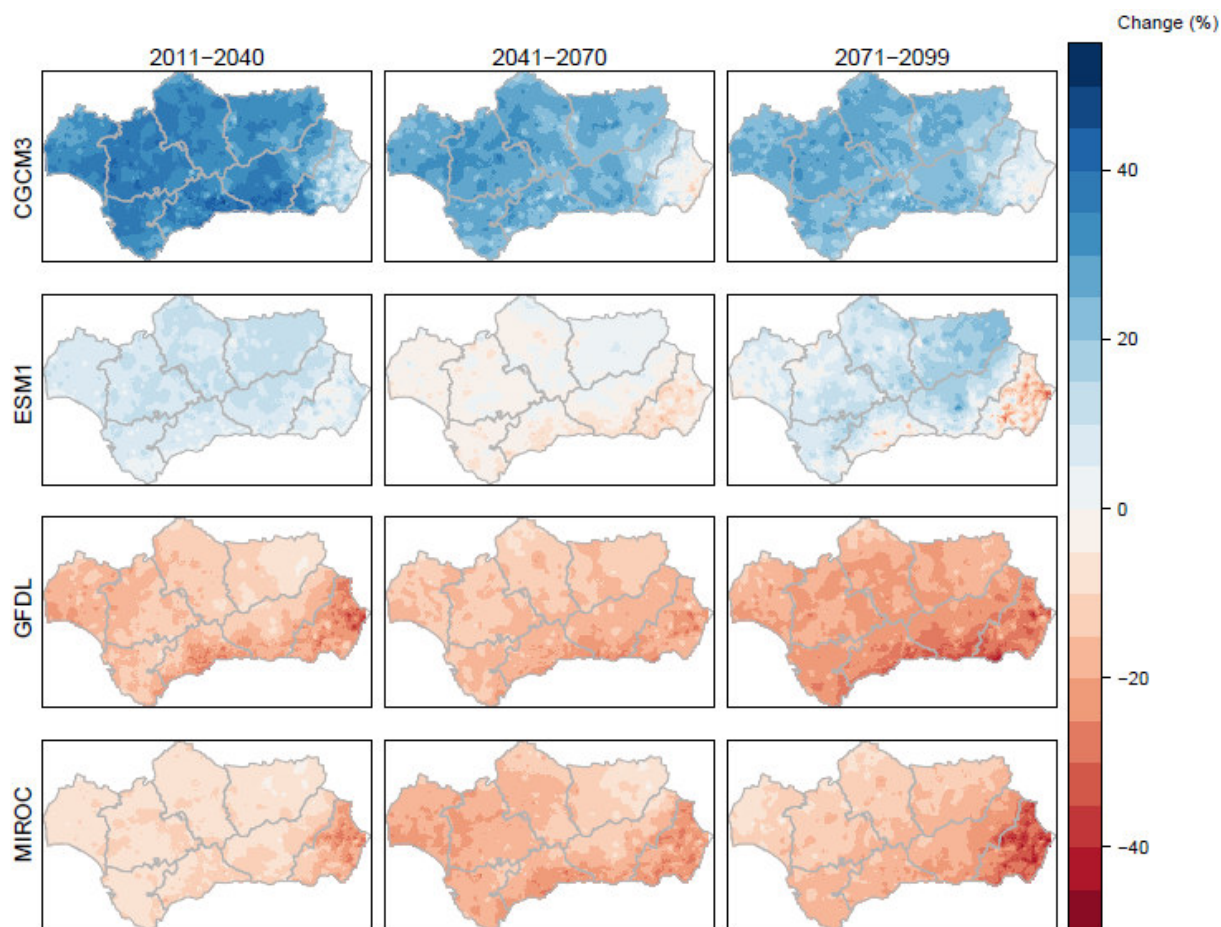


Figura 59: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de invierno predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior, como previsión más optimista, destaca la realizada por el modelo CGCM3 en la que la precipitación de invierno aumentaría prácticamente en toda Andalucía, con menor intensidad en la zona sureste, especialmente durante el periodo 2011-2040, llegando a aumentar más de un 40 % en algunos puntos. Por otra parte, los modelos GFDL y MIROC predicen una disminución de las precipitaciones de invierno. El modelo GFDL predice disminuciones de mayor intensidad en la zona sureste de Andalucía y la fachada mediterránea.

5.11.1.2 Incremento anual según el escenario RCP8.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de la precipitación de invierno con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

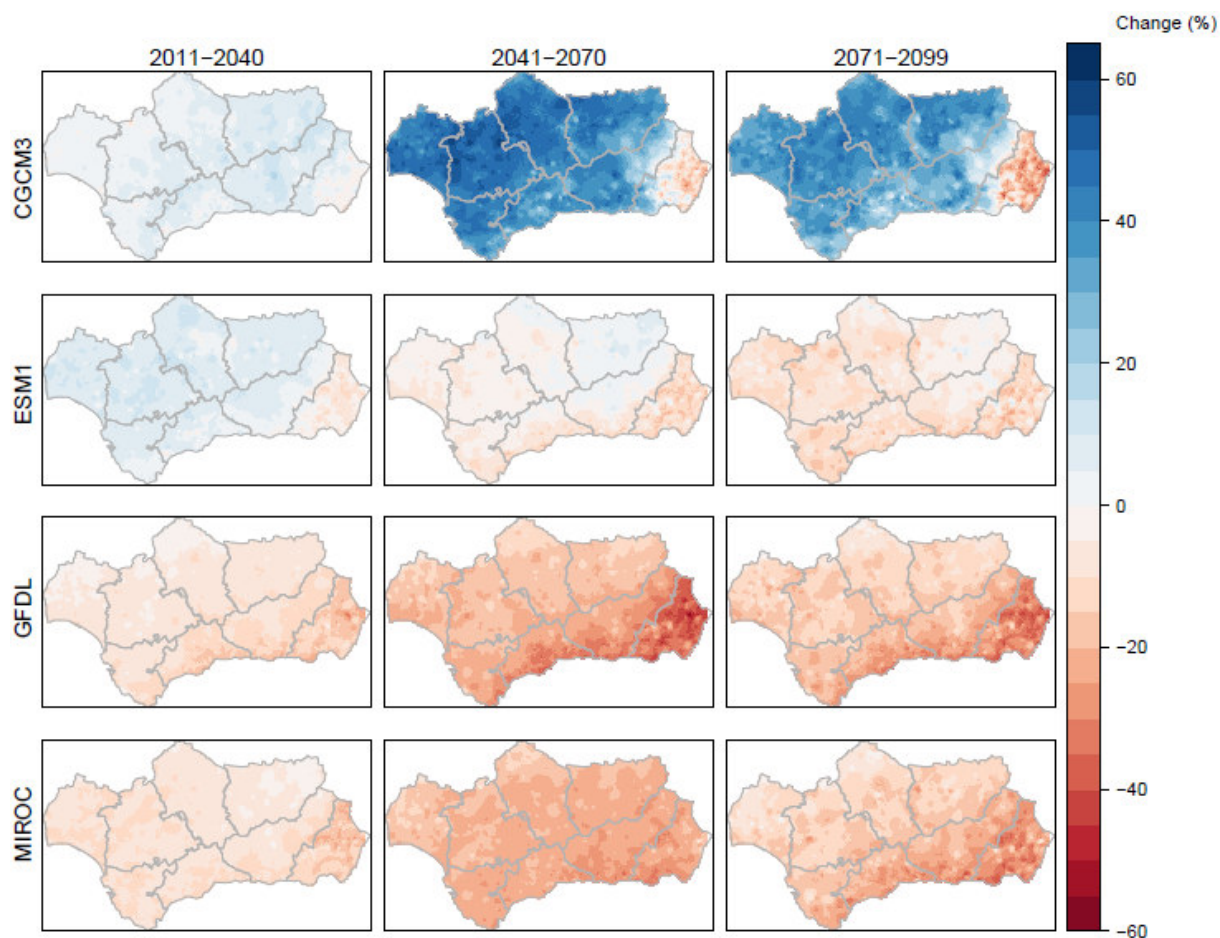


Figura 60: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de invierno predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior puede observarse cómo la previsión más optimista es la realizada por el modelo CGCM3, en la que la precipitación de invierno aumentaría en toda Andalucía excepto en la zona este. Por otra parte, el resto de modelos, y en especial los modelos GFDL y MIROC durante el periodo 2041-2070 predicen una disminución de las precipitaciones de invierno con mayor intensidad en el sureste y resto de la fachada mediterránea, en la que en algunas zonas se podrían producir disminuciones hasta del 60 %.

5.11.2 Provincias

A continuación, analizaremos la evolución de la precipitación de invierno en cada provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP45 y RCP85), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia de las precipitaciones de invierno en cada una de las provincias.

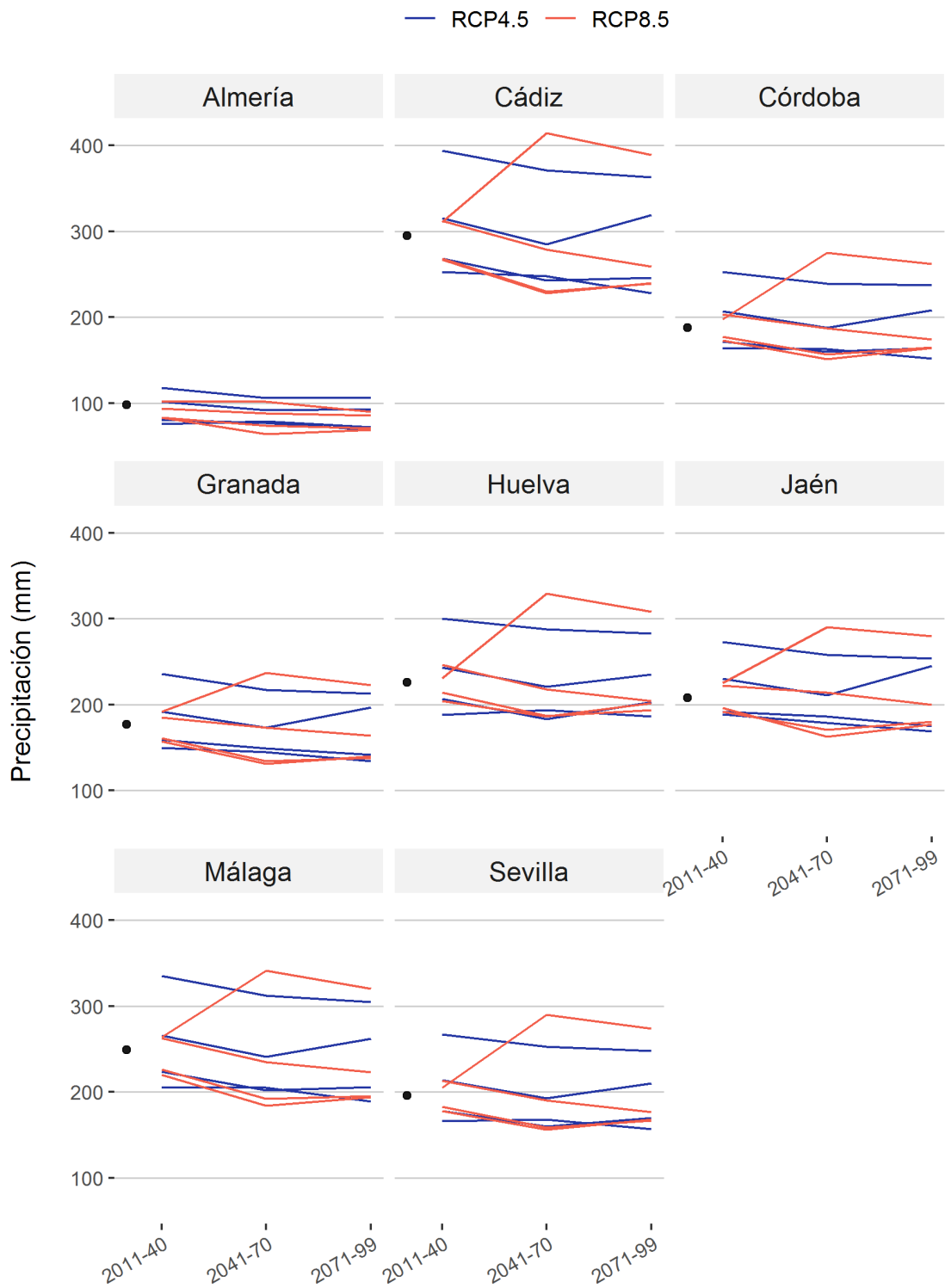


Figura 61: Evolución anual prevista de la variable Precipitación de invierno (mm) para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior vemos como Cádiz es la única provincia con predicciones en torno a los 400 mm, mientras que Almería es la provincia con unas predicciones más bajas.

Durante el periodo observado (1961-2000) las provincias de Cádiz y Málaga han sido las que han mostrado unas precipitaciones de invierno más elevadas (295 y 249 mm, respectivamente). Por otra parte, Almería y Granada son las provincias que ha mostrado unas precipitaciones de invierno más bajas durante ese periodo (98 y 177 mm, respectivamente).

Según las predicciones más optimistas Cádiz y Málaga continuarían siendo las provincias con unas precipitaciones de invierno más elevadas durante los tres periodos estudiados, siendo de 394 y 335 mm respectivamente durante el periodo 2011-2040 (modelo CGCM3 y escenario RCP4.5), de 414 y 341 mm respectivamente durante el periodo 2041-2070 (modelo CGCM3 y escenario RCP8.5) y de 389 y 320 mm respectivamente durante el periodo 2071-2099 (modelo CGCM3 y escenario RCP8.5).

Almería y Granada también continuarían siendo las provincias con unas precipitaciones de invierno más bajas en cualquiera de los tres periodos estudiados según el modelo GFDL, siendo de 76 y 150 mm respectivamente durante el periodo 2011-2040 (escenario RCP4.5), 64 y 131 mm respectivamente durante el periodo 2041-2070 (escenario RCP8.5) y 69 (escenario RCP4.5) y 134 mm (escenario RCP8.5) respectivamente durante el periodo 2071-2099.

5.12 Precipitación en forma de nieve

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a las precipitaciones en forma de nieve en los siguientes ámbitos territoriales:

- Comunidad autónoma
- Provincias

En cada uno de los ámbitos territoriales describiremos las precipitaciones en forma de nieve durante el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución de las precipitaciones en forma de nieve para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra las precipitaciones de nieve observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000. Cabe destacar que las precipitaciones de nieve se centran fundamentalmente en Sierra nevada y en las Sierras de Cazorla y Segura.

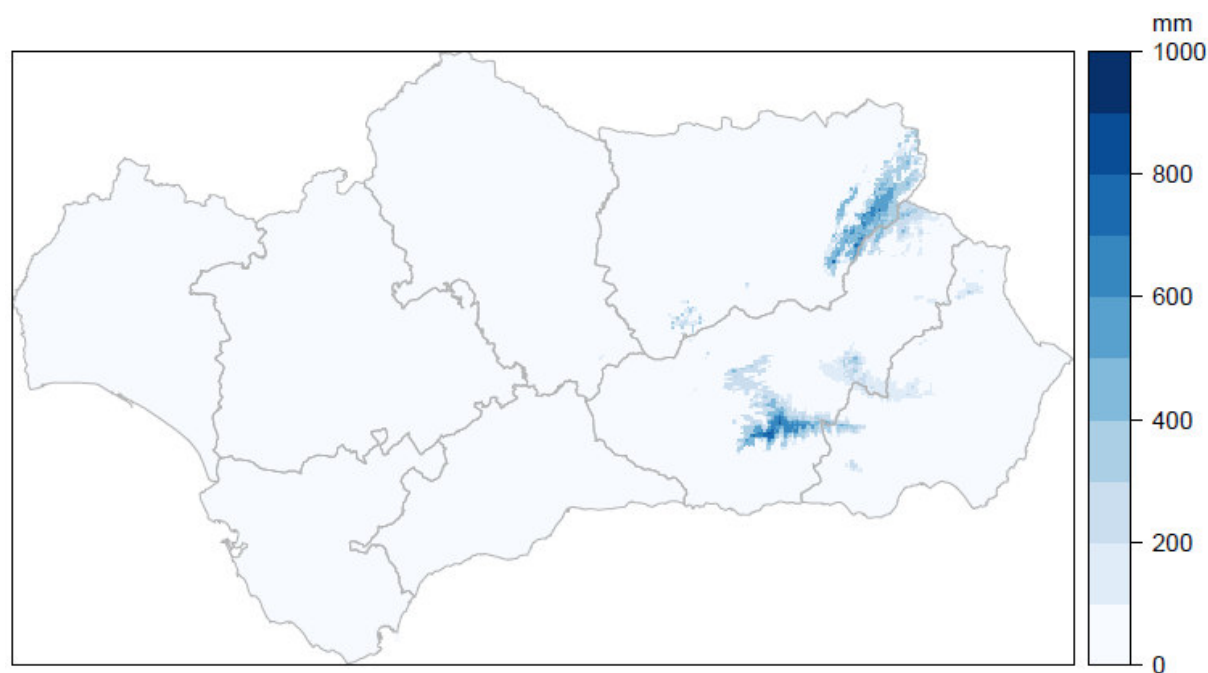


Figura 62: Precipitaciones en forma de nieve observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

En la Tabla siguiente pueden observarse las precipitaciones en forma de nieve predichas para cada escenario, modelo y periodo. Se incluyen las diferencias en porcentaje con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 16: Evolución anual prevista de la variable Precipitación de nieve (mm) en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia (en %) en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	13	13 (0)	6 (-54)	4 (-69)
	ESM1		8 (-38)	5 (-62)	4 (-69)
	GFDL		5 (-62)	3 (-77)	3 (-77)
	MIROC		4 (-69)	2 (-85)	1 (-92)
RCP8.5	CGCM3		10 (-23)	5 (-62)	1 (-92)
	ESM1		6 (-54)	3 (-77)	1 (-92)
	GFDL		4 (-69)	2 (-85)	0 (-100)
	MIROC		4 (-69)	0 (-100)	0 (-100)

Teniendo en cuenta las previsiones de los modelos, estas precipitaciones descenderán entre un 0 y un 70 % durante el periodo 2011-2040, entre un 55 y un 100 % durante el periodo 2041-2070 y entre un 70 y un 100 % durante el periodo 2071-2099.

5.12.1 Comunidad autónoma

5.12.1.1 Evolución de la precipitación escenario RCP4.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de las precipitaciones en forma de nieve según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

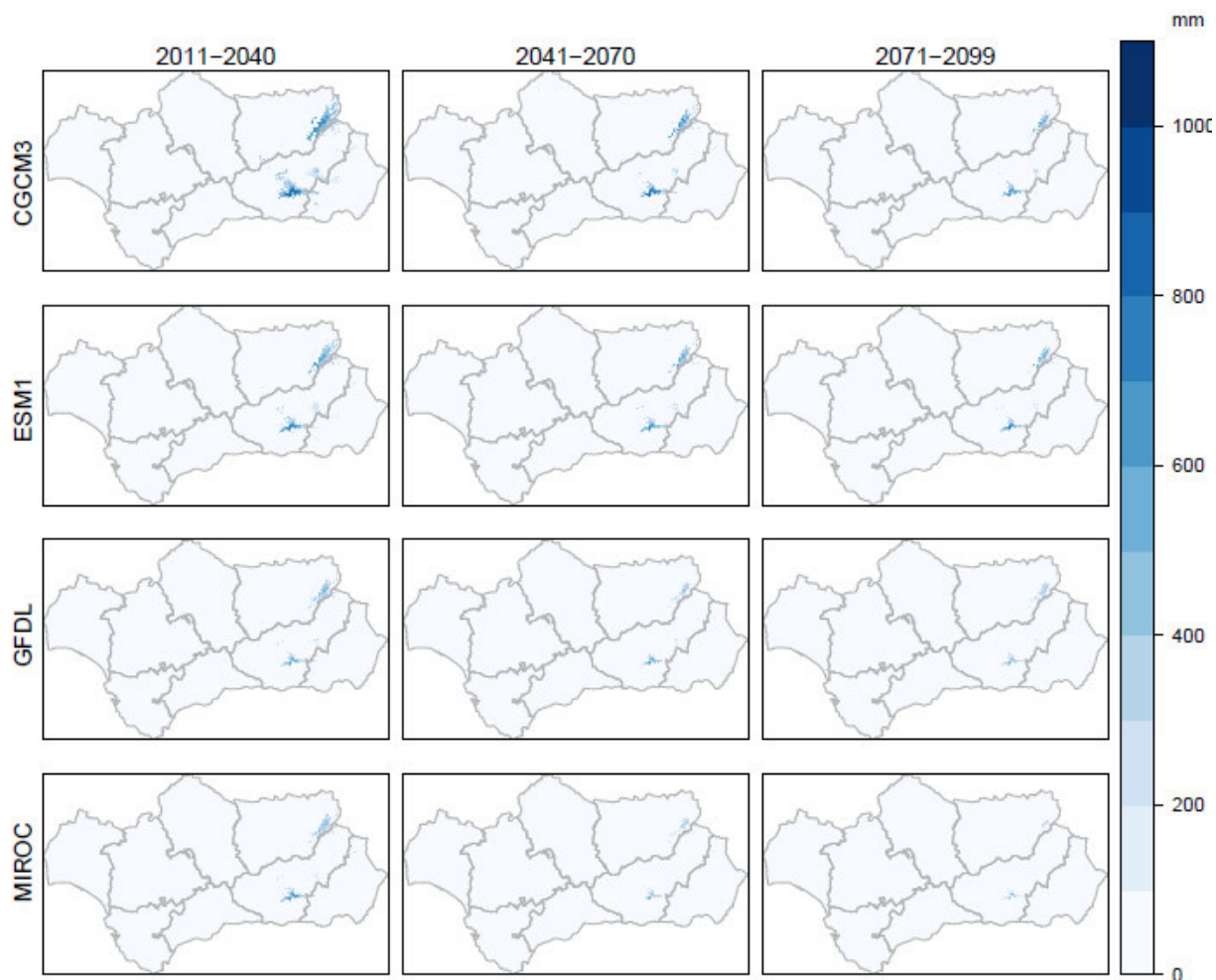


Figura 63: Precipitaciones en forma de nieve predichas por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

En la Figura anterior destaca cómo los modelos GFDL y MIROC son los que predicen una mayor disminución de las precipitaciones en forma de nieve con reducciones en torno al 60 – 70% en los periodos 2011-2040 y 2041-2070, y hasta del 90 - 100% en algunos casos durante el periodo 2071-2099.

5.12.1.2 Evolución de la precipitación escenario RCP8.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de las precipitaciones en forma de nieve según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

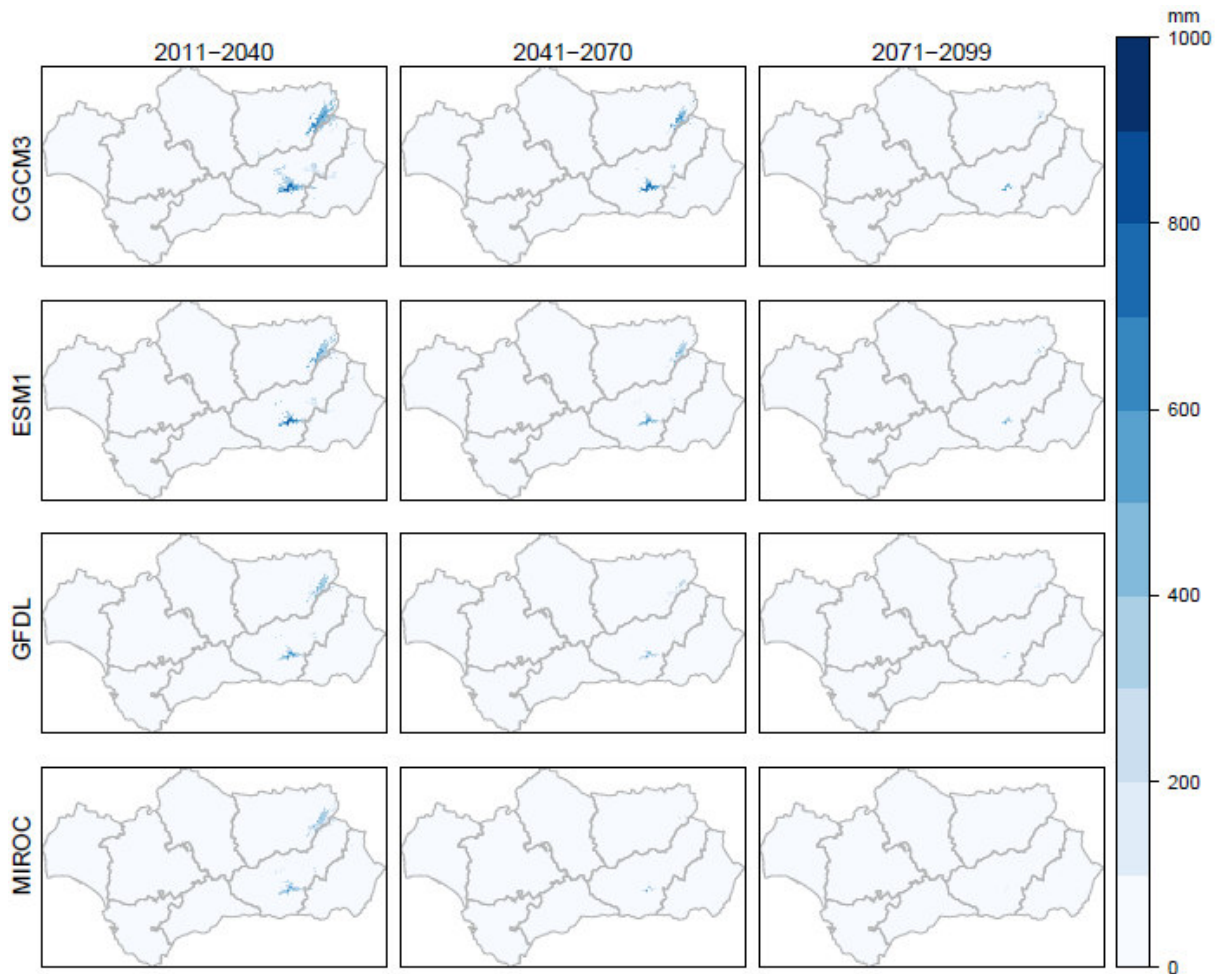


Figura 64: Precipitaciones de nieve predichas por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

En la Figura anterior puede observarse cómo la precipitación en forma de nieve disminuye en todas las zonas de media y alta montaña, desapareciendo en muchas de ellas a finales de siglo, especialmente en las predicciones de los modelos GFDL y MIROC. Los responsables de esta disminución es la acción combinada de la disminución de la precipitación y aumento de la temperatura. El resto de modelos y escenarios llegan a esta misma conclusión con mayor o menor grado de descenso.

5.12.2 Provincias

En la Tabla siguiente pueden observarse las precipitaciones en forma de nieve predichas para cada escenario, modelo y periodo en las provincias de Almería, Granada y Jaén. Se incluyen las diferencias en porcentaje con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 17: Evolución anual prevista de la variable Precipitación de nieve (mm) en las provincias de Almería, Granada y Jaén. Los valores entre paréntesis representan la diferencia (en %) en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario/Provincia	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
Almería					
RCP4.5	CGCM3	11	10 (-9)	3 (-73)	1 (-91)
	ESM1		5 (-55)	2 (-82)	1 (-91)
	GFDL		2 (-82)	1 (-91)	1 (-91)
	MIROC		2 (-82)	0 (-100)	0 (-100)
RCP8.5	CGCM3		7 (-36)	2 (-82)	0 (-100)
	ESM1		4 (-64)	1 (-91)	0 (-100)
	GFDL		2 (-82)	0 (-100)	0 (-100)
	MIROC		2 (-82)	0 (-100)	0 (-100)
Granada					
RCP4.5	CGCM3	47	49 (4)	24 (-49)	15 (-68)
	ESM1		29 (-38)	18 (-62)	14 (-70)
	GFDL		17 (-64)	11 (-77)	10 (-79)
	MIROC		16 (-66)	7 (-85)	3 (-94)
RCP8.5	CGCM3		39 (-17)	18 (-62)	3 (-94)
	ESM1		25 (-47)	11 (-77)	3 (-94)
	GFDL		16 (-66)	6 (-87)	2 (-96)
	MIROC		16 (-66)	2 (-96)	0 (-100)
Jaén					
RCP4.5	CGCM3	31	32 (3)	16 (-48)	11 (-65)
	ESM1		20 (-35)	13 (-58)	9 (-71)
	GFDL		13 (-58)	7 (-77)	7 (-77)
	MIROC		12 (-61)	5 (-84)	2 (-94)
RCP8.5	CGCM3		26 (-16)	12 (-61)	1 (-97)
	ESM1		16 (-48)	8 (-74)	2 (-94)
	GFDL		11 (-65)	4 (-87)	1 (-97)
	MIROC		12 (-61)	1 (-97)	0 (-100)

Cabe destacar cómo ya durante el periodo 2041-2070 los modelos predicen una disminución de las precipitaciones en forma de nieve entre un 49 y un 96 % en la provincia de Granada, y entre un 48 y un 97 % en la provincia de Jaén.

5.12.3 Sierra Nevada

En la Tabla siguiente pueden observarse las precipitaciones de nieve predichas para cada escenario, modelo y periodo en Sierra Nevada. Se incluyen las diferencias en porcentaje con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 18: Evolución prevista de la variable Precipitación de nieve (mm) en Sierra Nevada. Los valores entre paréntesis representan la diferencia (en %) en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	173	199 (15)	115 (-34)	80 (-54)
	ESM1		124 (-28)	91 (-47)	76 (-56)
	GFDL		76 (-56)	54 (-69)	48 (-72)
	MIROC		79 (-54)	37 (-79)	21 (-88)
RCP8.5	CGCM3		158 (-9)	94 (-46)	23 (-87)
	ESM1		116 (-33)	59 (-66)	21 (-88)
	GFDL		74 (-57)	34 (-80)	11 (-94)
	MIROC		71 (-59)	13 (-92)	1 (-99)

Cabe destacar cómo únicamente el modelo CGCM3 predice un aumento de las precipitaciones en forma de nieve en Sierra Nevada, siendo un aumento del 15% durante el periodo 2011-2040 para el Modelo CGCM3 y escenario 4.5. En el resto de los casos los modelos predicen una disminución de las precipitaciones en forma de nieve, siendo las disminuciones más extremas las predichas por los modelos GFDL y MIROC, que llegarían a un 94 y 99% respectivamente durante el periodo 2071-2099 (escenario RCP8.5).

5.13 Evapotranspiración

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a la evapotranspiración en los siguientes ámbitos territoriales:

- Comunidad autónoma
- Provincias

En cada uno de los ámbitos territoriales describiremos la evapotranspiración durante el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución de la evapotranspiración para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

5.13.1 Comunidad autónoma

La Figura siguiente muestra la evapotranspiración observada en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

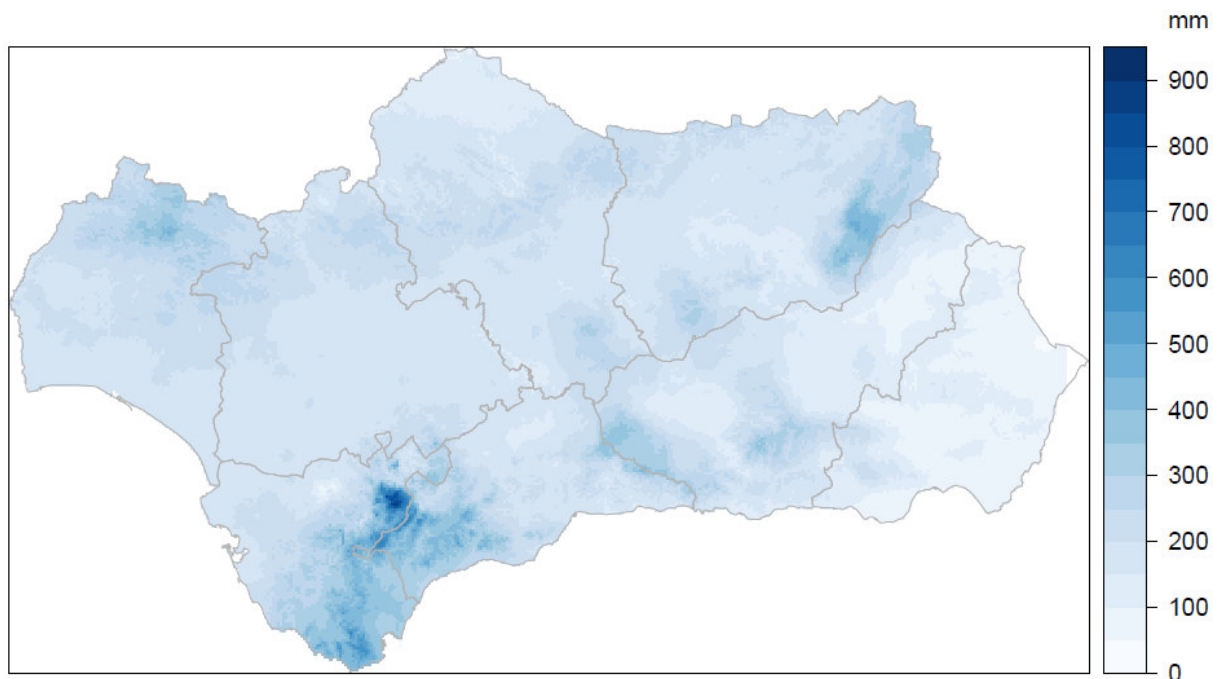


Figura 65: Evapotranspiración observada en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior puede observarse que los valores más altos de evapotranspiración se han producido en torno al Parque Natural de los Alcornocales y al Parque Natural Sierras de Cazorla, Segura y las Villas.

En la Tabla siguiente se presenta la evapotranspiración predicha para cada escenario, modelo y periodo. Se incluyen las diferencias en porcentaje con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 19: Evolución anual prevista de la variable Evapotranspiración (mm) en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia (en %) en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	1286	1335 (4)	1385 (8)	1407 (9)
	ESM1		1376 (7)	1419 (10)	1436 (12)
	GFDL		1382 (7)	1422 (11)	1440 (12)
	MIROC		1404 (9)	1454 (13)	1500 (17)
RCP8.5	CGCM3		1357 (6)	1410 (10)	1488 (16)
	ESM1		1382 (7)	1442 (12)	1534 (19)
	GFDL		1392 (8)	1457 (13)	1549 (20)
	MIROC		1410 (10)	1515 (18)	1649 (28)

Durante el periodo 1961-2000 se ha observado una evapotranspiración media de 1.286 mm. Teniendo en cuenta las previsiones de los modelos, la evapotranspiración aumentaría hasta un 28 % durante el periodo 2071-2099 en el escenario RCP8.5 y un 17 % durante el periodo 2071-2099 en el escenario RCP4.5. Ambas predicciones realizadas por el modelo MIROC.

5.13.1.1 Incremento anual según el escenario RCP4.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de la evapotranspiración con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

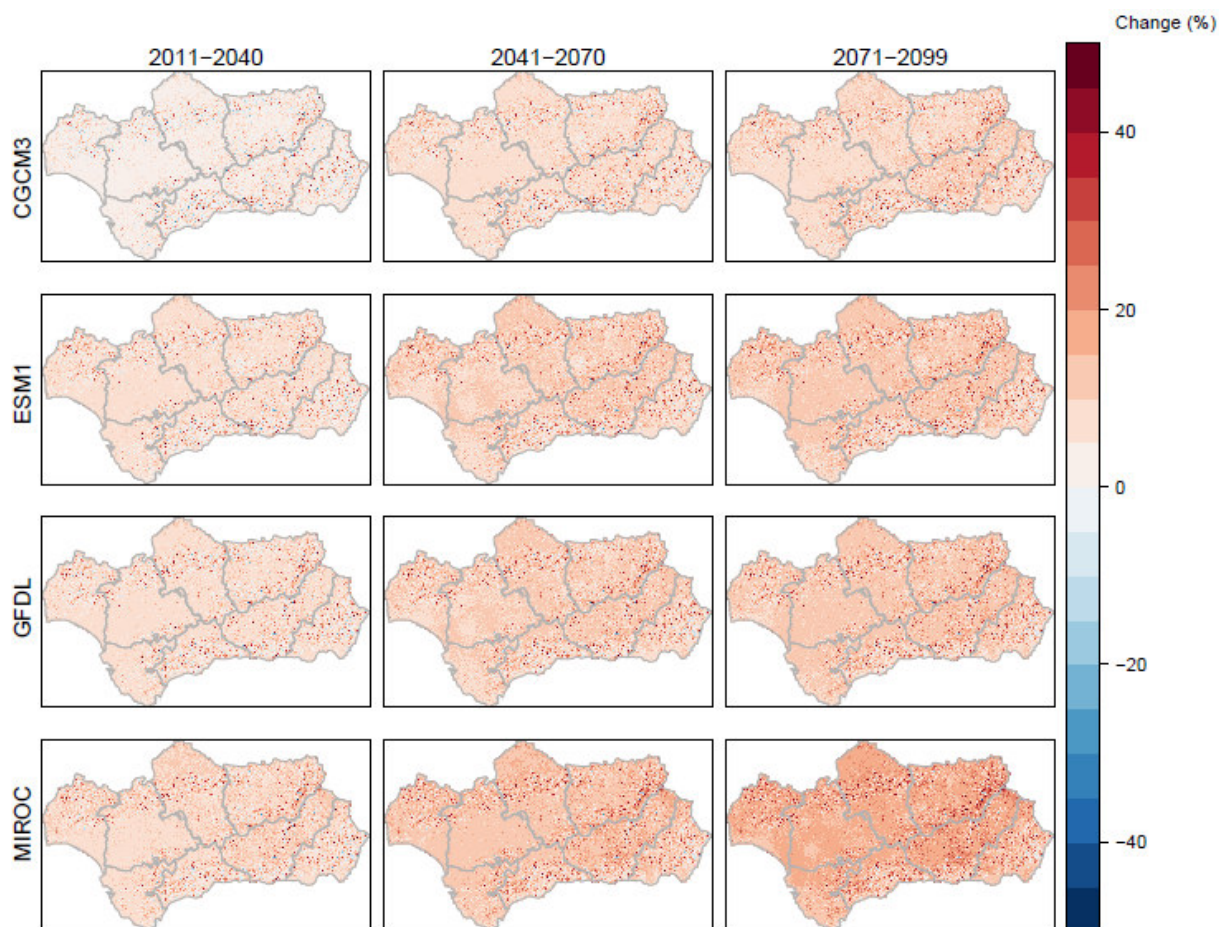


Figura 66: Variación respecto al periodo de referencia, de la evapotranspiración predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP4.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior puede observarse cómo los valores de la evapotranspiración aumentan con el paso del tiempo para los cuatro modelos analizados, especialmente en Sierra Morena y en los Sistemas Béticos, llegando a predicciones de un incremento cercano al 20% (modelo MIROC).

5.13.1.2 Incremento anual según el escenario RCP8.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de la evapotranspiración con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

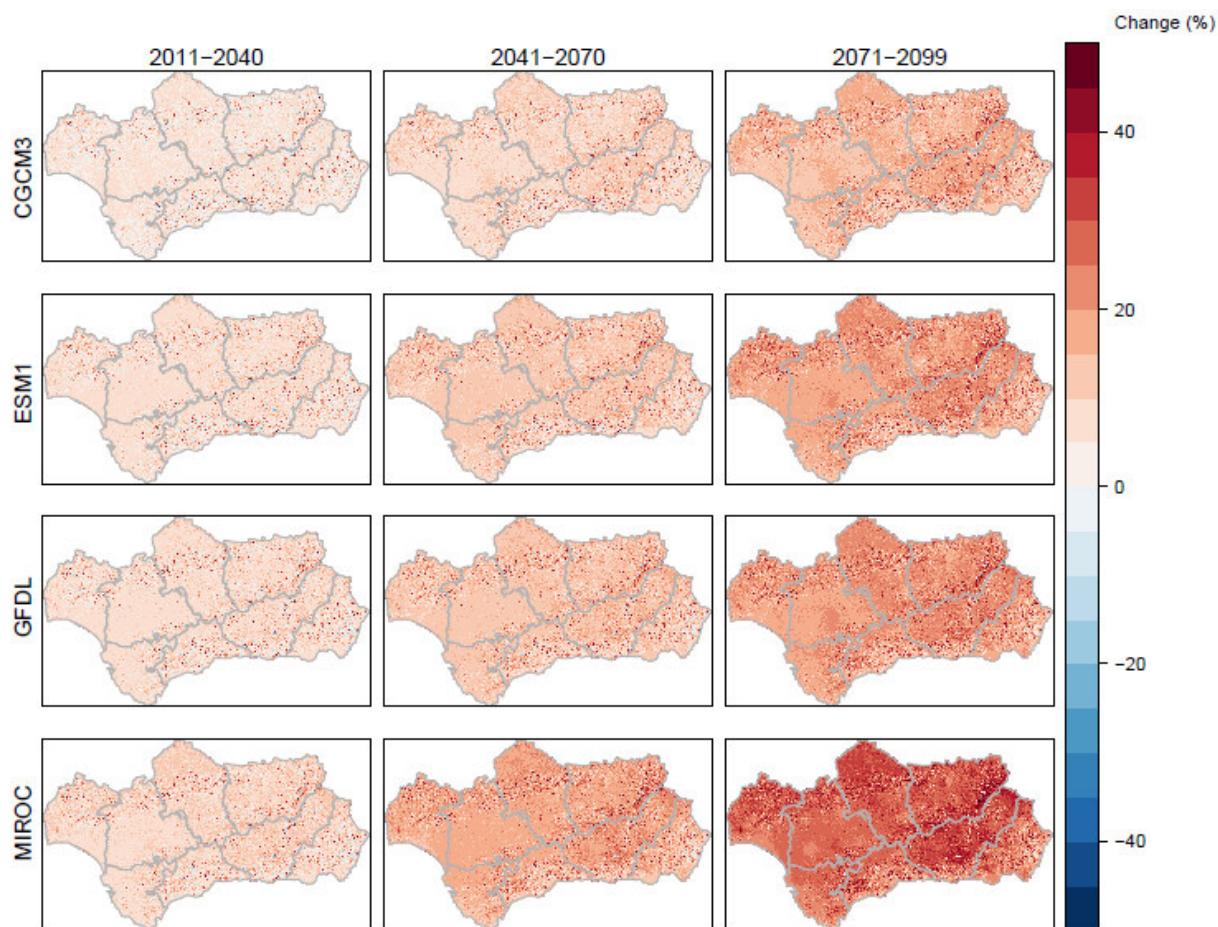


Figura 67: Variación respecto al periodo de referencia, de la precipitación de invierno predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5. La escala mide la diferencia en % entre la previsión del escenario RCP8.5 y el periodo de referencia (1961-2000).

En la Figura anterior puede observarse, al igual que en el caso del escenario RCP4.5, un aumento progresivo de los valores de la evapotranspiración a lo largo de los tres periodos para los cuatro modelos, especialmente en Sierra Morena y en los Sistemas Béticos. En este caso, el modelo MIROC es el que predice mayores incrementos de la evapotranspiración, llegando a valores por encima del 40%.

5.13.2 Provincias

A continuación, analizaremos la evolución de la evapotranspiración en cada provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP45 y RCP85), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia de la evapotranspiración en cada una de las provincias.

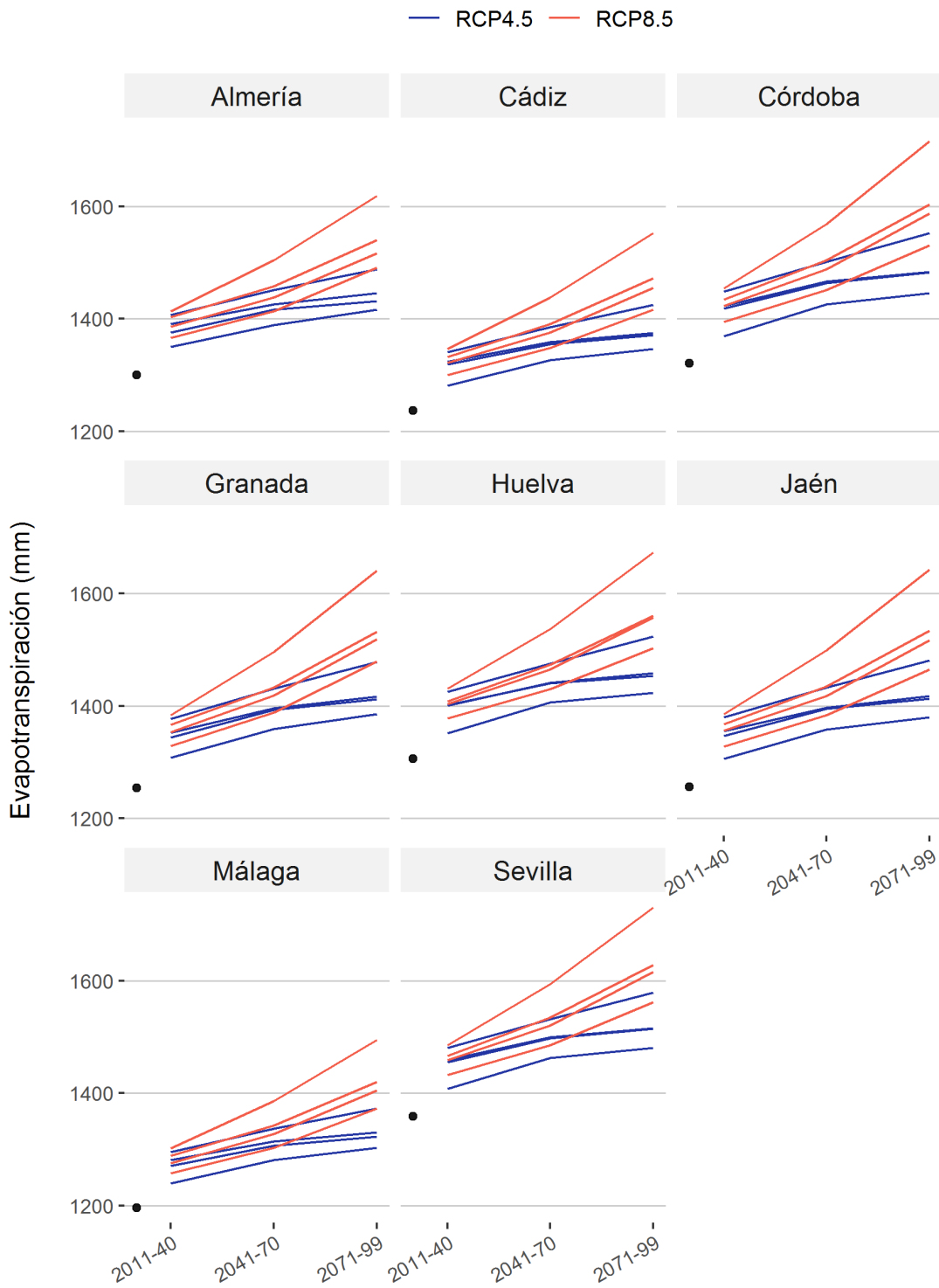


Figura 68: Evolución anual prevista de la variable Evapotranspiración (mm) para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior destaca cómo las predicciones realizadas para las provincias de Sevilla y Córdoba se encuentran cercanas o superando el umbral de los 1.400 mm en todos los casos, mientras que las predicciones realizadas para las provincias de Cádiz y Málaga se encuentran en todos los casos por debajo de los 1.600 mm.

Durante el periodo observado (1961-2000) las provincias de Sevilla y Córdoba han sido las que han mostrado unos valores más elevados de evapotranspiración (1.359 y 1.321 mm, respectivamente). Por otra parte, Málaga y Cádiz son las provincias que ha mostrado los valores de evapotranspiración más bajos durante ese periodo (1.196 y 1.237 mm, respectivamente).

Según las predicciones de los modelos Sevilla y Córdoba continuarían siendo las provincias con unos valores más elevados de evapotranspiración durante los tres periodos estudiados, siendo de 1.486 y 1.454 mm respectivamente durante el periodo 2011-2040, 1.594 y 1.569 mm respectivamente durante el periodo 2041-2070 y 1.731 y 1.716 mm respectivamente durante el periodo 2071-2099 (modelo CGCM3 y escenario RCP8.5).

Málaga y Cádiz también continuarían siendo las provincias con los valores de evapotranspiración más bajos en cualquiera de los tres periodos estudiados, siendo de 1.240 y 1.281 mm respectivamente durante el periodo 2011-2040, 1.281 y 1.327 mm respectivamente durante el periodo 2041-2070, y 1.303 y 1.346 mm respectivamente durante el periodo 2071-2099 (modelo CGCM3 y escenario RCP4.5).

5.14 Número de meses con balance hídrico positivo

A continuación, se presentan los resultados correspondientes número de meses con balance hídrico positivo en los siguientes ámbitos territoriales:

- Comunidad autónoma
- Provincias

En cada uno de los ámbitos territoriales describiremos el número de meses con balance hídrico positivo durante el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución del número de meses con balance hídrico positivo para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

5.14.1 Comunidad autónoma

La Figura siguiente muestra el número de meses con balance hídrico positivo observadas en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

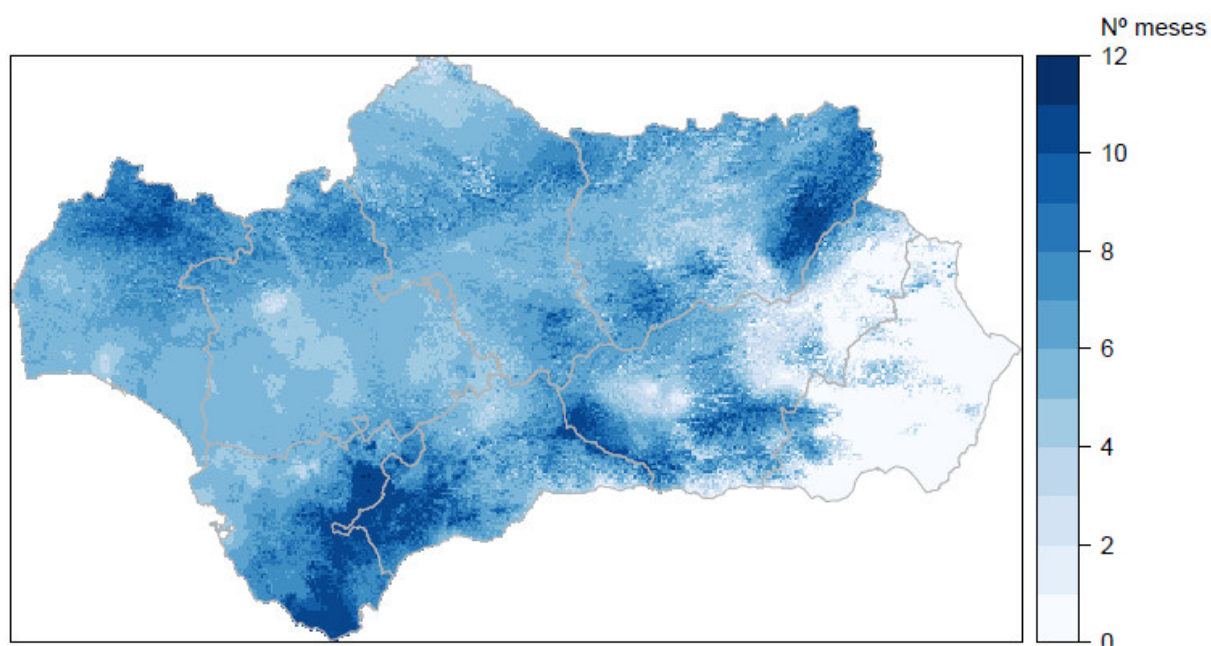


Figura 69: Número de meses con balance hídrico positivo observados en Andalucía durante el periodo 1961-2000.

Cabe destacar que las zonas con mayor número de meses con balance hídrico positivo se centran en los Sistemas Béticos y Sierra Morena, mientras que en la zona sureste estos valores decrecen hasta desaparecer.

En la Tabla 20 pueden observarse el número de meses con balance hídrico positivo predichos para cada escenario, modelo y periodo en Andalucía. Se incluyen las diferencias con respecto al periodo observado (1961-2000).

Tabla 20: Evolución anual prevista de la variable N° meses con balance hídrico positivo en Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	5.8	6.5 (0.7)	6.0 (0.2)	5.9 (0.1)
	ESM1		5.8 (0.0)	5.5 (-0.3)	5.6 (-0.2)
	GFDL		4.7 (-1.1)	4.4 (-1.4)	4.4 (-1.4)
	MIROC		5.1 (-0.7)	4.2 (-1.6)	4.3 (-1.5)
RCP8.5	CGCM3		6.0 (0.2)	6.0 (0.2)	5.7 (-0.1)
	ESM1		6.0 (0.2)	5.0 (-0.8)	4.1 (-1.7)
	GFDL		4.9 (-0.9)	4.1 (-1.7)	3.5 (-2.3)
	MIROC		4.4 (-1.4)	4.2 (-1.6)	3.5 (-2.3)

Durante el periodo 1961-2000 se han observado una media de 5,8 meses con balance hídrico positivo. Teniendo en cuenta las previsiones de los modelos, el número de meses con balance hídrico positivo se irá reduciendo hasta en 2,3 meses durante el periodo 2071-2099 según los modelos MIROC y GFDL.

5.14.1.1 Evolución según el escenario RCP4.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial del número de meses con balance hídrico positivo con respecto al periodo observado (1961-2000) según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5..

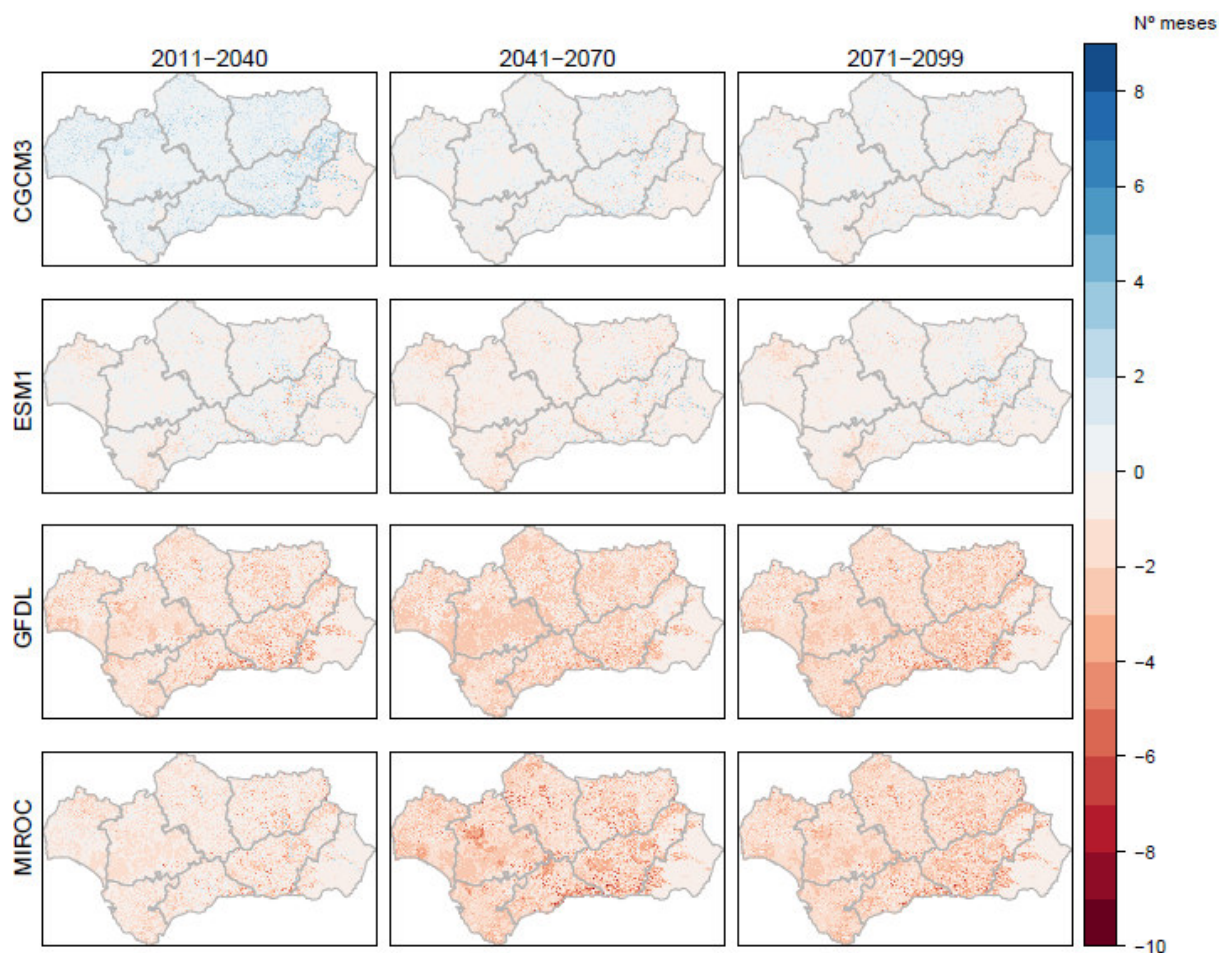


Figura 70: Variación respecto al periodo de referencia, del número de meses con balance hídrico positivo predicho por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

En la Figura anterior destacan las predicciones de los modelos GFDL y MIROC, que predicen una disminución generalizada del número de meses con balance hídrico positivo, con mucha menor intensidad en el sureste, que en algunos casos llegaría a descender hasta en 8-10 meses.

5.14.1.2 Evolución según el escenario RCP8.5

En la Figura siguiente puede observarse la variación respecto al periodo observado (1961-2000) del número de meses con balance hídrico positivo, según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

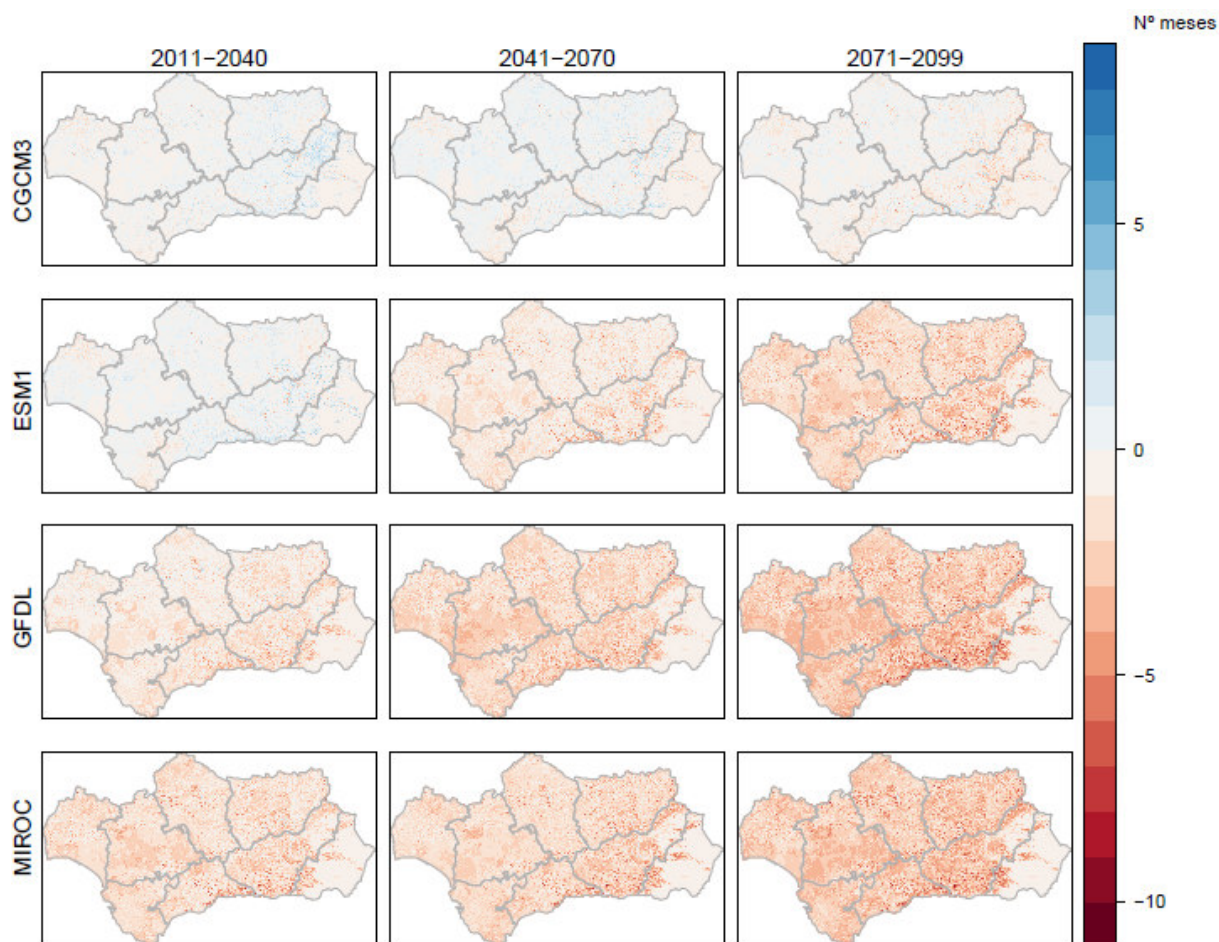


Figura 71: Variación respecto al periodo de referencia, del número de meses con balance hídrico positivo predicho por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

En la Figura anterior puede observarse cómo la previsión más optimista es la realizada por el modelo CGCM3. Sin embargo, el resto de modelos predicen una disminución del número de meses con balance hídrico positivo, especialmente durante el periodo 2071-2099, con mucha menor intensidad en el sureste, en el que en algunos casos se llegaría a una disminución total.

5.14.2 Provincias

A continuación, analizaremos la evolución del número de meses con balance hídrico positivo en cada provincia comparando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y cada combinación de escenario (CRP45 y RCP85), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

La Figura siguiente muestra la tendencia del número de meses con balance hídrico positivo en cada una de las provincias.

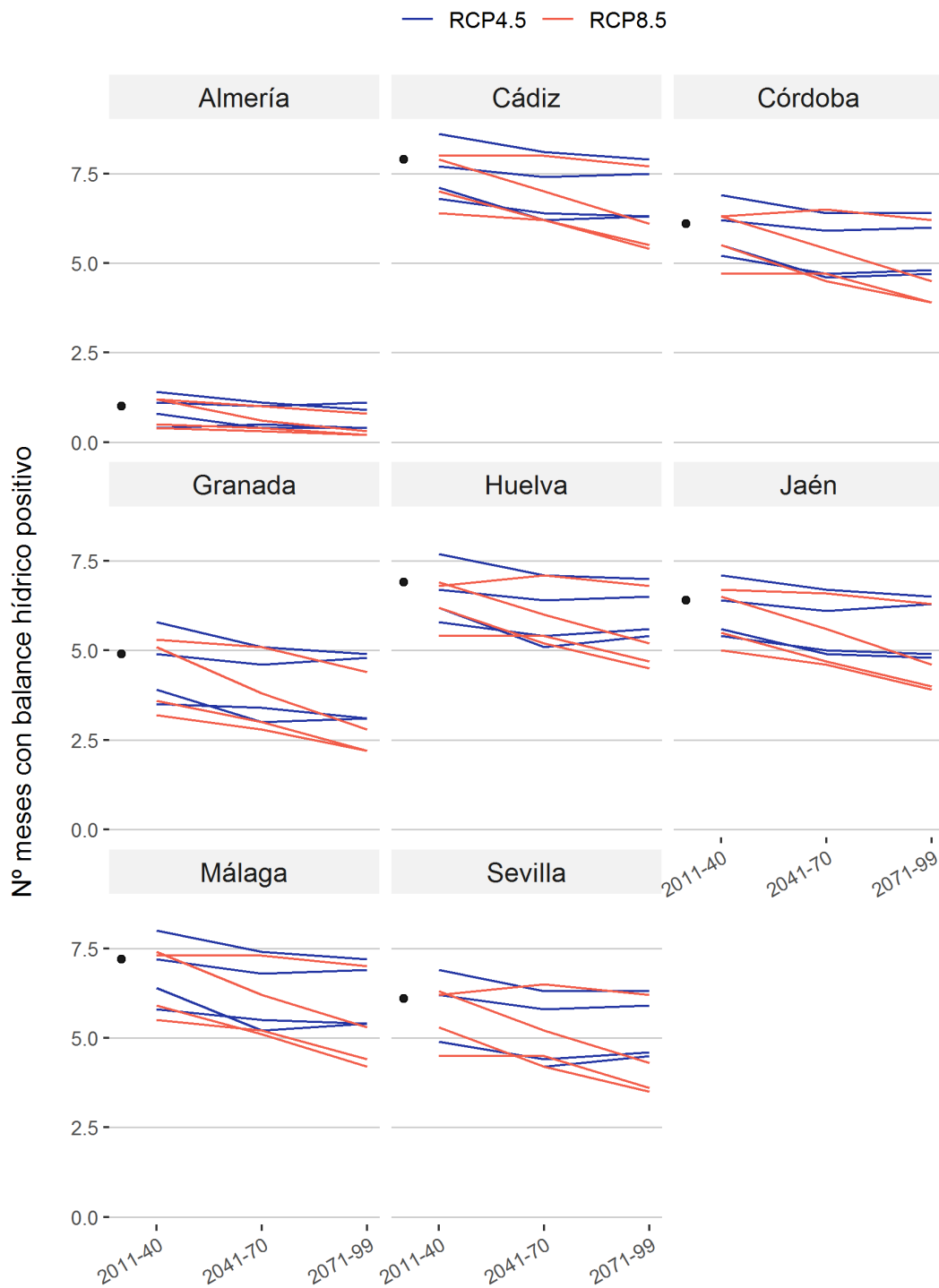


Figura 72: Evolución anual prevista de la variable Nº meses con balance hídrico positivo para cada provincia. Para cada escenario (RCP4.5 y RCP8.5) se presentan los resultados de cuatro modelos (CGCM3, ESM1, GFDL, MIROC). El punto negro representa el valor medio observado en el periodo 1961-2000.

En la Figura anterior puede observarse como los modelos predicen un descenso paulatino del número de meses con balance hídrico positivo a lo largo de los diferentes periodos. El mayor descenso predicho con respecto al periodo observado es de 3 meses en la provincia de Málaga durante el periodo 2071-2099 (modelo GFDL y escenario RCP8.5).

Durante el periodo observado (1961-2000) las provincias de Cádiz y Málaga han sido las que han mostrado un mayor número de meses con balance hídrico positivo (7,9 y 7,2 meses, respectivamente). Por otra parte, Almería y Granada son las provincias que ha mostrado un menor número de meses con balance hídrico positivo durante ese periodo (1 y 4,9 meses, respectivamente).

Según las predicciones más optimistas Cádiz y Málaga continuarían siendo las provincias con mayor número de meses con balance hídrico positivo durante los tres periodos estudiados, siendo de 8,6 y 8 meses respectivamente durante el periodo 2011-2040 (modelo CGCM3 y escenario RCP4.5), de 8,1 y 7,4 meses respectivamente durante el periodo 2041-2070 (modelo CGCM3 y escenario RCP4.5) y de 0,2 y 2,2 meses respectivamente durante el periodo 2071-2099 (modelo GFDL y escenario RCP8.5).

Almería y Granada también continuarían siendo las provincias con menor número de meses con balance hídrico positivo en cualquiera de los tres periodos estudiados según el modelo MIROC (escenario RCP8.5), siendo de 0,4 y 3,2 meses respectivamente durante el periodo 2011-2040, 0,3 y 2,8 meses respectivamente durante el periodo 2041-2070 y 0,2 y 2,2 meses respectivamente durante el periodo 2071-2099.

6 Análisis de la evolución de las variables climáticas por ámbitos territoriales seleccionados

A continuación, se presentan las principales conclusiones que arrojan los datos de las diferentes variables, en los siguientes ámbitos territoriales seleccionados para el presente informe:

- Parques Naturales
- Sistemas hidrográficos
- Costas

6.1 Parques Naturales

Dado que existen 24 Parques Naturales en Andalucía, se ha seleccionado para mostrar en el presente informe sólo los datos del escenario RCP4.5 por su mayor probabilidad, de forma que se simplifique el análisis y se faciliten comparativas entre los diferentes Parques Naturales.

Tabla 21: Evolución anual prevista de la variable temperatura media en los Parques Naturales de Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
BAHÍA DE CÁDIZ					
RCP4.5	CGCM3	17.9	18.4 (0.5)	19.2 (1.3)	19.5 (1.6)
	ESM1		19.0 (1.1)	19.7 (1.8)	20.0 (2.1)
	GFDL		19.1 (1.2)	19.7 (1.8)	20.0 (2.1)
	MIROC		19.3 (1.4)	20.1 (2.2)	20.9 (3.0)
CABO DE GATA-NÍJAR					
RCP4.5	CGCM3	18.4	18.9 (0.5)	19.6 (1.2)	20.1 (1.7)
	ESM1		19.4 (1.0)	20.1 (1.7)	20.4 (2.0)
	GFDL		19.7 (1.3)	20.3 (1.9)	20.7 (2.3)
	MIROC		19.9 (1.5)	20.7 (2.3)	21.4 (3.0)
DEL ESTRECHO					
RCP4.5	CGCM3	17.4	17.8 (0.4)	18.5 (1.1)	18.9 (1.5)
	ESM1		18.3 (0.9)	18.9 (1.5)	19.3 (1.9)
	GFDL		18.5 (1.1)	19.0 (1.6)	19.3 (1.9)
	MIROC		18.6 (1.2)	19.4 (2.0)	20.0 (2.6)
DESPEÑAPERROS					
RCP4.5	CGCM3	15.5	16.0 (0.5)	17.2 (1.7)	17.7 (2.2)

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
	ESM1		17.0 (1.5)	18.0 (2.5)	18.5 (3.0)
	GFDL		17.2 (1.7)	18.2 (2.7)	18.5 (3.0)
	MIROC		17.7 (2.2)	19.0 (3.5)	20.1 (4.6)
DOÑANA					
RCP4.5	CGCM3	17.4	17.9 (0.5)	18.7 (1.3)	19.1 (1.7)
	ESM1		18.6 (1.2)	19.3 (1.9)	19.7 (2.3)
	GFDL		18.7 (1.3)	19.3 (1.9)	19.6 (2.2)
	MIROC		18.9 (1.5)	19.8 (2.4)	20.7 (3.3)
LA BREÑA Y MARISMAS DEL BARBATE					
RCP4.5	CGCM3	17.9	18.3 (0.4)	19.1 (1.2)	19.5 (1.6)
	ESM1		19.0 (1.1)	19.6 (1.7)	19.9 (2.0)
	GFDL		19.1 (1.2)	19.7 (1.8)	20.0 (2.1)
	MIROC		19.2 (1.3)	20.1 (2.2)	20.8 (2.9)
LOS ALCORNOCALES					
RCP4.5	CGCM3	17.0	17.4 (0.4)	18.3 (1.3)	18.7 (1.7)
	ESM1		18.1 (1.1)	18.9 (1.9)	19.2 (2.2)
	GFDL		18.3 (1.3)	19.0 (2.0)	19.3 (2.3)
	MIROC		18.5 (1.5)	19.4 (2.4)	20.2 (3.2)
MONTES DE MÁLAGA					
RCP4.5	CGCM3	15.0	15.5 (0.5)	16.4 (1.4)	17.0 (2.0)
	ESM1		16.1 (1.1)	16.9 (1.9)	17.3 (2.3)
	GFDL		16.4 (1.4)	17.1 (2.1)	17.5 (2.5)
	MIROC		16.6 (1.6)	17.6 (2.6)	18.4 (3.4)
SIERRA DE ANDÚJAR					
RCP4.5	CGCM3	16.2	16.7 (0.5)	17.8 (1.6)	18.2 (2.0)
	ESM1		17.6 (1.4)	18.5 (2.3)	18.9 (2.7)
	GFDL		17.8 (1.6)	18.6 (2.4)	19.0 (2.8)
	MIROC		18.2 (2.0)	19.4 (3.2)	20.4 (4.2)
SIERRA DE ARACENA Y PICOS DE AROCHE					
RCP4.5	CGCM3	15.9	16.3 (0.4)	17.4 (1.5)	17.8 (1.9)
	ESM1		17.2 (1.3)	18.1 (2.2)	18.5 (2.6)
	GFDL		17.3 (1.4)	18.1 (2.2)	18.3 (2.4)
	MIROC		17.7 (1.8)	18.8 (2.9)	19.8 (3.9)
SIERRA DE BAZA					
RCP4.5	CGCM3	11.7	12.3 (0.6)	13.3 (1.6)	14.0 (2.3)
	ESM1		12.9 (1.2)	13.9 (2.2)	14.3 (2.6)
	GFDL		13.3 (1.6)	14.1 (2.4)	14.5 (2.8)
	MIROC		13.6 (1.9)	14.7 (3.0)	15.7 (4.0)
SIERRA DE CARDEÑA Y MONTORO					
RCP4.5	CGCM3	16.6	17.1 (0.5)	18.1 (1.5)	18.6 (2.0)
	ESM1		18.0 (1.4)	18.9 (2.3)	19.3 (2.7)
	GFDL		18.2 (1.6)	19.0 (2.4)	19.3 (2.7)
	MIROC		18.6 (2.0)	19.7 (3.1)	20.7 (4.1)
SIERRA DE CASTRIL					

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	11.3	11.9 (0.6)	13.0 (1.7)	13.6 (2.3)
	ESM1		12.7 (1.4)	13.7 (2.4)	14.1 (2.8)
	GFDL		13.0 (1.7)	13.9 (2.6)	14.3 (3.0)
	MIROC		13.4 (2.1)	14.6 (3.3)	15.6 (4.3)
SIERRA DE GRAZALEMA					
RCP4.5	CGCM3	15.8	16.2 (0.4)	17.3 (1.5)	17.8 (2.0)
	ESM1		17.1 (1.3)	18.0 (2.2)	18.4 (2.6)
	GFDL		17.3 (1.5)	18.1 (2.3)	18.5 (2.7)
	MIROC		17.6 (1.8)	18.7 (2.9)	19.6 (3.8)
SIERRA DE HORNACHUELOS					
RCP4.5	CGCM3	16.4	16.9 (0.5)	17.9 (1.5)	18.3 (1.9)
	ESM1		17.8 (1.4)	18.6 (2.2)	19.0 (2.6)
	GFDL		17.9 (1.5)	18.7 (2.3)	19.0 (2.6)
	MIROC		18.2 (1.8)	19.3 (2.9)	20.3 (3.9)
SIERRA DE HUÉTOR					
RCP4.5	CGCM3	12.5	13.2 (0.7)	14.3 (1.8)	14.9 (2.4)
	ESM1		13.9 (1.4)	15.0 (2.5)	15.4 (2.9)
	GFDL		14.2 (1.7)	15.1 (2.6)	15.5 (3.0)
	MIROC		14.6 (2.1)	15.8 (3.3)	16.9 (4.4)
SIERRA DE LAS NIEVES					
RCP4.5	CGCM3	14.9	15.4 (0.5)	16.3 (1.4)	16.8 (1.9)
	ESM1		16.1 (1.2)	16.9 (2.0)	17.3 (2.4)
	GFDL		16.3 (1.4)	17.1 (2.2)	17.4 (2.5)
	MIROC		16.5 (1.6)	17.5 (2.6)	18.4 (3.5)
SIERRA MÁGINA					
RCP4.5	CGCM3	13.8	14.4 (0.6)	15.5 (1.7)	16.1 (2.3)
	ESM1		15.2 (1.4)	16.2 (2.4)	16.6 (2.8)
	GFDL		15.5 (1.7)	16.4 (2.6)	16.8 (3.0)
	MIROC		15.9 (2.1)	17.0 (3.2)	18.1 (4.3)
SIERRA MARÍA - LOS VÉLEZ					
RCP4.5	CGCM3	12.6	13.2 (0.6)	14.1 (1.5)	14.8 (2.2)
	ESM1		13.8 (1.2)	14.7 (2.1)	15.2 (2.6)
	GFDL		14.2 (1.6)	15.0 (2.4)	15.4 (2.8)
	MIROC		14.5 (1.9)	15.6 (3.0)	16.5 (3.9)
SIERRA NEVADA					
RCP4.5	CGCM3	11.9	12.6 (0.7)	13.6 (1.7)	14.4 (2.5)
	ESM1		13.3 (1.4)	14.2 (2.3)	14.7 (2.8)
	GFDL		13.6 (1.7)	14.4 (2.5)	14.8 (2.9)
	MIROC		13.9 (2.0)	15.0 (3.1)	16.0 (4.1)
SIERRA NORTE DE SEVILLA					
RCP4.5	CGCM3	16.1	16.6 (0.5)	17.7 (1.6)	18.1 (2.0)
	ESM1		17.5 (1.4)	18.4 (2.3)	18.8 (2.7)
	GFDL		17.6 (1.5)	18.5 (2.4)	18.7 (2.6)
	MIROC		18.0 (1.9)	19.1 (3.0)	20.1 (4.0)

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
SIERRAS DE CAZORLA, SEGURA Y LAS VILLAS					
RCP4.5	CGCM3	12.4	13.0 (0.6)	14.1 (1.7)	14.6 (2.2)
	ESM1		13.8 (1.4)	14.7 (2.3)	15.2 (2.8)
	GFDL		14.0 (1.6)	14.9 (2.5)	15.3 (2.9)
	MIROC		14.5 (2.1)	15.6 (3.2)	16.6 (4.2)
SIERRAS DE TEJEDA, ALMIJARA Y ALHAMA					
RCP4.5	CGCM3	14.5	15.0 (0.5)	15.9 (1.4)	16.5 (2.0)
	ESM1		15.7 (1.2)	16.5 (2.0)	16.9 (2.4)
	GFDL		15.9 (1.4)	16.7 (2.2)	17.0 (2.5)
	MIROC		16.2 (1.7)	17.2 (2.7)	18.0 (3.5)
SIERRAS SUBBÉTICAS					
RCP4.5	CGCM3	14.7	15.2 (0.5)	16.3 (1.6)	16.9 (2.2)
	ESM1		16.1 (1.4)	17.0 (2.3)	17.4 (2.7)
	GFDL		16.3 (1.6)	17.1 (2.4)	17.5 (2.8)
	MIROC		16.6 (1.9)	17.7 (3.0)	18.7 (4.0)

Para todos los Parques se repite el patrón de cada modelo, es decir, el modelo CGCM presenta incrementos menores de la temperatura media, los modelos ESM1 Y GFDL presentan valores intermedios y el MIROC presenta los valores más extremos.

En el periodo de 2011-2041 y para el escenario MIROC 18 de los 24 Parques tienen incrementos de temperatura media superiores a los 1,5 °C., siendo en el caso de los Parques de Despeñaperros, Sierra de Castril, Sierra de Huétor, Sierra Magina y las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas por encima de 2°C. En el periodo de 2071-2099 y para el escenario MIROC, los Parques de Despeñaperros, Sierra de Andújar, Sierra de Baza, Sierra de Cardeña y Montoro, Sierra de Castril, Sierra de Huétor, Sierra Magina, Sierra Nevada, Sierra Norte de Sevilla, las Sierras de Cazorla Segura y las Villas y las Subbéticas presentan los mayores incrementos de la temperatura media, superando o igualando los 4°C de incremento.

A continuación, se muestran los datos de precipitación, para el escenario RCP 4.5 y modelo MIROC, ordenados de menor a mayor precipitación anual:

Tabla 22: Evolución anual prevista de la variable precipitación acumulada en los Parques Naturales de Andalucía para el escenario RCP4.5 y modelo MIROC. Los valores entre paréntesis representan la diferencia (%) en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Parque Natural	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
CABO DE GATA-NÍJAR	226	209 (-8)	194 (-14)	198 (-12)
SIERRA MARÍA - LOS VÉLEZ	402	365 (-9)	348 (-13)	356 (-11)
SIERRA DE BAZA	446	407 (-9)	388 (-13)	392 (-12)
BAHÍA DE CÁDIZ	527	484 (-8)	424 (-20)	447 (-15)
DOÑANA	574	528 (-8)	467 (-19)	496 (-14)
SIERRA NEVADA	634	579 (-9)	538 (-15)	556 (-12)

Parque Natural	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
SIERRA MÁGINA	636	586 (-8)	567 (-11)	574 (-10)
SIERRA DE HUÉTOR	638	583 (-9)	556 (-13)	561 (-12)
MONTES DE MÁLAGA	643	578 (-10)	517 (-20)	556 (-14)
SIERRA DE ANDÚJAR	658	600 (-9)	561 (-15)	584 (-11)
DESPEÑAPERROS	672	613 (-9)	579 (-14)	600 (-11)
SIERRA DE HORNACHUELOS	695	630 (-9)	564 (-19)	603 (-13)
SIERRA NORTE DE SEVILLA	699	639 (-9)	566 (-19)	609 (-13)
SIERRA DE CASTRIL	717	656 (-9)	643 (-10)	634 (-12)
SIERRA DE CARDEÑA Y MONTORO	745	685 (-8)	638 (-14)	666 (-11)
SIERRAS SUBBÉTICAS	769	694 (-10)	667 (-13)	673 (-12)
SIERRAS DE TEJEDA, ALMIJARA Y ALHAMA	815	723 (-11)	645 (-21)	678 (-17)
LA BREÑA Y MARISMAS DEL BARBATE	826	757 (-8)	683 (-17)	705 (-15)
SIERRA DE ARACENA Y PICOS DE AROCHE	849	774 (-9)	697 (-18)	748 (-12)
SIERRAS DE CAZORLA, SEGURA Y LAS VILLAS	892	822 (-8)	811 (-9)	802 (-10)
SIERRA DE LAS NIEVES	996	912 (-8)	828 (-17)	870 (-13)
DEL ESTRECHO	1093	990 (-9)	896 (-18)	928 (-15)
LOS ALCORNOCALES	1095	991 (-9)	898 (-18)	931 (-15)
SIERRA DE GRAZALEMA	1330	1183 (-11)	1092 (-18)	1121 (-16)

Como puede observarse en la tabla anterior los Parques Naturales de Bahía de Cádiz, los Parques Naturales de las Sierras de Tejeda, Almijara y Alhama, La Breña y Marismas del Barbate, del Estrecho, Los Alcornocales y Sierra de Grazalema serán los más afectados, presentando disminuciones superiores o iguales al 15% en el periodo de 2071-2099.

El Parque Natural de Doñana experimentará un descenso en las precipitaciones anuales del 17 % durante el periodo 2011-2040 (modelo MIROC, escenario RCP8.5), del 19 % durante el periodo 2041-2070 (modelo MIROC, escenario RCP4.5) y del 19 % durante el periodo 2071-2099 (modelo GFDL, escenario RCP8.5). Particularizando en las precipitaciones producidas durante el verano, éstas se verán reducidas en un 20 % durante el periodo 2011-2040 (modelo CGCM3, escenario RCP8.5), un 20 % durante el periodo 2041-2070 (modelo CGCM3, escenario RCP4.5) y un 24 % durante el periodo 2071-2099 (modelo CGCM3, escenario RCP8.5). En cuanto al balance hídrico, pasará de tener 6 meses con balance hídrico positivo durante el periodo 1961-2000 a tener 4,7 meses durante el periodo 2011-2040 (modelo MIROC, escenario RCP8.5), 4 meses durante el periodo 2041-2070 (modelo GFDL, escenario RCP8.5) y 3,3 meses durante el periodo 2071-2099 (modelo GFDL, escenario RCP8.5).

El Parque Natural de Sierra Nevada y el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas experimentarán un descenso en las precipitaciones en forma de nieve de acuerdo a la mayor parte de las predicciones. En el caso del Parque Natural de Sierra Nevada únicamente el modelo CGCM3 predice un aumento de las precipitaciones en forma de

nieve, siendo un aumento del 15% durante el periodo 2011-2040 para el escenario RCP4.5. En el resto de los casos los modelos predicen una disminución de las precipitaciones en forma de nieve, siendo las disminuciones más extremas las predichas por los modelos GFDL y MIROC, que llegarían a un 94 y 99% respectivamente durante el periodo 2071-2099 (escenario RCP8.5). En el caso del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas únicamente el modelo CGCM3 predice un aumento de las precipitaciones en forma de nieve, siendo un aumento del 5% durante el periodo 2011-2040 para el escenario RCP4.5. En el resto de los casos los modelos predicen una disminución de las precipitaciones en forma de nieve, siendo las disminuciones más extremas las predichas por el modelo MIROC, que predice unos descensos del 96 y 100% respectivamente durante los periodos 2041-2070 y 2071-2099 (escenario RCP8.5).

El Parque Natural de Los Alcornocales experimentará un descenso en las precipitaciones anuales del 16 % durante el periodo 2011-2040 (modelo MIROC, escenario RCP8.5), del 18 % durante el periodo 2041-2070 (modelo MIROC, escenario RCP4.5 y 8.5) y del 22 % durante el periodo 2071-2099 (modelo GFDL, escenario RCP8.5). Particularizando en las precipitaciones producidas durante el verano, éstas se verán reducidas en un 31 % durante el periodo 2011-2040 (modelo CGCM3, escenario RCP8.5), un 23 % durante el periodo 2041-2070 (modelo MIROC, escenario RCP8.5) y un 23 % durante el periodo 2071-2099 (modelo CGCM3, escenario RCP8.5). En cuanto al balance hídrico, pasará de tener 9,9 meses con balance hídrico positivo durante el periodo 1961-2000 a tener 8,3 meses durante el periodo 2011-2040 (modelo MIROC, escenario RCP8.5), 7,9 meses durante el periodo 2041-2070 (modelo MIROC, escenario RCP8.5) y 7,3 meses durante el periodo 2071-2099 (modelo GFDL, escenario RCP8.5).

6.2 Sistemas hidrográficos

Dado el amplio número de sistemas hidrográficos en Andalucía, se ha seleccionado para mostrar en el presente informe sólo los datos del escenario RCP4.5 por su mayor probabilidad, de forma que se simplifique el análisis y se faciliten comparativas entre ellos.

Para todos los sistemas se repite el patrón de cada modelo, es decir, el modelo CGCM3 presenta incrementos menores de la temperatura media, los modelos ESM1 Y GFDL presentan valores intermedios y el MIROC presenta los valores más extremos. De este modo se ha seleccionado el modelo MIROC para presentar los datos en el presente documento.

Tabla 23: Evolución anual prevista de la variable temperatura media en los Sistemas Hidrográficos de Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
ABAST. CÓRDOBA					
RCP4.5	CGCM3	16.1	16.6 (0.5)	17.8 (1.7)	18.2 (2.1)
	ESM1		17.6 (1.5)	18.5 (2.4)	19.0 (2.9)

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
	GFDL		17.7 (1.6)	18.6 (2.5)	18.9 (2.8)
	MIROC		18.2 (2.1)	19.4 (3.3)	20.4 (4.3)
ABAST. JAÉN					
	CGCM3		14.7 (0.6)	15.9 (1.8)	16.4 (2.3)
	ESM1		15.7 (1.6)	16.6 (2.5)	17.0 (2.9)
RCP4.5	GFDL	14.1	15.7 (1.6)	16.6 (2.5)	16.9 (2.8)
	MIROC		16.2 (2.1)	17.3 (3.2)	18.3 (4.2)
ABAST. SEVILLA					
	CGCM3		16.8 (0.4)	17.9 (1.5)	18.3 (1.9)
	ESM1		17.8 (1.4)	18.6 (2.2)	19.0 (2.6)
RCP4.5	GFDL	16.4	17.8 (1.4)	18.6 (2.2)	18.9 (2.5)
	MIROC		18.2 (1.8)	19.3 (2.9)	20.3 (3.9)
ALMERÍA					
	CGCM3		18.3 (0.5)	18.9 (1.1)	19.5 (1.7)
	ESM1		18.7 (0.9)	19.4 (1.6)	19.8 (2.0)
RCP4.5	GFDL	17.8	19.0 (1.2)	19.6 (1.8)	20.0 (2.2)
	MIROC		19.2 (1.4)	20.0 (2.2)	20.7 (2.9)
ALTO GENIL					
	CGCM3		14.7 (0.6)	15.8 (1.7)	16.4 (2.3)
	ESM1		15.5 (1.4)	16.4 (2.3)	16.8 (2.7)
RCP4.5	GFDL	14.1	15.7 (1.6)	16.6 (2.5)	17.0 (2.9)
	MIROC		16.1 (2.0)	17.2 (3.1)	18.2 (4.1)
ALTO SEGURA					
	CGCM3		11.6 (0.6)	12.7 (1.7)	13.3 (2.3)
	ESM1		12.4 (1.4)	13.3 (2.3)	13.8 (2.8)
RCP4.5	GFDL	11.0	12.6 (1.6)	13.5 (2.5)	13.9 (2.9)
	MIROC		13.1 (2.1)	14.2 (3.2)	15.3 (4.3)
ARDILA					
RCP4.5	CGCM3	15.3	15.7 (0.4)	16.8 (1.5)	17.1 (1.8)
	ESM1		16.7 (1.4)	17.4 (2.1)	17.9 (2.6)
	GFDL		16.7 (1.4)	17.5 (2.2)	17.7 (2.4)

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
	MIROC		17.1 (1.8)	18.2 (2.9)	19.1 (3.8)
BARBATE					
RCP4.5	CGCM3	17.6	18.1 (0.5)	18.9 (1.3)	19.3 (1.7)
	ESM1		18.8 (1.2)	19.5 (1.9)	19.8 (2.2)
	GFDL		18.9 (1.3)	19.6 (2.0)	19.9 (2.3)
	MIROC		19.1 (1.5)	20.0 (2.4)	20.8 (3.2)
BEMBÉZAR-RETORTILLO					
RCP4.5	CGCM3	16.2	16.7 (0.5)	17.7 (1.5)	18.2 (2.0)
	ESM1		17.6 (1.4)	18.4 (2.2)	18.9 (2.7)
	GFDL		17.7 (1.5)	18.5 (2.3)	18.8 (2.6)
	MIROC		18.1 (1.9)	19.2 (3.0)	20.2 (4.0)
CENTRAL					
RCP4.5	CGCM3	15.9	16.4 (0.5)	17.6 (1.7)	18.0 (2.1)
	ESM1		17.3 (1.4)	18.3 (2.4)	18.8 (2.9)
	GFDL		17.5 (1.6)	18.4 (2.5)	18.7 (2.8)
	MIROC		17.9 (2.0)	19.2 (3.3)	20.2 (4.3)
FUENSANTA					
RCP4.5	CGCM3	12.1	12.7 (0.6)	13.7 (1.6)	14.3 (2.2)
	ESM1		13.4 (1.3)	14.4 (2.3)	14.9 (2.8)
	GFDL		13.7 (1.6)	14.6 (2.5)	15.0 (2.9)
	MIROC		14.2 (2.1)	15.3 (3.2)	16.3 (4.2)
GUADALETE					
RCP4.5	CGCM3	17.2	17.7 (0.5)	18.6 (1.4)	19.1 (1.9)
	ESM1		18.5 (1.3)	19.3 (2.1)	19.6 (2.4)
	GFDL		18.6 (1.4)	19.3 (2.1)	19.6 (2.4)
	MIROC		18.9 (1.7)	19.8 (2.6)	20.7 (3.5)
GUADIAMAR					
RCP4.5	CGCM3	17.7	18.2 (0.5)	19.1 (1.4)	19.5 (1.8)
	ESM1		19.0 (1.3)	19.7 (2.0)	20.1 (2.4)
	GFDL		19.0 (1.3)	19.7 (2.0)	20.0 (2.3)
	MIROC		19.3 (1.6)	20.3 (2.6)	21.1 (3.4)

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
HOYA DE GUADIX					
RCP4.5	CGCM3	13.0	13.7 (0.7)	14.7 (1.7)	15.3 (2.3)
	ESM1		14.3 (1.3)	15.3 (2.3)	15.7 (2.7)
	GFDL		14.6 (1.6)	15.5 (2.5)	15.9 (2.9)
	MIROC		15.0 (2.0)	16.1 (3.1)	17.1 (4.1)
HUELVA					
RCP4.5	CGCM3	17.6	18.0 (0.4)	19.0 (1.4)	19.4 (1.8)
	ESM1		18.9 (1.3)	19.7 (2.1)	20.1 (2.5)
	GFDL		19.0 (1.4)	19.7 (2.1)	19.9 (2.3)
	MIROC		19.3 (1.7)	20.3 (2.7)	21.2 (3.6)
LOS VÉLEZ					
RCP4.5	CGCM3	14.2	14.7 (0.5)	15.6 (1.4)	16.3 (2.1)
	ESM1		15.3 (1.1)	16.2 (2.0)	16.7 (2.5)
	GFDL		15.7 (1.5)	16.5 (2.3)	16.9 (2.7)
	MIROC		16.0 (1.8)	17.1 (2.9)	18.0 (3.8)
MADERA					
RCP4.5	CGCM3	10.7	11.4 (0.7)	12.4 (1.7)	13.0 (2.3)
	ESM1		12.1 (1.4)	13.1 (2.4)	13.5 (2.8)
	GFDL		12.3 (1.6)	13.2 (2.5)	13.6 (2.9)
	MIROC		12.8 (2.1)	13.9 (3.2)	15.0 (4.3)
QUÍPAR					
RCP4.5	CGCM3	12.3	12.8 (0.5)	13.9 (1.6)	14.5 (2.2)
	ESM1		13.6 (1.3)	14.6 (2.3)	15.0 (2.7)
	GFDL		13.9 (1.6)	14.7 (2.4)	15.2 (2.9)
	MIROC		14.4 (2.1)	15.4 (3.1)	16.4 (4.1)
REGULACION GENERAL					
RCP4.5	CGCM3	16.2	16.7 (0.5)	17.7 (1.5)	18.2 (2.0)
	ESM1		17.5 (1.3)	18.4 (2.2)	18.8 (2.6)
	GFDL		17.7 (1.5)	18.5 (2.3)	18.8 (2.6)
	MIROC		18.0 (1.8)	19.1 (2.9)	20.1 (3.9)
Serranía RONDA					

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP4.5	CGCM3	16.3	16.8 (0.5)	17.7 (1.4)	18.2 (1.9)
	ESM1		17.5 (1.2)	18.2 (1.9)	18.6 (2.3)
	GFDL		17.7 (1.4)	18.4 (2.1)	18.7 (2.4)
	MIROC		17.9 (1.6)	18.9 (2.6)	19.7 (3.4)
SIERRA FILABRES-ESTANCIAS					
RCP4.5	CGCM3	16.3	16.8 (0.5)	17.5 (1.2)	18.1 (1.8)
	ESM1		17.2 (0.9)	18.0 (1.7)	18.4 (2.1)
	GFDL		17.6 (1.3)	18.2 (1.9)	18.6 (2.3)
	MIROC		17.8 (1.5)	18.7 (2.4)	19.4 (3.1)
SIERRA GÁDOR-FILABRES					
RCP4.5	CGCM3	15.6	16.2 (0.6)	17.1 (1.5)	17.7 (2.1)
	ESM1		16.8 (1.2)	17.6 (2.0)	18.0 (2.4)
	GFDL		17.1 (1.5)	17.8 (2.2)	18.2 (2.6)
	MIROC		17.3 (1.7)	18.3 (2.7)	19.2 (3.6)
SIERRA NEVADA					
RCP4.5	CGCM3	14.9	15.5 (0.6)	16.4 (1.5)	17.0 (2.1)
	ESM1		16.1 (1.2)	16.9 (2.0)	17.3 (2.4)
	GFDL		16.3 (1.4)	17.0 (2.1)	17.4 (2.5)
	MIROC		16.6 (1.7)	17.6 (2.7)	18.4 (3.5)
SIERRA TEJEDA-ALMIJARA					
RCP4.5	CGCM3	15.9	16.4 (0.5)	17.2 (1.3)	17.7 (1.8)
	ESM1		16.9 (1.0)	17.7 (1.8)	18.1 (2.2)
	GFDL		17.2 (1.3)	17.9 (2.0)	18.2 (2.3)
	MIROC		17.4 (1.5)	18.3 (2.4)	19.1 (3.2)
SUR					
RCP4.5	CGCM3	16.9	17.3 (0.4)	18.3 (1.4)	18.7 (1.8)
	ESM1		18.2 (1.3)	19.0 (2.1)	19.4 (2.5)
	GFDL		18.3 (1.4)	19.0 (2.1)	19.3 (2.4)
	MIROC		18.6 (1.7)	19.7 (2.8)	20.6 (3.7)
VALDEINFIERNO					
RCP4.5	CGCM3	13.1	13.6 (0.5)	14.6 (1.5)	15.2 (2.1)

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
	ESM1		14.3 (1.2)	15.2 (2.1)	15.6 (2.5)
	GFDL		14.6 (1.5)	15.4 (2.3)	15.8 (2.7)
	MIROC		15.0 (1.9)	16.0 (2.9)	17.0 (3.9)
VALLE LORCA					
	CGCM3		15.5 (0.5)	16.3 (1.3)	17.0 (2.0)
RCP4.5	ESM1	15.0	16.1 (1.1)	16.9 (1.9)	17.3 (2.3)
	GFDL		16.5 (1.5)	17.2 (2.2)	17.6 (2.6)
	MIROC		16.7 (1.7)	17.7 (2.7)	18.5 (3.5)

En el periodo de 2011-2041 y para el escenario MIROC todos los sistemas hidrográficos tienen incrementos de temperatura media superiores a los 1,5 °C., siendo en bastantes casos superiores a las 2°C (Abast. Córdoba y, Jaén, Alto Segura, Central, Fuensanta, Hoya de Guadix, Madera y Quípar). En el periodo de 2071-2099, y el modelo MIROC, los sistemas Alto Genil, Abast. Córdoba, Jaén, Alto Segura, ~~Bombézar Retortillo~~, Central, Fuensanta, Hoya de Guadix, Madera y Quípar, presentan los mayores incrementos de la temperatura media, superando o igualando los 7°C de incremento.

En general parece que, según las predicciones de los diferentes modelos, Almería será el que experimente un mayor descenso en las precipitaciones acumuladas, siendo del 20 % durante el periodo 2011-2040 y el periodo 2041-2070 (modelo GFDL, escenario RCP8.5). Durante el periodo 2071-2099 los sistemas hidrográficos que experimentarán una mayor reducción en su caudal serán Barbate con un descenso del 23% seguida de Guadalete, Los Vélez, Quípar, Serranía de Ronda y Sª Tejada-Almijaracon un 22 % respectivamente (modelo GFDL, escenario RCP8.5). Por otra parte, los modelos ESM1 y CGCM3 predicen aumentos en las precipitaciones en varios Sistemas, destacando el sistema hidrográfico Valle Lorca con valores del 15 y 12 % respectivamente durante los periodos 2041-2070 y 2071-2099.

En cuanto a los meses con balance hídrico positivo, las demarcaciones hidrográficas de Barbate y Madera son las que han mostrado unos valores más elevados durante el periodo observado (1961-2000), siendo de 9,2 y 9,1 meses respectivamente. Según las predicciones de los modelos, Barbate y Ardila serán las demarcaciones hidrográficas que mostrarían unos valores más elevados durante los tres periodos observados, siendo de 9,9 y 9,8 meses respectivamente durante el periodo 2011-2040, de 9,3 y 9,1 meses respectivamente durante el periodo 2011-2040, y 9 y 8,9 meses respectivamente durante el periodo 2071-2100 (modelo CGCM3, escenario RCP4.5).

Durante el periodo observado (1961-2000) los sistemas hidrográficos con unos valores más elevados de evapotranspiración han sido los de Sierra Gádor-Filabres y Guadamar, con 1353 y 1340 mm respectivamente, mientras que los sistemas hidrográficos de Madera y Alto Segura han sido los que han experimentado unos valores más bajos (1114 y 1161 mm

respectivamente). Según la predicción de los modelos, los sistemas hidrográficos de Quipa y Sierra Gádor-Filabres serán los que experimentarán unos valores de evapotranspiración más elevados durante el periodo 2011-2040, con 1475 y 1474 mm respectivamente (modelo MIROC, escenario RCP8.5), mientras que los de Madera y Alto Segura continuarán siendo los que han experimenten unos valores más bajos (1169 y 1217 mm respectivamente, modelo CGCM3, escenario RCP4.5). Durante el periodo 2041-2070, los sistemas hidrográficos de Quipa y Sur serán los que experimentarán unos valores de evapotranspiración más elevados, con 1616 y 1572 mm respectivamente (modelo MIROC, escenario RCP8.5), mientras que los de Madera y Sierra Nevada serán los que experimenten unos valores más bajos (1223 y 1260 mm respectivamente, modelo CGCM3, escenario RCP4.5). Por último, durante el periodo 2071-2099, los sistemas hidrográficos de Quípar y Sur serán los que experimentarán unos valores de evapotranspiración más elevados, con 1803 y 1716 mm respectivamente (modelo MIROC, escenario RCP8.5), mientras que los de Madera y Sierra Tejeda-Almijara serán los que experimenten unos valores más bajos (1249 y 1282 mm respectivamente, modelo CGCM3, escenario RCP4.5).

6.3 Costas

A continuación, se presentan para las dos zonas de litoral existentes en Andalucía: Atlántico y Mediterráneo los principales resultados para las diferentes variables.

Tabla 24: Evolución prevista de la variable temperatura máxima en las dos vertientes litorales de Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
Atlántico					
RCP4.5	CGCM3	23.8	24.2 (0.4)	25.2 (1.4)	25.6 (1.8)
	ESM1		25.1 (1.3)	25.9 (2.1)	26.2 (2.4)
	GFDL		25.2 (1.4)	26.0 (2.2)	26.2 (2.4)
	MIROC		25.5 (1.7)	26.5 (2.7)	27.4 (3.6)
RCP8.5	CGCM3		24.6 (0.8)	25.7 (1.9)	27.1 (3.3)
	ESM1		25.2 (1.4)	26.3 (2.5)	28.0 (4.2)
	GFDL		25.3 (1.5)	26.6 (2.8)	28.2 (4.4)
	MIROC		25.6 (1.8)	27.7 (3.9)	30.1 (6.3)
Mediterráneo					
RCP4.5	CGCM3	22.1	22.6 (0.5)	23.4 (1.3)	23.9 (1.8)
	ESM1		23.1 (1.0)	23.8 (1.7)	24.2 (2.1)
	GFDL		23.4 (1.3)	24.0 (1.9)	24.4 (2.3)

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
RCP8.5	MIROC		23.6 (1.5)	24.5 (2.4)	25.2 (3.1)
	CGCM3		22.9 (0.8)	23.8 (1.7)	25.3 (3.2)
	ESM1		23.3 (1.2)	24.3 (2.2)	25.7 (3.6)
	GFDL		23.6 (1.5)	24.6 (2.5)	26.1 (4.0)
	MIROC		23.7 (1.6)	25.4 (3.3)	27.5 (5.4)

Como puede verse en la tabla anterior la zona costera de influencia atlántica experimentará un aumento en la temperatura máxima de 1,7°C y 1,8°C durante el periodo 2011-2040 (modelo MIROC, escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente), llegando a los 25,5°C y 25,6°C (escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente). Durante el periodo 2041-2070 experimentaría un aumento de 2,7°C y 3,9°C (modelo MIROC, escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente), llegando a 26,5°C y 27,7°C. (escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente). Por último, durante el periodo 2071-2099 experimentaría un aumento de 3,6°C y 6,3°C (modelo MIROC, escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente), llegando a 27,4 y 30,1°C (escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente).

La zona costera de influencia mediterránea experimentará unos aumentos ligeramente más suaves en la temperatura máxima, siendo de 1,5°C y 1,6°C durante el periodo 2011-2040 (modelo MIROC, escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente), llegando a 23,6°C y 23,7°C en dichos escenarios. Durante el periodo 2041-2070 experimentaría un aumento de 2,4°C y 3,3°C (modelo MIROC, escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente), llegando a 24,5°C y 25,4°C respectivamente. Por último, durante el periodo 2071-2099 experimentaría un aumento de 3,1°C y 5,4°C (modelo MIROC, escenarios RCP4.5 y RCP8.5 respectivamente), llegando a 25,2°C y 27,5°C respectivamente.

A continuación, se muestra la evolución de la precipitación en las dos vertientes litorales de Andalucía.

Tabla 25: Evolución prevista de la variable precipitación acumulada anual en las dos vertientes litorales de Andalucía. Los valores entre paréntesis representan la diferencia en cada periodo respecto al valor medio observado en el periodo 1961-2000.

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
Atlántico					
RCP4.5	CGCM3	605	704 (16)	640 (6)	645 (7)
	ESM1		631 (4)	595 (-2)	608 (0)
	GFDL		530 (-12)	519 (-14)	523 (-14)
	MIROC		553 (-9)	489 (-19)	520 (-14)
RCP8.5	CGCM3		611 (1)	652 (8)	635 (5)

Escenario	Modelo	1961-2000	2011-2040	2041-2070	2071-2099
	ESM1		653 (8)	578 (-4)	530 (-12)
	GFDL		565 (-7)	517 (-15)	481 (-20)
	MIROC		502 (-17)	505 (-17)	498 (-18)
Mediterráneo					
	CGCM3		571 (10)	523 (1)	521 (1)
RCP4.5	ESM1		544 (5)	523 (1)	533 (3)
	GFDL		436 (-16)	421 (-19)	420 (-19)
	MIROC		460 (-11)	413 (-20)	436 (-16)
		518			
RCP8.5	CGCM3		508 (-2)	519 (0)	506 (-2)
	ESM1		561 (8)	500 (-3)	474 (-8)
	GFDL		445 (-14)	415 (-20)	391 (-25)
	MIROC		427 (-18)	416 (-20)	410 (-21)

En cuanto a las precipitaciones anuales, existe una gran diversidad de predicciones según los modelos estudiados. Durante el periodo 2011-2040, el modelo CGCM3 (escenario RCP4.5) predice que la costa atlántica experimentará un aumento del 16 % en las precipitaciones anuales, mientras que la costa mediterránea experimentaría un aumento del 10 %. Por otra parte, durante ese mismo periodo, el modelo MIROC (escenario RCP8.5) predice que la costa atlántica experimentará una disminución del 17 % en las precipitaciones anuales, mientras que la costa mediterránea experimentaría una disminución del 18 %.

Durante el periodo 2041-2070, el modelo CGCM3 predice que la costa atlántica experimentará un aumento del 8 % en las precipitaciones anuales (escenario RCP8.5), mientras que la costa mediterránea experimentaría un aumento del 0 % (escenario RCP4.5). Por otra parte, durante ese mismo periodo, el modelo MIROC (escenario RCP8.5) predice que la costa atlántica experimentará una disminución del 17 % en las precipitaciones anuales, mientras que la costa mediterránea experimentaría una disminución del 20 %.

Por último, durante el periodo 2071-2099, el modelo CGCM3 predice que la costa atlántica experimentará un aumento del 7 % en las precipitaciones anuales (escenario RCP4.5), mientras que la costa mediterránea experimentaría un aumento del 1 % (escenario RCP4.5). Por otra parte, durante ese mismo periodo, el modelo GFDL (escenario RCP8.5) predice que la costa mediterránea experimentará una disminución del 25 % en las precipitaciones anuales, mientras que la costa atlántica experimentaría una disminución del 20 %.

7 Evolución de la clasificación bioclimática de Andalucía según los distintos modelos, escenarios y periodos.

A continuación, se analizará la evolución de la clasificación bioclimática de Andalucía según los distintos modelos, escenarios y periodos. Para ello, comenzaremos analizando el periodo observado (1961-2000), que servirá como punto de partida, y a continuación se realizará un análisis de la evolución de la clasificación bioclimática de Andalucía para cada combinación de escenario (RCP4.5 y RCP8.5), periodo (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2099) y modelo (CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC).

Previamente, es importante aclarar que las proyecciones de los grupos climáticos pueden tener comportamientos extraños, debido a que la proyección futura parte de una clasificación climática ajustada a la realidad actual, que no tiene por qué mantenerse en el futuro, ya que pueden aparecer nuevos climas definidos por otros parámetros (invasión de climas de norteafricanos, por ejemplo) o la desaparición de otros, debido a que la proyección de clasificación se realiza por una relación de parentesco y no de equivalencia.

La Figura siguiente muestra la clasificación bioclimática de Andalucía durante el periodo 1961-2000.

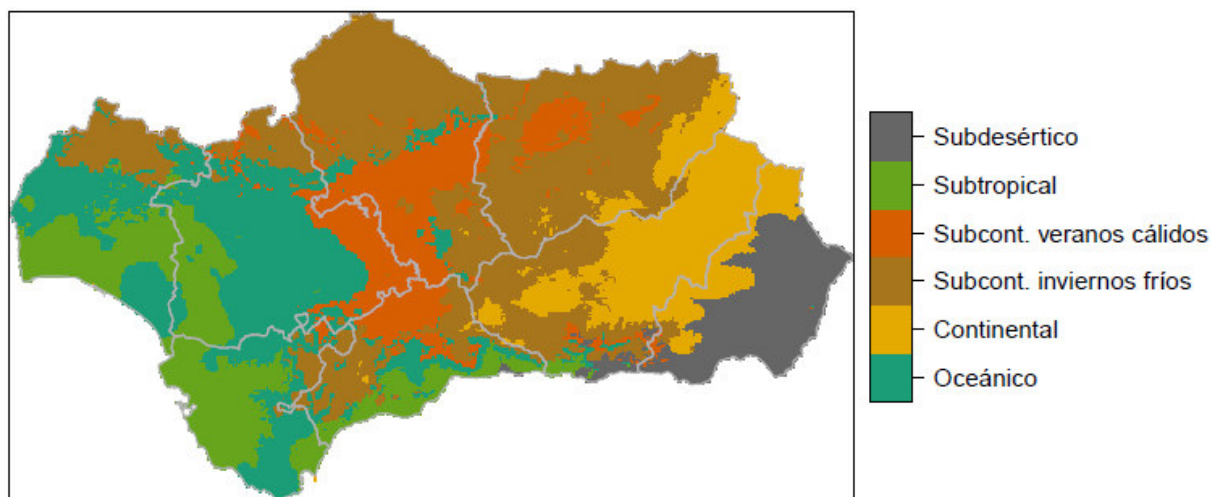


Figura 73: Clasificación bioclimática de Andalucía durante el periodo 1961-2000.

7.1 Evolución según el escenario RCP4.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de la clasificación bioclimática de Andalucía según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

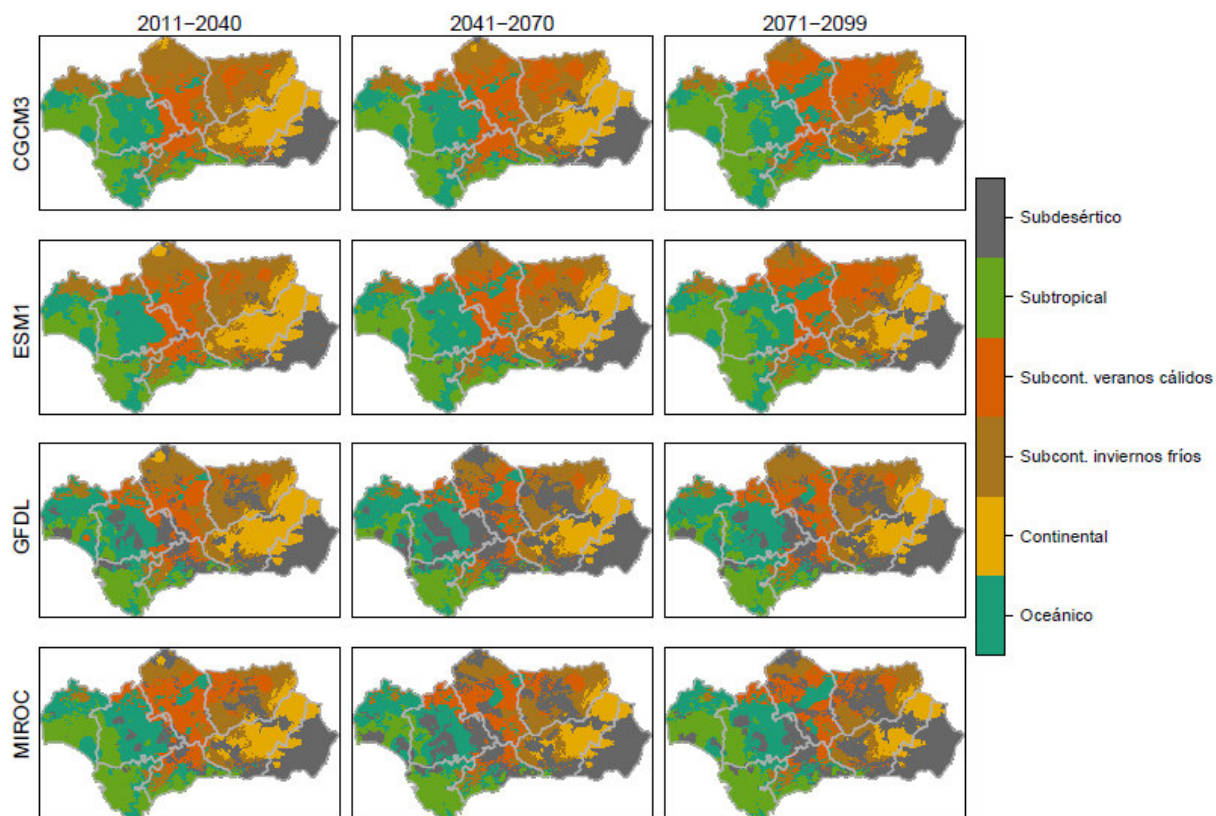


Figura 74: Clasificación bioclimática de Andalucía predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP4.5.

En la Figura anterior destaca cómo los modelos GFDL y MIROC son los que predicen un mayor aumento de la zona bioclimática subdesértica, especialmente durante los periodos 2041-2070 y 2071-2099, abarcando amplias zonas del valle del Guadalquivir y estaría representado en todas las provincias andaluzas. Las zonas continentales y subcontinentales de inviernos fríos quedarían reducidas en gran medida. La zona subcontinental de veranos cálidos se iría desplazando hacia el noreste.

Por otra parte, los modelos CGCM3 y ESM1 predicen un aumento de la zona subcontinental de veranos cálidos, que llegaría a ser mayoritaria en la provincia de Jaén durante el periodo 2071-2099.

7.2 Evolución según el escenario RCP8.5

La Figura siguiente recoge la evolución espacial de la clasificación bioclimática de Andalucía según las predicciones de los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

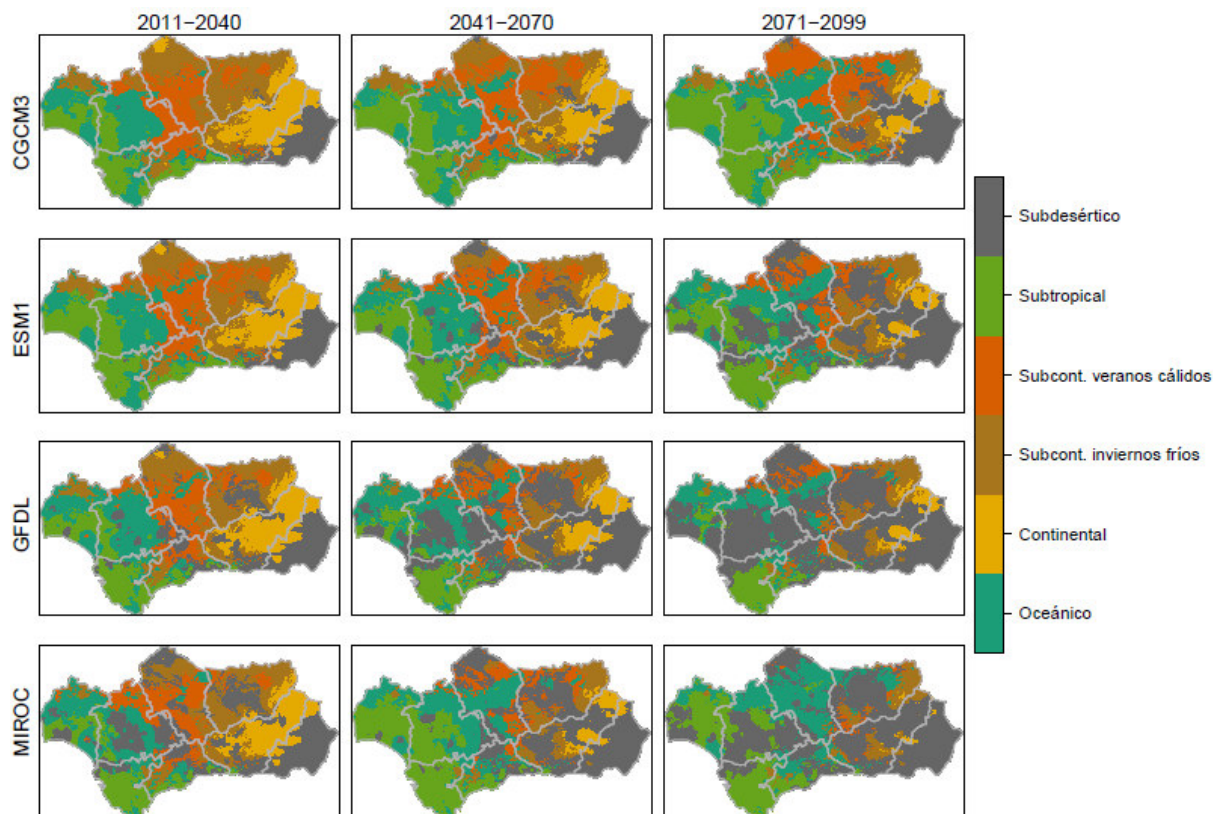


Figura 75: Clasificación bioclimática de Andalucía predicha por los modelos CGCM3, ESM1, GFDL y MIROC a lo largo de los periodos climáticos considerados para el escenario RCP8.5.

En la Figura anterior destaca cómo, al igual que en las predicciones realizadas para el escenario RPC4.5, los modelos predicen una disminución de las zonas continental y subcontinental de inviernos fríos. Los modelos GFDL y MIROC son los que predicen un mayor aumento de la zona bioclimática subdesértica. Sin embargo, en este caso el modelo GFDL es el que predice un mayor aumento, especialmente durante el periodo 2071-2099 en el que la zona bioclimática subdesértica llegaría a cubrir la mayor parte de la superficie de la región. Únicamente la provincia de Cádiz pertenecería en su mayoría a la zona subtropical.

Por otra parte, el modelo CGCM3 predice un aumento de la zona subtropical, que avanzaría en las provincias de Huelva y Sevilla.

8 Valoración de los principales efectos del cambio climático en Andalucía en el SXXI. Identificación de modelos y escenarios más y menos desfavorables y de tendencias

Se predice un aumento generalizado de las temperaturas en Andalucía incluso para el escenario más moderado (RCP4.5). Las zonas más perjudicadas serán las regiones continentales, así como las de alta y media montaña, sobre todo Sierra Morena y Los Sistemas Béticos (Sierras de Cazorla y Segura y Sierra Nevada), donde los incrementos de la temperatura media anual llegarían a superar los 6 grados para el escenario RCP8.5 durante el periodo 2071-2099 y en menor medida la zona interior de la depresión bética. También se predice un aumento de la temperatura máxima durante el mes de julio, donde los incrementos podrían llegar hasta los 8,2°C para el modelo MIROC y el escenario RCP8.5. La zona con influencia costera mediterránea será la menos perjudicada por el aumento de las temperaturas, aunque también la zona con influencia costera atlántica sufrirá unos menores aumentos de la temperatura.

Jaén, Córdoba y Granada serán las provincias que experimentarán un mayor aumento de la temperatura media anual en los tres periodos estudiados, mientras que Cádiz, Huelva y Málaga serán las provincias que experimentarán un menor aumento. Durante el periodo 2071-2100 Jaén será la provincia que sufrirá un mayor incremento en las temperaturas máximas mensuales durante el verano, con un aumento de 10,9°C en el mes de julio y 10,7°C en los meses de junio y septiembre (predicciones realizadas por el modelo MIROC para el escenario RCP8.5). Respecto a la temperatura máxima anual, según las predicciones del modelo más desfavorable, durante el periodo 2011-2040 las provincias de Córdoba, Huelva y Sevilla sobrepasarían los 25°C, durante el periodo 2041-2070 esas tres provincias sobrepasarían los 27,5°C y durante el periodo 2071-2099 serían las provincias de Córdoba, Huelva, Jaén y Sevilla las que sobrepasarían los 30°C.

Durante el periodo observado (1961-2000) solamente Córdoba y Sevilla son las capitales de provincia superan los 24°C de temperatura máxima anual (media de las máximas mensuales), mientras que, según las previsiones del modelo más pesimista, durante el periodo 2011-2040 Almería, Huelva y Jaén también superarían ese límite. Durante el periodo 2041-2070 Córdoba, Jaén y Sevilla superarían el límite de los 27°C, mientras que durante el periodo 2071-2099 Cádiz sería la única capital de provincia que no lo superaría.

En cuanto al número de días al año con temperaturas superiores a 40°C predichos para cada escenario, cabe destacar que durante el periodo 2041-2070 se espera un incremento de entre 9 y 26 días para el escenario RCP4.5 y entre 14 y 41 días para el escenario RCP8.5, mientras que durante el periodo 2071-2099 se espera un incremento de entre 15 y 35 días para el escenario RCP4.5 y entre 33 y 80 días para el escenario RCP8.5. Según las previsiones

de los modelos, Córdoba, Málaga y Sevilla serán las capitales de provincia que experimentarán un mayor aumento del número de días al año con temperaturas superiores a 40°C, mientras que capitales como Cádiz y Almería serán las que experimentarán un menor aumento con respecto al periodo de referencia (1961-2000).

Se espera que el efecto de la costa no sea demasiado positivo en cuanto a las temperaturas máximas y sea negativo en cuanto a las temperaturas mínimas. Es por ello que el número de noches tropicales (con temperaturas superiores a 22°C) aumentará especialmente en las zonas de costa, especialmente en las de influencia Mediterránea. Para finales de siglo, los modelos predicen entre 20 y 45 noches al año para el escenario RCP4.5 y entre 39 y 92 noches al año para el escenario RCP8.5 frente a los 7,8 días observados para el periodo de referencia (1961-2000). Concretamente en el caso de Almería se espera que durante el periodo 2071-2099 se produzcan un mínimo de 54,7 noches tropicales y máximo de más de 100 para el modelo y escenario más desfavorable (MIROC RCP8.5).

Granada y Jaén continuarán siendo las provincias con un mayor número de días con heladas en cualquiera de los tres periodos estudiados, pudiendo llegar como valores máximos a 40 y 26 días respectivamente durante el periodo 2011-2040, 26 y 17 días respectivamente durante el periodo 2041-2070 y 21 y 13 días respectivamente durante el periodo 2071-2099 (modelo CGCM3 escenario RCP4.5), frente a los 44 y 28 observados en el periodo de referencia (1961-2000). Cádiz y Huelva fueron las provincias con un menor número de días con heladas durante el periodo de referencia (1961-2000), con 3 y 9 días respectivamente. Según el modelo MIROC (escenario RCP8.5), Cádiz y Huelva serán las provincias con un menor número de heladas durante los tres periodos estudiados, siendo 1 y 4 días respectivamente durante el periodo 2011-2040, 0 y 2 respectivamente durante el periodo 2041-2070, y 0 y 1 respectivamente durante el periodo 2071-2099.

En cuanto a las precipitaciones anuales destaca la variabilidad en las predicciones de los modelos. El modelo más optimista (CGM3) pronostica para ambos escenarios aumentos de precipitaciones (de hasta el 30% en algunas zonas) excepto en el sureste, donde disminuyen. Mientras que otros modelos como el GFDL o el MIROC pronostican descensos generalizados en las precipitaciones (entre el 20 y el 30%) aunque con mayor intensidad en la fachada mediterránea.

Las Sierras de Cazorla y Segura y Sierra Nevada experimentarán un descenso en las precipitaciones en forma de nieve. En el caso de Sierra Nevada los modelos GFDL y MIROC predicen una disminución de las precipitaciones en forma de nieve que llegarían a un 94 y 99% respectivamente durante el periodo 2071-2099 (escenario RCP8.5). En el caso del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas las previsiones más extremas llegarían a unos descensos del 96 y 100% respectivamente durante los periodos 2040-2071 y 2071-2099 (modelo MIROC, escenario RCP8.5).

Los valores de la evapotranspiración aumentarán con el paso del tiempo, los mayores incrementos se producirán en la zona Sierra Morena y los Sistemas Béticos.

Las zonas con mayor número de meses con balance hídrico positivo se centran en las zonas montañosas (Sierra Morena y Sistemas Béticos), mientras que en la zona sureste estos valores decrecen hasta desaparecer. Según las predicciones de los modelos, el número de meses con balance hídrico positivo en Andalucía podría pasar de 5,8 a 4,2 meses (escenario RCP4.5) o incluso llegar a 3,5 meses (escenario RCP8.5).

9 Referencias bibliográficas

- Amblar-Francés P., Casado-Calle, M. J., Pastor-Saavedra, M. A., Ramos-Calzado P., Rodríguez Camino, E. 2017. Guía de escenarios regionalizados de cambio climático sobre España a partir de los resultados del IPCC-AR5. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio; Agencia Estatal de Meteorología: 96 pp., Madrid
- Escenarios-PNACC. 2017. Nueva colección de escenarios de cambio climático regionalizados del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)
- Hausfather Z., Peters G.P. 2020. Emissions – the 'business as usual' story is misleading. *Nature* 577, 618-620.
- IPCC. 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.
- Ley 8/2018, de 8 de octubre, de medidas frente al cambio climático y para la transición hacia un nuevo modelo energético en Andalucía.
- http://escenarios.adaptecca.es/#&model=multimodel&variable=tasmax&scenario=rcp85&temporalFilter=YEAR&layers=AREAS&period=MEDIUM_FUTURE&anomaly=RAW_VALUE
- MAGRAMA. 2013. Guía resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (WG1). http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/publicaciones/guia_resumida_ar5-ipcc_tcm7-311196.pdf
- Moss R. H., Edmonds J. A., Hibbard K. A., Manning M. R., Rose S. K., Van Vuuren D. P., ... y Meehl G. A. 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463(7282), 747-756.
- Olcina J., Rico A.M., Moltó E. (eds.). 2016. Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio. Alicante: Instituto Interuniversitario de Geografía, Universidad de Alicante; [Sevilla]: Asociación Española de Climatología, ISBN 978-84-16724-19-2, pp. 429-435.
- Rediam. 2014. El Clima de Andalucía en el siglo XXI. Escenarios Locales de Cambio Climático de Andalucía. Actualización al 4º Informe del IPCC. Red de Información Ambiental de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía.