



## Annex A.C.2.7.c:

# SELECCIÓN DE MODELOS DE CAMBIO CLIMÁTICO A PARTIR DEL ANÁLISIS DE SERIES HIDROMETEOROLÓGICAS. ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DERIVADOS DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO BASADOS EN LOS MODELOS DEL IPPC [AR5]

## *Action C.2.7*

Grant Agreement nº. LIFE 16 IPC/ES/000001

Towards an integrated, coherent and inclusive implementation of  
Climate Change Adaptation policy in a region: Navarre

**[LIFE-IP NAdapta-CC]**

LIFE 2016 INTEGRATED PROJECTS CLIMATE ACTIONS

Project start date: 2017-10-02

Project end date: 2025-12-31

Coordinator:

Partners:

| DISSEMINATION LEVEL |                                                                                   |                                     |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| PU                  | Public                                                                            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| PP                  | Restricted to other programme participants [including the Commission Services]    | <input type="checkbox"/>            |
| RE                  | Restricted to a group specified by the consortium [including Commission Services] | <input type="checkbox"/>            |
| CC                  | Confidential, only for members of the consortium [including Commission Services]  | <input type="checkbox"/>            |

Autoría:

 Gestión Ambiental de Navarra - Nafarroako Ingurumen Kudeaketa [GAN-NIK S.A.] con la asistencia técnica de INCLAM

Referencia recomendada a efectos bibliográficos:

Gestión Ambiental de Navarra - Nafarroako Ingurumen Kudeaketa [GAN-NIK S.A.]. INCLAM. [2021]. Estudio de evaluación de los recursos hídricos derivados de escenarios de cambio climático basados en los modelos del IPPC [AR5]. Acción C.2. del Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC [LIFE 16 IPC/ES/000001] de la Unión Europea. Pamplona. INCLAM para Gestión Ambiental de Navarra - Nafarroako Ingurumen Kudeaketa [GAN-NIK SA] y Servicio de Economía Circular y Cambio Climático del Gobierno de Navarra.

Este documento corresponde al Anexo A.C.2.7.c., no previsto inicialmente en el Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC.

El Proyecto LIFE-IP NAdapta-CC LIFE 16 IPC/ES/000001 está ejecutado con la contribución financiera del programa LIFE de la Unión Europea

El contenido de este informe no refleja la opinión oficial de la Unión Europea. La responsabilidad de la información y los puntos de vista expresados en esta publicación recaen completamente en su autoría.

[www.lifenadapta.eu](http://www.lifenadapta.eu)

Versión 1. Junio de 2021



## Table of contents

|       |                                                                                                   |     |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1     | INTRODUCCIÓN .....                                                                                | 22  |
| 2     | OBJETIVOS.....                                                                                    | 23  |
| 3     | METODOLOGÍA.....                                                                                  | 23  |
| 4     | EVOLUCIÓN DE LAS PRINCIPALES VARIABLES CLIMÁTICAS .....                                           | 26  |
| 4.1   | Temperatura media .....                                                                           | 27  |
| 4.1.1 | Vertiente mediterránea.....                                                                       | 30  |
| 4.1.2 | Vertiente cantábrica .....                                                                        | 49  |
| 4.1.3 | Estudio de las anomalías de temperatura.....                                                      | 52  |
| 4.2   | Precipitación.....                                                                                | 59  |
| 4.2.1 | Tendencia de la precipitación en el periodo proyectado.....                                       | 59  |
| 4.2.2 | Vertiente mediterránea.....                                                                       | 62  |
| 4.2.3 | Vertiente cantábrica .....                                                                        | 81  |
| 4.2.4 | Anomalías de precipitación en los periodos de impacto.....                                        | 83  |
| 5     | LA SIMULACIÓN HIDROLÓGICA.....                                                                    | 89  |
| 5.1   | Descripción del modelo.....                                                                       | 90  |
| 5.2   | Resultados obtenidos.....                                                                         | 93  |
| 5.2.1 | Evolución y tendencia de las aportaciones para los diferentes modelos y escenarios simulados..... | 94  |
| 5.2.2 | Vertiente mediterránea.....                                                                       | 98  |
| 5.2.3 | Vertiente Cantábrica.....                                                                         | 118 |

|       |                                                                                             |     |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.2.4 | Anomalías de los recursos hídricos para los diferentes modelos y escenarios simulados ..... | 121 |
| 6     | Eventos extremos.....                                                                       | 128 |
| 6.1.1 | Evolución de las sequías.....                                                               | 128 |
| 6.1.2 | Evolución de las precipitaciones máximas.....                                               | 134 |
| 7     | Síntesis y Conclusiones.....                                                                | 138 |
| 8     | Referencias .....                                                                           | 144 |

## Tables

|         |                                                                                                                                                                                 |     |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1 | Modelos climáticos seleccionados para el estudio del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos en la comunidad de Navarra.....                                   | 23  |
| Tabla 2 | Puntos de especial interés donde se estudia la proyección de las principales variables climáticas y el impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos.....            | 25  |
| Tabla 3 | Anomalías de temperatura para el escenario 4.5 para el conjunto de modelos seleccionados, y los valores resultados del máximo, mínimo y media.....                              | 53  |
| Tabla 4 | Anomalías de temperatura para el escenario 8.5 para el conjunto de modelos seleccionados, y los valores resultados del máximo, mínimo y media.....                              | 56  |
| Tabla 5 | Anomalías de precipitación en los periodos de impacto estudiado [2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100] respecto al periodo de control 1970-2000 para el escenario RCP 4.5 ....      | 83  |
| Tabla 6 | Anomalías de precipitación en los periodos de impacto estudiado [2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100] respecto al periodo de control 1970-2000 para el escenario RCP 8.5 ....      | 87  |
| Tabla 7 | Anomalías de recursos hídricos en los periodos de impacto estudiado [2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100] respecto al periodo de control 1970-2000 para el escenario RCP 4.5 ..... | 123 |

|                                                                                                                                                                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Tabla 8 Anomalías de recursos hídricos en los periodos de impacto estudiado [2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100] respecto al periodo de control 1970-2000 para el escenario RCP 8.5 .....                   | 125        |
| Tabla 9 Categorías de sequía obtenidas después de realizar el análisis de las estaciones de Colorado en los Estados Unidos. Fuente: [Mckee et al., 1993] .....                                            | 129        |
| Tabla 10 Cuantificación de las sequías moderadas que superan el umbral del valor 1 del SPI, en el escenario RCP 4.5. Cálculo realizado en los diferentes periodos de impacto y el periodo de control..... | 130        |
| Tabla 11 Cuantificación de las sequías moderadas que superan el umbral del valor 1 del SPI, en el escenario RCP 8.5. Cálculo realizado en los diferentes periodos de impacto y el periodo de control..... | 132        |
| <b>Tabla 12 media, desviación estándar y coeficiente de sesgo considerando los valores máximos diarios de precipitación en el periodo 1970-2000. ....</b>                                                 | <b>135</b> |
| Tabla 13 Cuantiles calculados para los diferentes modelos en el periodo de control 1970-2000, en la vertiente cantábrica y mediterránea. ....                                                             | 135        |
| <b>Tabla 14 Variación de los cuantiles respecto al periodo de control en el escenario RCP 4.5 .....</b>                                                                                                   | <b>137</b> |
| Tabla 15 Variación de los cuantiles respecto al periodo de control en el escenario RCP 8.5.....                                                                                                           | 137        |

## Figures

|                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la región formada por las cuencas que vierten en dirección Sur [Vertiente mediterránea]. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos..... | 28 |
| Figura 2 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la región formada por las cuencas que vierten en dirección Sur [Vertiente mediterránea]. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos..... | 28 |
| Figura 3 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la región formada por las cuencas que vierten en dirección Norte [Vertiente cantábrica]. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos..... | 29 |

|                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la región formada por las cuencas que vierten en dirección Norte [Vertiente cantábrica]. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos..... | 29 |
| Figura 5 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca del río Ega en Murieta. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....                                                        | 30 |
| Figura 6 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca del río Ega en Murieta. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....                                                        | 31 |
| Figura 7 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca del río Urederra. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....                                                              | 31 |
| Figura 8 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca del río Urederra. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....                                                              | 32 |
| Figura 9 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Ega. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....                                                          | 32 |
| Figura 10 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Ega. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....                                                         | 33 |
| Figura 11 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca del río Arga en Eugui. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....                                                        | 34 |
| Figura 12 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca del río Arga en Eugui. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....                                                        | 34 |
| Figura 13 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca del río Ultzama. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....                                                              | 35 |



|                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 14 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca del río Ultzama. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.               | 35 |
| Figura 15 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca río Araquil en Asiain. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.         | 36 |
| Figura 16 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca río Araquil en Asiain. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.         | 36 |
| Figura 17 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca del río Salado. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.                | 37 |
| Figura 18 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca del río Salado. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.                | 37 |
| Figura 19 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Arga. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.         | 38 |
| Figura 20 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Arga. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.         | 38 |
| Figura 21 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la del río Irati en el embalse de Itoiz. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos. | 39 |
| Figura 22 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la del río Irati en el embalse de Itoiz. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos. | 40 |
| Figura 23 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 del río Salazar. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.                                      | 40 |

|                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 24 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca del río Salazar. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos. ....          | 41 |
| Figura 25 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Irati. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos. ....   | 41 |
| Figura 26 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Irati. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos. ....   | 42 |
| Figura 27 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca del río Aragón en Yesa. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos. ....   | 42 |
| Figura 28 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca del río Aragón en Yesa. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos. ....   | 43 |
| Figura 29 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca del río Zidacos. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos. ....          | 43 |
| Figura 30 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Zidacos. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos. .... | 44 |
| Figura 31 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Aragón. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos. ....  | 44 |
| Figura 32 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Aragón. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos. ....  | 45 |
| Figura 33 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Alhama. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos. ....  | 45 |

|                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 34 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Alhama. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....               | 46 |
| Figura 35 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Queiles. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....              | 47 |
| Figura 36 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Queiles. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....              | 47 |
| Figura 37 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Linares. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....              | 48 |
| Figura 38 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Linares. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....              | 48 |
| Figura 39 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Bidasoa. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....              | 49 |
| Figura 40 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Bidasoa. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....              | 50 |
| Figura 41 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando el río Añarbe en el embalse de Añarbe. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.....           | 51 |
| Figura 42 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca el río Añarbe en el embalse de Añarbe. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos..... | 51 |
| Figura 43 Distribución espacial de las anomalías de temperatura media mensual para el RCP 4.5, donde se muestran los tres periodos de impacto estudiado.....                                                      | 55 |
| Figura 44 Distribución espacial de las anomalías de temperatura media mensual para el RCP 8.5, donde se muestran los tres periodos de impacto estudiado.....                                                      | 59 |

Figura 45 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 considerando vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 60

Figura 46 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 considerando la vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 61

Figura 47 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección mensual para el RCP 4.5 considerando la vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación. .... 61

Figura 48 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 considerando la vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 62

Figura 49 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en el río Ega en Murieta, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación. .... 63

Figura 50 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en el río Ega en Murieta, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación. .... 63

Figura 51 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 del río Urederra, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 64

Figura 52 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 del río Urederra, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 64

Figura 53 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Ega, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 65

Figura 54 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Ega, vertiente

mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....65

Figura 55 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Arga en Eugui, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....66

Figura 56 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Arga en Eugui, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....67

Figura 57 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Ultzama, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....67

Figura 58 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Ultzama, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....68

Figura 59 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Araquil en Asiain, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....68

Figura 60 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Araquil en Asiain, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....69

Figura 61 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Salado, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....69

Figura 62 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Salado, vertiente

mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 70

Figura 63 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Arga cuenca completa, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación ..... 70

Figura 64 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Arga cuenca completa, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación ..... 71

Figura 65 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Irati en embalse de Itoiz, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación ..... 72

Figura 66 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Irati en embalse de Itoiz, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación ..... 72

Figura 67 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Salazar, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 73

Figura 68 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Salazar, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 73

Figura 69 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Irati, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 74

Figura 70 Evolución de la precipitación en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Irati, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación ..... 74

Figura 71 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Aragón en Yesa, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 75

Figura 72 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Aragón en Yesa, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 75

Figura 73 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Zidacos, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 76

Figura 74 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Zidacos, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 76

Figura 75 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Aragón, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 77

Figura 76 Evolución de la precipitación en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Aragón, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación..... 77

Figura 77 Evolución de las anomalías de PRE anual proyectadas con respecto al periodo de control para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Alhama, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación ..... 78

Figura 78 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Alhama, vertiente



mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....78

Figura 79 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Queiles, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....79

Figura 80 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Queiles, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....79

Figura 81 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Limares, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....80

Figura 82 Evolución de la precipitación en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Limares, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....80

Figura 83 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Bidasoa, vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....81

Figura 84 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Bidasoa, vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....81

Figura 85 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Añarbe, vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....82

Figura 86 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Añarbe, vertiente

|                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.....                                                                                                                                                                  | 82 |
| Figura 87 Distribución espacial de las anomalías de precipitación par los tres periodos de impacto estudiado en el escenario RCP 4.5 .....                                                                                                                                | 86 |
| Figura 88 Distribución espacial de las anomalías de precipitación par los tres periodos de impacto estudiado en el escenario RCP 8.5 .....                                                                                                                                | 89 |
| Figura 89 Esquema de depósitos del modelo Sacramento .....                                                                                                                                                                                                                | 91 |
| Figura 90 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados.....   | 95 |
| Figura 91 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados.....   | 95 |
| Figura 92 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados..... | 96 |
| Figura 93 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 la vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados.....    | 96 |
| Figura 94 Evolución anual de las aportaciones en la vertiente mediterránea, en el escenario RCP 4.5 y RCP 8.5.....                                                                                                                                                        | 97 |
| Figura 95 Evolución anual de las aportaciones en la vertiente cantábrica, en el escenario RCP 4.5 y RCP 8.5 .....                                                                                                                                                         | 97 |
| Figura 96 Evolución estacional de las aportaciones la vertiente mediterránea, en los escenarios RCP 4.5 y 8.5. ....                                                                                                                                                       | 97 |
| Figura 97 Evolución estacional de las aportaciones en la vertiente cantábrica, en los escenarios RCP 4.5 y 8.5. ....                                                                                                                                                      | 98 |
| Figura 98 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Ega en Murieta, vertiente Mediterránea. La línea de evolución                                                                                 |    |

muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....99

Figura 99 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Ega en Murieta, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....99

Figura 100 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Urederra, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....100

Figura 101 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Urederra, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....100

Figura 102 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Ega, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....101

Figura 103 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Ega, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....101

Figura 104 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Arga en Eugui, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....102

Figura 105 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Arga en Eugui, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....103

Figura 106 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Ultzama, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra

la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....103

Figura 107 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Ultzama, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....104

Figura 108 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Araquil en Asiain, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....104

Figura 109 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Araquil en Asiain, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....105

Figura 110 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Salado, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....105

Figura 111 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Salado, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....106

Figura 112 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Arga. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....106

Figura 113 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Arga. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....107

Figura 114 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Irati en embalse de Itoiz, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....108

Figura 115 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Irati en embalse de Itoiz, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....108

Figura 116 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Salazar, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....109

Figura 117 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Salazar, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....109

Figura 118 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Irati, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....110

Figura 119 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Irati, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....110

Figura 120 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Aragón en Yesa, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....111

Figura 121 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Aragón en Yesa, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....111

Figura 122 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Zidacos, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....112

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 123 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Zidacos, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....          | 112 |
| Figura 124 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Aragón, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....  | 113 |
| Figura 125 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Aragón, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....  | 113 |
| Figura 126 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Alhama, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....  | 114 |
| Figura 127 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Alhama, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....  | 115 |
| Figura 128 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Queiles, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados ..... | 116 |
| Figura 129 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Queiles, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados ..... | 116 |
| Figura 130 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Linares, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados ..... | 117 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 131 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Linares, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....             | 118 |
| Figura 132 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Bidasoa en Endarlatza, vertiente Cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....          | 119 |
| Figura 133 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Bidasoa en Endarlatza, vertiente Cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados .....          | 119 |
| Figura 134 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Urumea en el embalse de Añarbe, vertiente Cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados ..... | 120 |
| Figura 135 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Urumea en el embalse de Añarbe, vertiente Cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados ..... | 121 |
| Figura 136 Distribución espacial de las anomalías de las aportaciones para los tres periodos de impacto estudiado en el escenario RCP 4.5 .....                                                                                                                                                                          | 125 |
| Figura 137 Distribución espacial de las anomalías de las aportaciones para los tres periodos de impacto estudiado en el escenario RCP 8.5 .....                                                                                                                                                                          | 127 |
| Figura 138 Evolución del índice SPI en la vertiente mediterránea en el escenario RCP 4.5 ...                                                                                                                                                                                                                             | 130 |
| Figura 139 Evolución del índice SPI en la vertiente cantábrica en el escenario RCP 4.5 .....                                                                                                                                                                                                                             | 131 |
| Figura 140 Evolución del índice SPI en la vertiente mediterránea en el escenario RCP 8.5 ...                                                                                                                                                                                                                             | 133 |
| Figura 141 Evolución del índice SPI en la vertiente cantábrica en el escenario RCP 8.5 .....                                                                                                                                                                                                                             | 133 |





## 1 INTRODUCCIÓN

El estudio de Evaluación de los recursos hídricos derivados de escenarios de cambio climático se ha realizado en tres fases.

-  En la primera se ha realizado el análisis de las variables climáticas y de las aportaciones registradas en el BDH. En esta primera etapa se comprobó la bondad de los datos almacenados y se obtuvieron la tendencia de la precipitación, de la temperatura y de las aportaciones en el periodo histórico comprendido entre 1940 y 2015, para de esta forma poder tener una adecuada base comparativa que poder utilizar en el proceso de selección de los modelos climáticos, la cual se ha realizado en la segunda fase del estudio.
-  En la segunda fase se ha realizado la selección de nueve modelos de cambio climático, este proceso se ha llevado a cabo mediante un proceso de comparación estadística entre los diferentes modelos y el registro histórico almacenado en el BDH. Durante este proceso se han analizado diferentes tendencias de las principales variables climáticas y se ha realizado un análisis de sesgo entre los datos de los modelos y los datos registrados. Como resultado final se han seleccionado 3 modelos en rejilla que sumados a los 6 puntuales de AEMET forman los nueve modelos con los que se procede a realizar la tercera fase del estudio.
-  En esta tercera fase se procede a obtener la serie de aportaciones en régimen natural para los nueve modelos seleccionados en la etapa anterior y para dos escenarios de emisión de gases de efecto invernaderos, un escenario de mantenimiento de emisiones RCP 4.5 y un segundo escenario de incremento de emisiones RCP 8.5. Esto nos permite obtener dieciocho series de aportaciones a nivel diario entre los años 1970 y 2100. Este conjunto de datos permite estudiar la tendencia y las anomalías climáticas y de aportaciones en tres periodos de impacto, los comprendidos entre los años 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100, utilizando como periodo de control el periodo 1970-2000.

El estudio en esta fase se complementa con el análisis de la tendencia de los eventos extremos, tanto sequías como inundaciones, que se realiza sobre la base del estudio de la variable precipitación, analizando por un lado el índice de precipitación estandarizado (SPI) para el caso de las sequías, y en el caso de las inundaciones se estudia la variación de los cuantiles de excedencia para los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años

## 2 OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es el analizar el impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos en el conjunto de la Comunidad de Navarra, así como identificar el comportamiento y tendencia de los eventos extremos, tanto en el caso de las sequías como en el de las inundaciones.

De forma adicional, se analiza el impacto y la tendencia de las principales variables climáticas que intervienen en el proceso de transformación lluvia-escorrentía, con el objetivo de comprender como influyen en la evolución de las aportaciones y los recursos hídricos.

## 3 METODOLOGÍA

La metodología que se describe a continuación hace referencia a la tercera fase del “Estudio de evaluación de los recursos hídricos derivados de escenarios de cambio climático basados en los modelos del IPCC [AR5]”.

La primera fase consistió en el análisis de las variables climáticas registradas en el BDH para el período histórico comprendido entre los años 1940 y 2015. Como resultado de esta primera fase se obtuvo una base comparativa fiable que es imprescindible para poder seleccionar las proyecciones climáticas más adecuadas.

El proceso de selección de estas proyecciones se realizó durante la segunda fase de este estudio. De forma resumida, se efectuó la descarga e interpolación de los datos, obteniendo como resultado las series a nivel diario de las variables climáticas para cada proyección, considerando, a su vez, dos escenarios de forzamiento radiativo [4.5 y 8.5]. Las proyecciones finalmente seleccionadas y que serán las utilizadas en la tercera fase del estudio son las siguientes:

**Tabla 1 Modelos climáticos seleccionados para el estudio del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos en la comunidad de Navarra.**

| ID. | Modelo     | Institución                               |
|-----|------------|-------------------------------------------|
| P01 | Bcc.csm1.1 | Beijing Climate Center, China             |
| P02 | CNRM.CM5   | Centre National de Recherches             |
| P03 | Inmcm4     | Institute of Numerical Mathematics, Rusia |
| P04 | MIROC.ESM  | EORI NIES JAMSTEC, Japón                  |
| P05 | MPI.ESM.MR | Max-Planck-Institut [MPI] for Meteorology |

| ID. | Modelo    | Institución                              |
|-----|-----------|------------------------------------------|
| P06 | MRI.CGCM3 | Meteorological Research Institute, Japón |
| C01 | HadGEM2-  | SMHI                                     |
| C02 | CM5A-MR   | MHI                                      |
| C03 | HadGEM2-  | KNMI                                     |

Los seis primeros modelos proceden de las proyecciones en punto del AR5 obtenidas mediante regionalización estadística y que se han descargado del portal de AEMET y los tres últimos son proyecciones en formato ráster o rejilla obtenidas mediante regionalización dinámica descargadas directamente del portal Euro-CORDEX. En el documento correspondiente a la segunda fase de este estudio “Selección de modelos de Cambio Climático a partir del Análisis de Series Hidrometeorológicas” se describe de forma detallada las características de estos modelos y el proceso de selección.

Por último, y en función de estas proyecciones climáticas se realiza esta tercera fase del estudio cuya metodología se puede dividir en cuatro etapas:

- Análisis de la evolución de las principales variables climáticas para las diferentes proyecciones seleccionadas.
- Modelización hidrológica a partir de las series climáticas de los 9 modelos y dos escenarios de forzamiento radiativo [4.5 y 8.5].
- Evaluación de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos.
- Evolución de los eventos extremos [sequías e inundaciones] derivados del cambio climático.

El análisis de las principales variables climáticas se realiza estudiando la tendencia de los valores anuales correspondientes a la temperatura media y la precipitación entre los años 2010 y 2100. Esta evolución se analiza a partir del valor de la media obtenida considerando los nueve modelos utilizados para cada uno de los dos escenarios de forzamiento radiativo comentados.

A su vez en este mismo proceso se muestra el valor máximo y mínimo con el objetivo de visualizar la incertidumbre asociada a la aplicación de estos modelos climáticos. La significancia estadística de la tendencia referida a la media de los nueve modelos se calcula mediante la aplicación de test de Mann-Kendall [Kendall, 1956]. El estudio de la tendencia se complementa con el análisis del impacto del cambio climático en tres periodos que consideran 30 años hidrológicos, los cuales son comparados con el periodo de control tomado entre el año

1970 y el año 2000 [octubre de 1970-septiembre 2000]. Estos periodos de impacto analizado o estudio de anomalías climáticas son los siguientes:

- 2010-2040
- 2040-2070
- 2070-2100

El análisis descrito se realiza en aquellos puntos de la red hidrográfica que presentan un especial interés estratégico en relación con los recursos hídricos. Estos lugares se muestran en la tabla siguiente:

**Tabla 2 Puntos de especial interés donde se estudia la proyección de las principales variables climáticas y el impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos**

| Vertiente                      | Cuenca  | Subcuenca                              | Código de la subcuenca acumulada |
|--------------------------------|---------|----------------------------------------|----------------------------------|
| CUENCAS VERTIENTE MEDITERRÁNEA | EGA     | Ega en Murieta                         | 3100Q                            |
|                                |         | Urederra                               | 3200K                            |
|                                |         | <b>Ega</b>                             | <b>3300D</b>                     |
|                                | ARGA    | Arga en Eugui                          | 4100 H                           |
|                                |         | Ultzama                                | 4200C                            |
|                                |         | Araquil en Asiain                      | 4300C                            |
|                                |         | Salado                                 | 4500C                            |
|                                |         | <b>Arga</b>                            | <b>4600C</b>                     |
|                                | ARAGÓN  | Irati en embalse de Itoiz [con Urrobi] | 5300K                            |
|                                |         | Salazar                                | 5200K                            |
|                                |         | Irati                                  | 5300M                            |
|                                |         | Aragón en Yesa                         | 5000B                            |
|                                |         | Zidacos                                | 5400E                            |
|                                |         | <b>Aragón</b>                          | <b>5500F</b>                     |
|                                | ALHAMA  | <b>Alhama</b>                          | <b>6000*</b>                     |
|                                | QUEILES | <b>Queiles</b>                         | <b>7000B</b>                     |
|                                | LINARES | <b>Linares</b>                         | <b>2000*</b>                     |
|                                | BIDASOA | <b>Bidasoa en Endarlátza</b>           | <b>9400K</b>                     |

| Vertiente                    | Cuenca | Subcuenca                   | Código de la subcuenca acumulada |
|------------------------------|--------|-----------------------------|----------------------------------|
| CUENCAS VERTIENTE CANTÁBRICA | URUMEA | Urumea en embalse de Añarbe | 9520D                            |

La **Modelización hidrológica** se ha realizado aplicando el modelo Sacramento, utilizando los mismos parámetros de calibración para el conjunto de subcuencas obtenidos durante el estudio Actualización del Banco de datos hidrológico para el periodo 2007-2015 realizado por el Gobierno de Navarra en el año 2017.

Gracias a la aplicación del modelo Sacramento se obtiene las aportaciones en régimen natural para el conjunto de subcuencas tal y como se explica en el capítulo 6.1. Estas aportaciones se van agregando con el objetivo de conocer el impacto sobre los recursos hídricos en los lugares de la tabla 2, evaluando la tendencia considerando la media obtenida de las 9 proyecciones analizadas y las anomalías en los tres periodos periodo de impacto [PI] antes enumerados respecto al periodo de control para cada una de las proyecciones.

El estudio de las sequías se realiza estudiando la evolución del índice de precipitación estandarizado [SPI] para cada uno de los periodos de impacto, para de esta forma poder observar la evolución de las sequías a lo largo del tiempo. El estudio del impacto sobre los eventos extremos máximos se realiza estudiando el grado de incremento de los cuantiles para cada periodo de impacto referenciado al periodo de control. Estas metodologías se desarrollan de forma más detallada en el capítulo 6.4.

## 4 EVOLUCIÓN DE LAS PRINCIPALES VARIABLES CLIMÁTICAS

A continuación, se realiza el análisis de la tendencia entre los años proyectados [2010-2100] de las principales variables climáticas del conjunto de proyecciones seleccionadas. Tal y como se ha descrito en el apartado de metodología, en este capítulo se analizan tanto la evolución de temperatura media, la precipitación media y la evapotranspiración potencial, esta última se ha calculado por el método de Thornthwaite tal y como se realizó en estudios antecedentes [Gobierno de Navarra, 2017], y por tanto presenta la misma evolución que la temperatura.

Para realizar el análisis se muestra la tendencia de la media de los nueve modelos seleccionados, plasmando a su vez en el gráfico el valor máximo y mínimo para el conjunto de

los modelos con el objetivo de representar la incertidumbre asociada a la obtención de estas variables proyectadas.

Para conocer la significancia estadística de la pendiente representada por la media de los nueve modelos se ha aplicado el test de Mann-Kendall, mostrando en todos los casos analizados una elevada significancia [ $P < 5\%$ ]. Esto no quiere decir que los modelos de forma individual presenten este comportamiento, pero la unión de los modelos o *ensemble*, representado por la media de los modelos presenta este comportamiento donde las tendencias se aprecian de forma adecuada y clara.

## 4.1 Temperatura media

A partir de los datos obtenidos del promedio de los nueve modelos seleccionados se puede observar la evolución de la temperatura media para los años proyectados para los escenarios radiativos, RCP 4.5 y RCP 8.5.

Para el escenario 4.5 (figura 1 y figura 3) la tendencia presenta una pendiente positiva de  $+0,21$  °C/decenio en la vertiente mediterránea y  $+0,18$  °C/decenio en la vertiente cantábrica. Por tanto, aunque presentan un orden de magnitud similar, en la vertiente mediterránea se aprecia, para este escenario, un mayor calentamiento que en la vertiente cantábrica. Si se comparan estos resultados con los obtenidos en la primera fase del estudio donde se estudia el periodo histórico del BDH, estas tendencias se asemejan a las obtenidas en último periodo analizado, el que comprenden entre los años 1954-2015. Apreciándose, por tanto, un mantenimiento de la tendencia en este escenario.

En el escenario 8.5 (figura 2 y figura 4), la tendencia presenta una pendiente positiva  $0,49$  °C/decenio en la vertiente mediterránea y  $0,43$  °C/decenio en la vertiente cantábrica, de la misma forma que sucede en el escenario 4.5, la vertiente mediterránea presenta una cierta mayor tendencia al calentamiento que la vertiente cantábrica, aunque ambos casos presentan ordenes de magnitud similar.

Cabe destacar la gran incertidumbre que queda plasmada en la franja de color gris de los diferentes gráficos, por tanto, aunque los datos representados por la media de los modelos se pueden considerar adecuada, es necesario tener presente el grado de variabilidad que muestran los diferentes modelos.

A continuación, se muestra este mismo análisis en los puntos de mayor interés representados en la tabla 2.

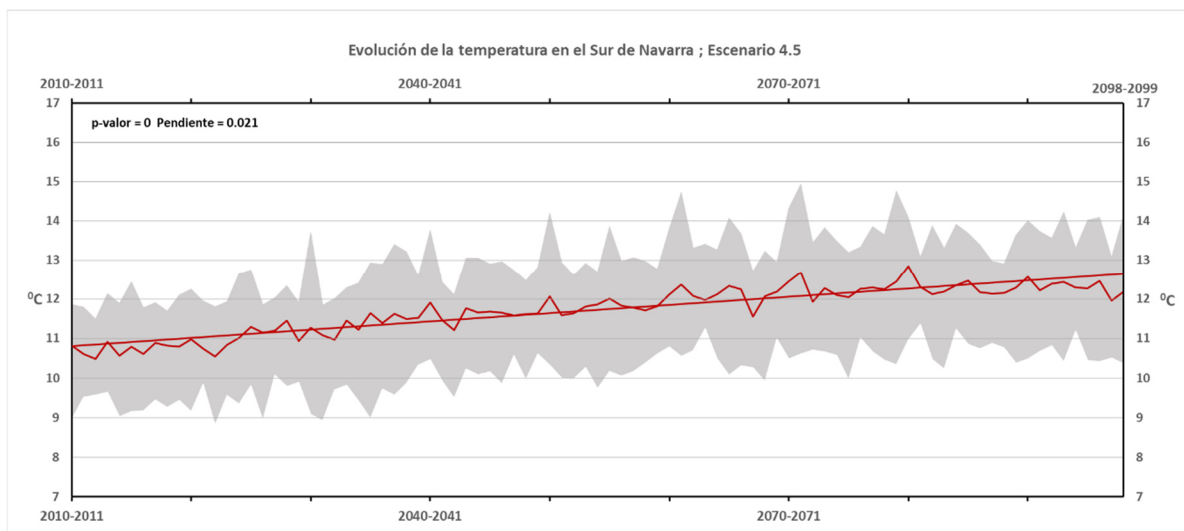


Figura 1 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la región formada por las cuencas que vierten en dirección Sur [Vertiente mediterránea]. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

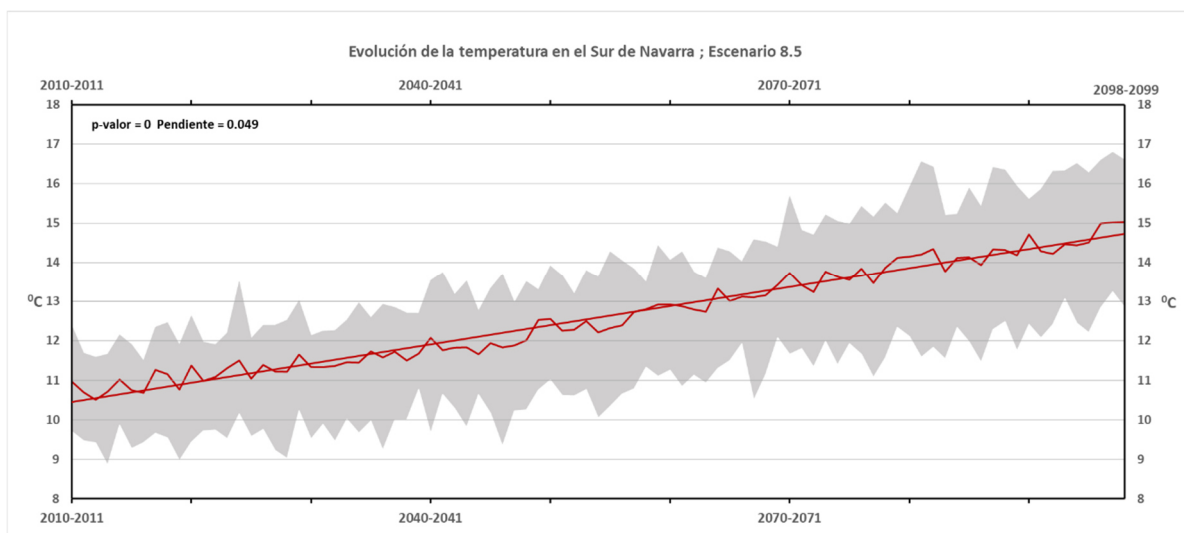


Figura 2 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la región formada por las cuencas que vierten en dirección Sur [Vertiente mediterránea]. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

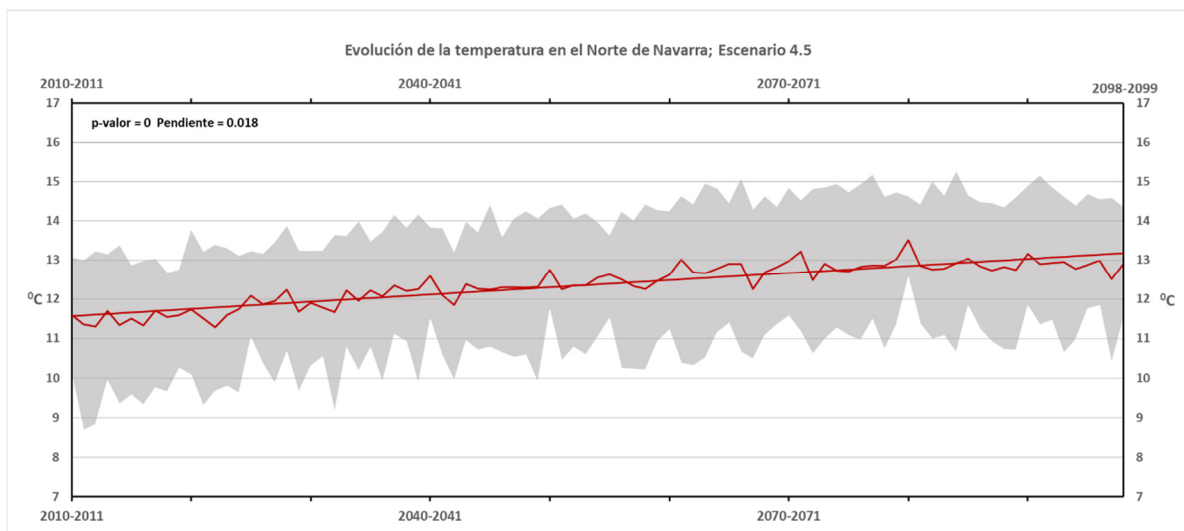


Figura 3 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la región formada por las cuencas que vierten en dirección Norte [Vertiente cantábrica]. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

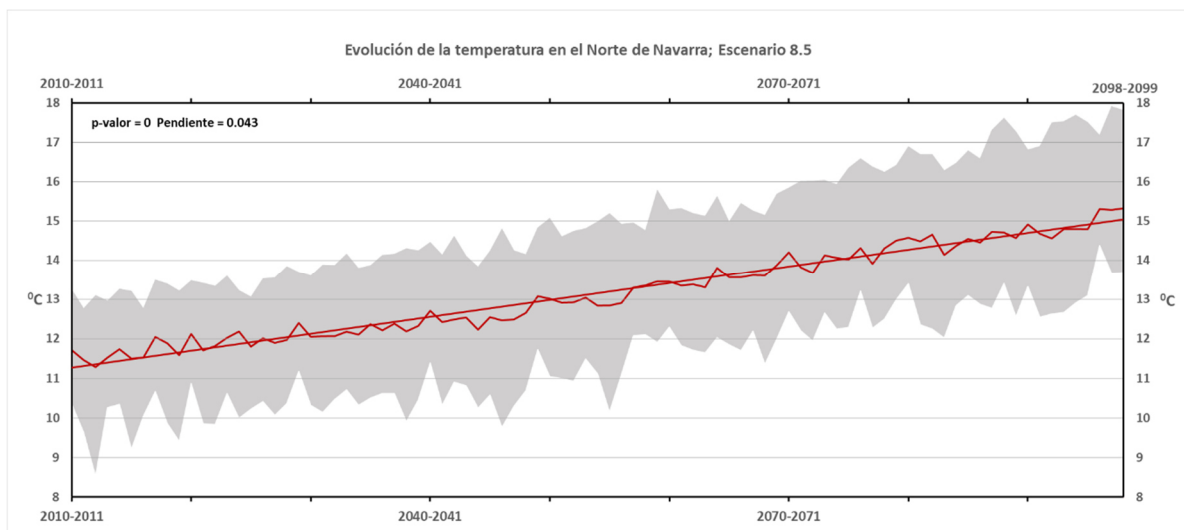


Figura 4 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la región formada por las cuencas que vierten en dirección Norte [Vertiente cantábrica]. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.



#### 4.1.1 Vertiente mediterránea

A continuación, se muestra la evolución en los principales puntos de interés dentro de la vertiente mediterránea. Estos puntos vienen a representar la región que configura la cuenca vertiente en ese punto.

##### 4.1.1.1 *Río Ega*

El conjunto de puntos analizados del río Ega presenta un comportamiento prácticamente idéntico respecto a la evolución de la temperatura. En todos los casos se aprecia una pendiente positiva, que para el escenario RCP 4.5 es de 0,2 °C/decenio y 0,47 °C/decenio para el escenario RCP 8.5. Como en todos los casos analizados, se aprecia una elevada dispersión de los datos que ofrecen los diferentes modelos.

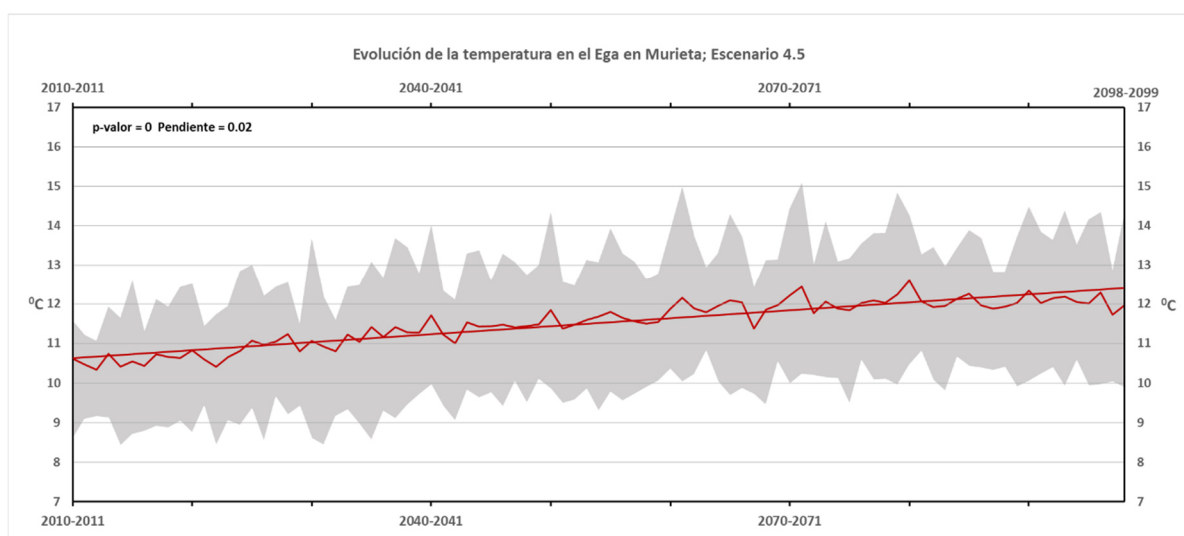


Figura 5 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca del río Ega en Murieta. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

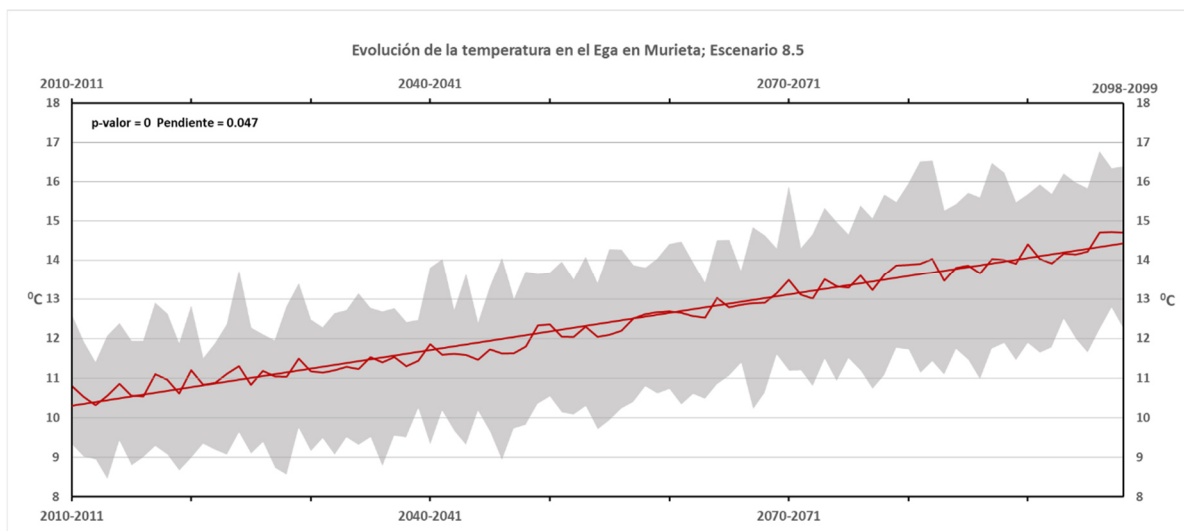


Figura 6 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca del río Ega en Murieta. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

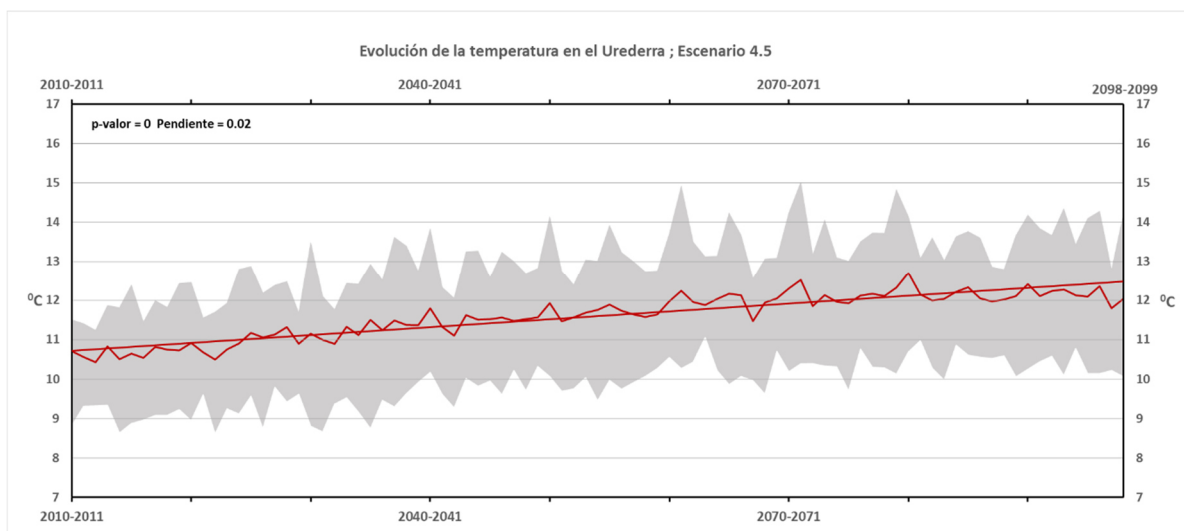


Figura 7 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca del río Urederra. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

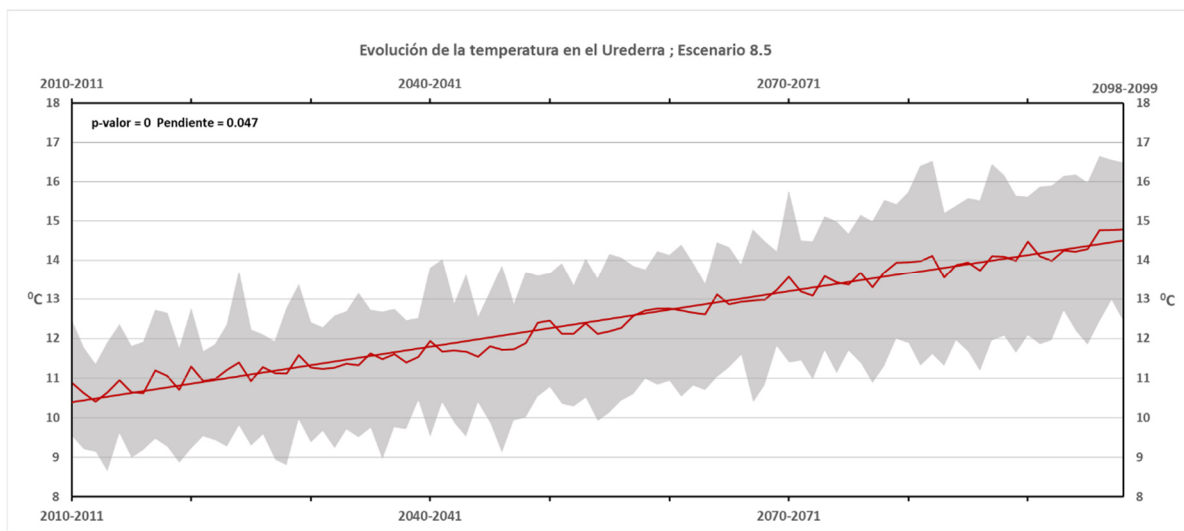


Figura 8 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca del río Urederra. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

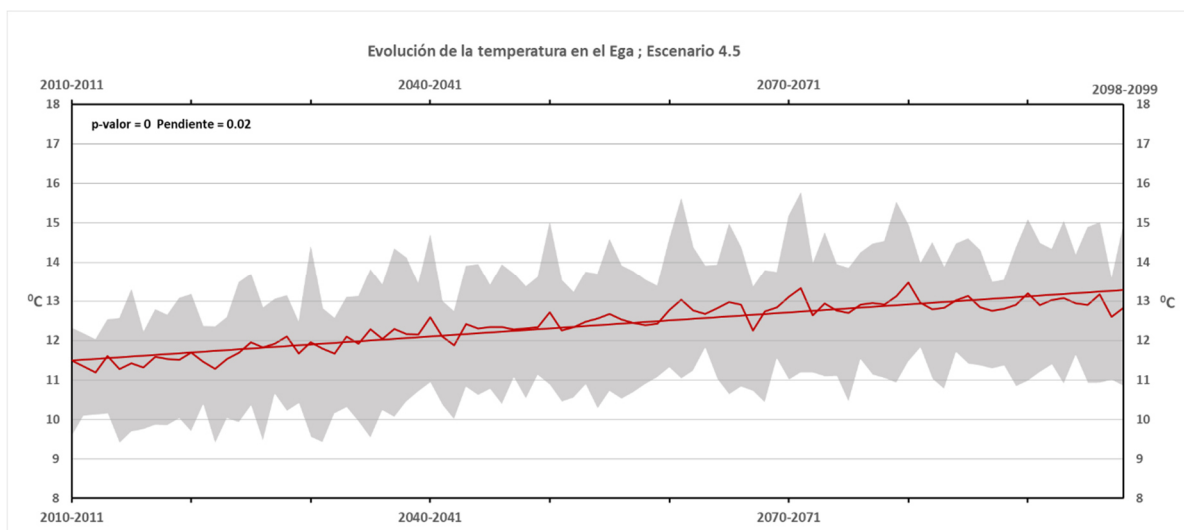
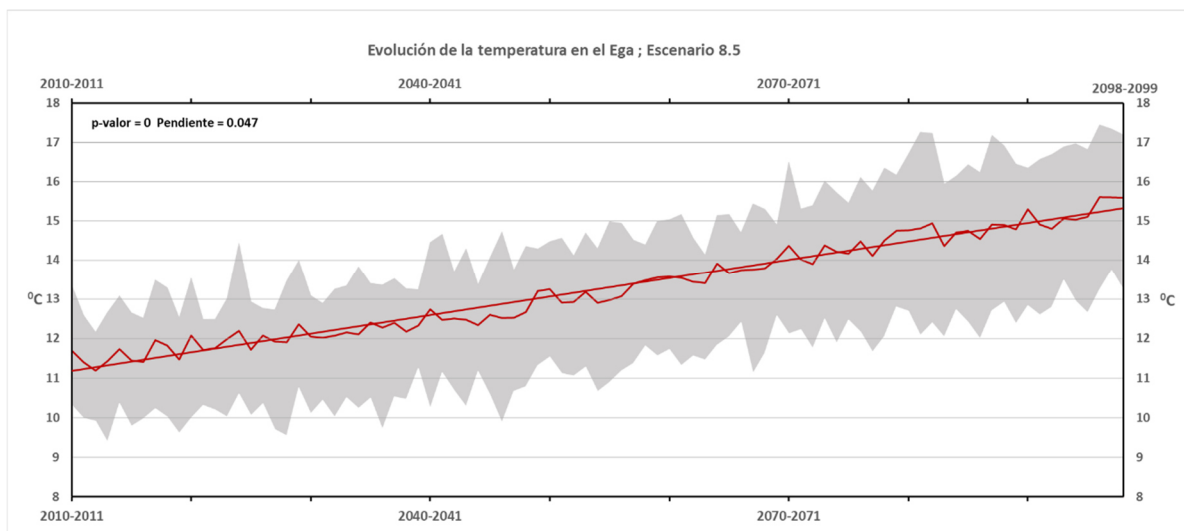


Figura 9 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Ega. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.



**Figura 10** Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Ega. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

#### 4.1.1.2 Río Arga

Los puntos analizados del río Arga presentan, en su conjunto, una tendencia muy similar, aunque de forma leve se puede apreciar un ligero aumento de la pendiente medida hacia la desembocadura, respecto a las cuencas de cabecera. Para el escenario RCP 4.5 la cuenca del río Arga en Eugui y la cuenca del río Ultzama muestra una pendiente de 0,19 °C/decenio, en el escenario 8.5 ésta pendiente asciende hasta los 0,45 °C/decenio.

En la cuenca del río Araquil y el río Salado se obtienen valores idénticos en la pendiente 0,2 °C/decenio en el escenario 4.5 y 0,46 °C/decenio en el escenario 8.5.

En el conjunto de la cuenca del río Arga estos valores se mantienen en el escenario 4.5, obteniéndose una pendiente de 0,2 °C/decenio y asciende ligeramente en el 8.5, observando una pendiente de 0,47 °C/decenio.

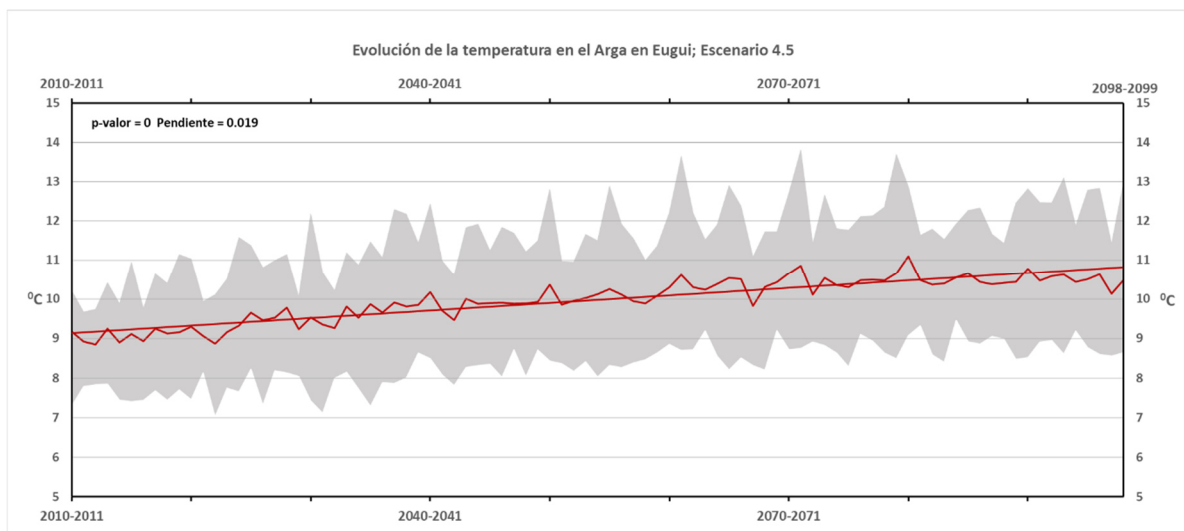


Figura 11 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca del río Arga en Eugui. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

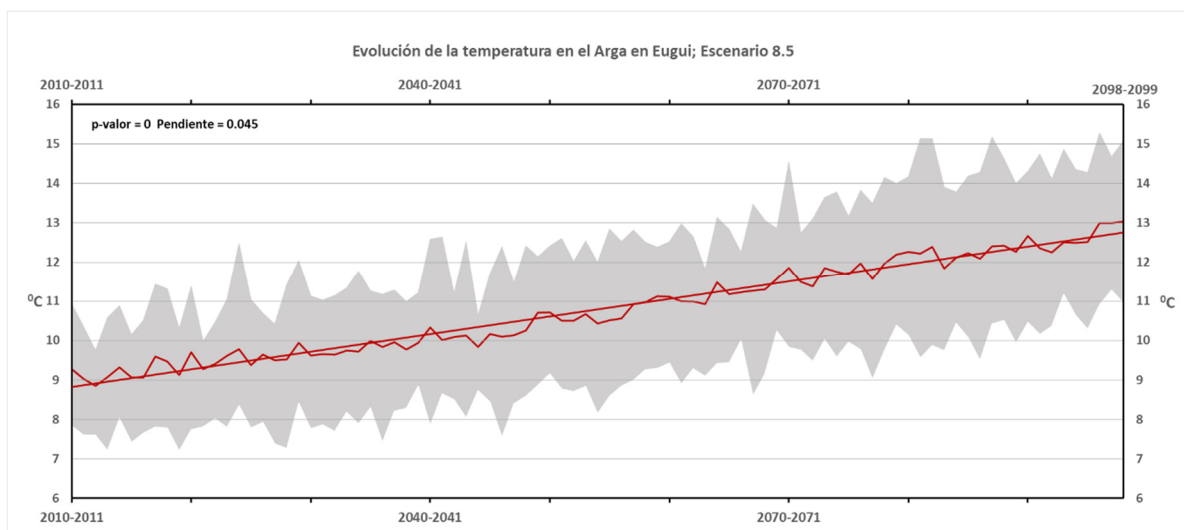


Figura 12 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca del río Arga en Eugui. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

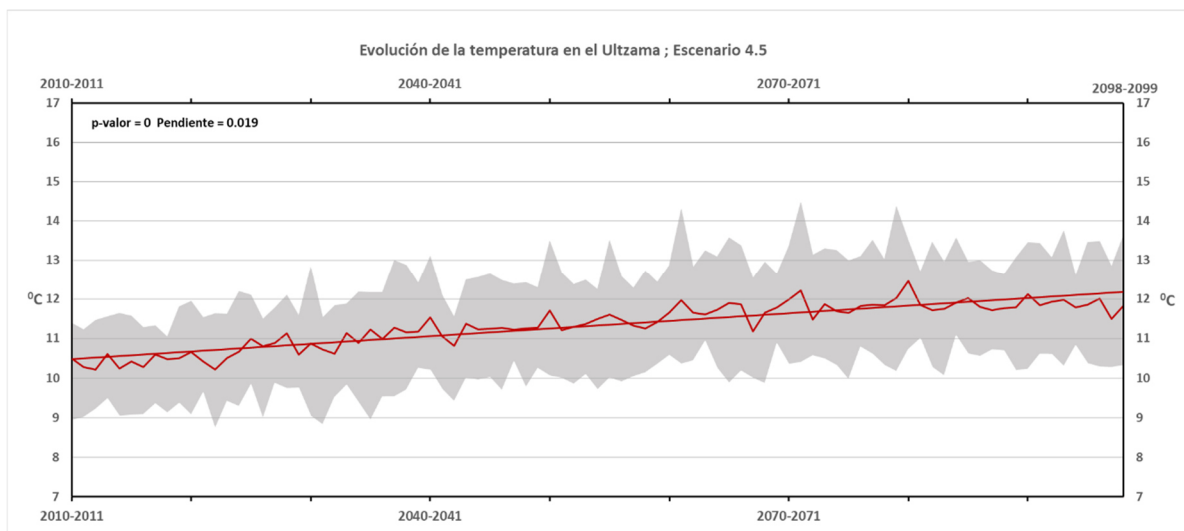


Figura 13 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca del río Ultzama. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

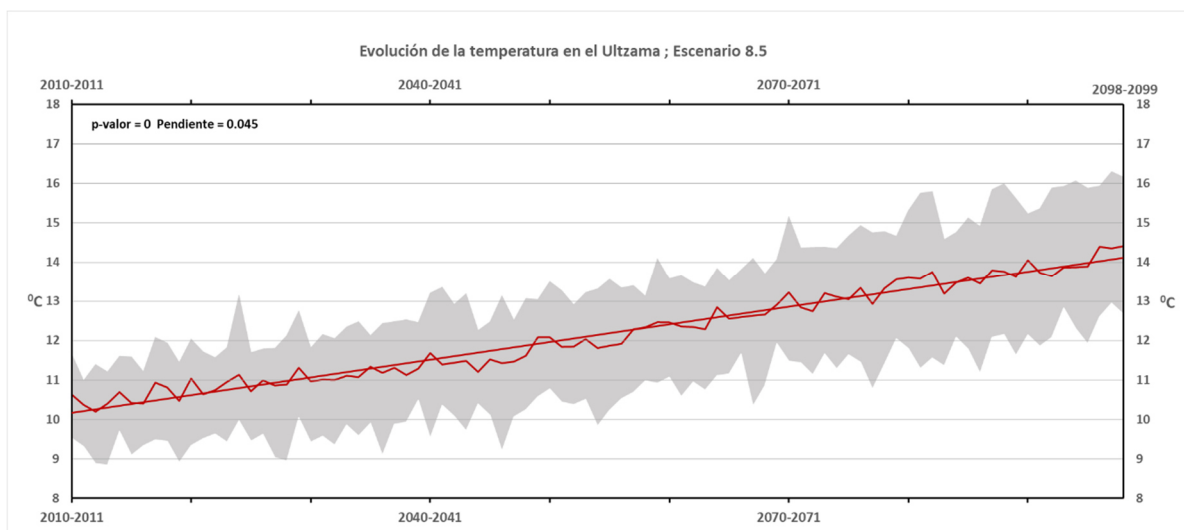


Figura 14 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca del río Ultzama. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

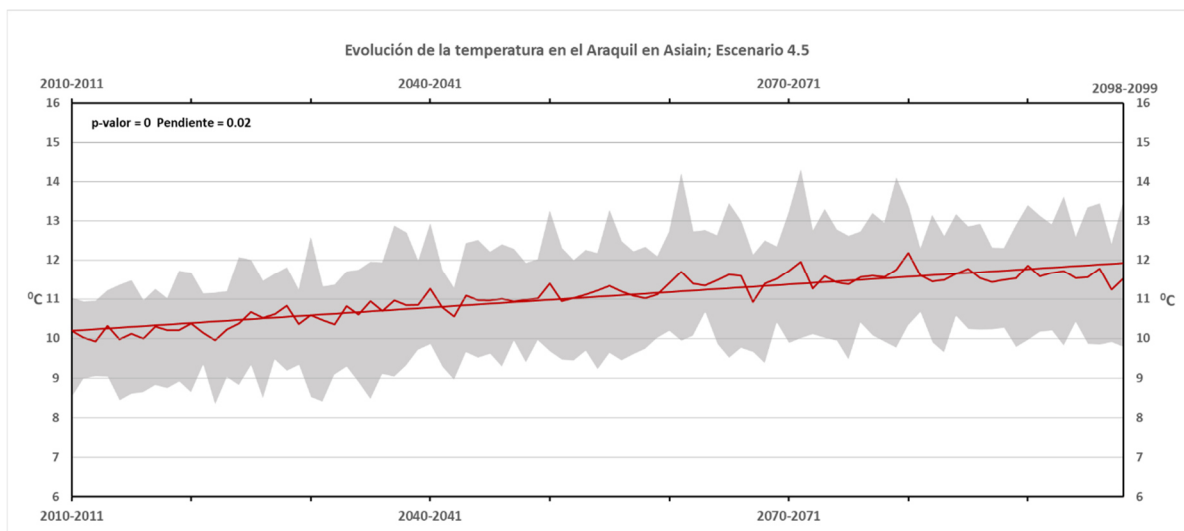


Figura 15 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca río Araquil en Asiain. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

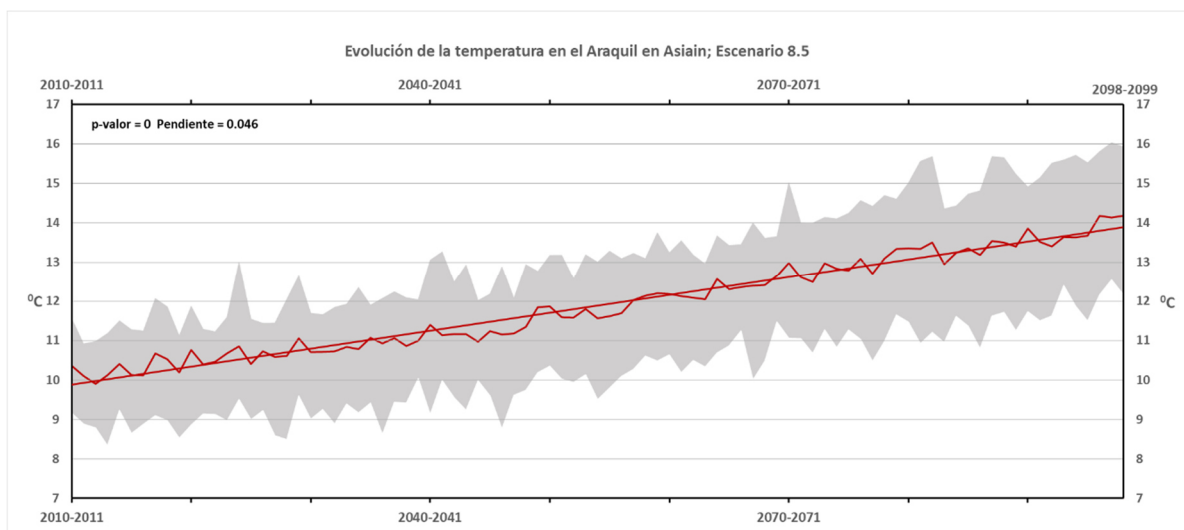


Figura 16 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca río Araquil en Asiain. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

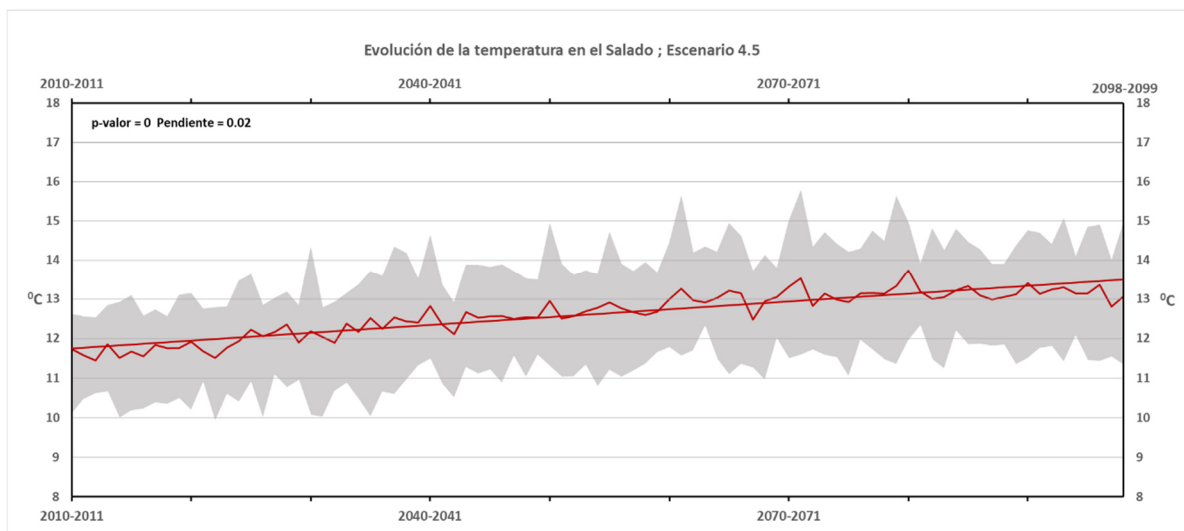


Figura 17 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca del río Salado. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

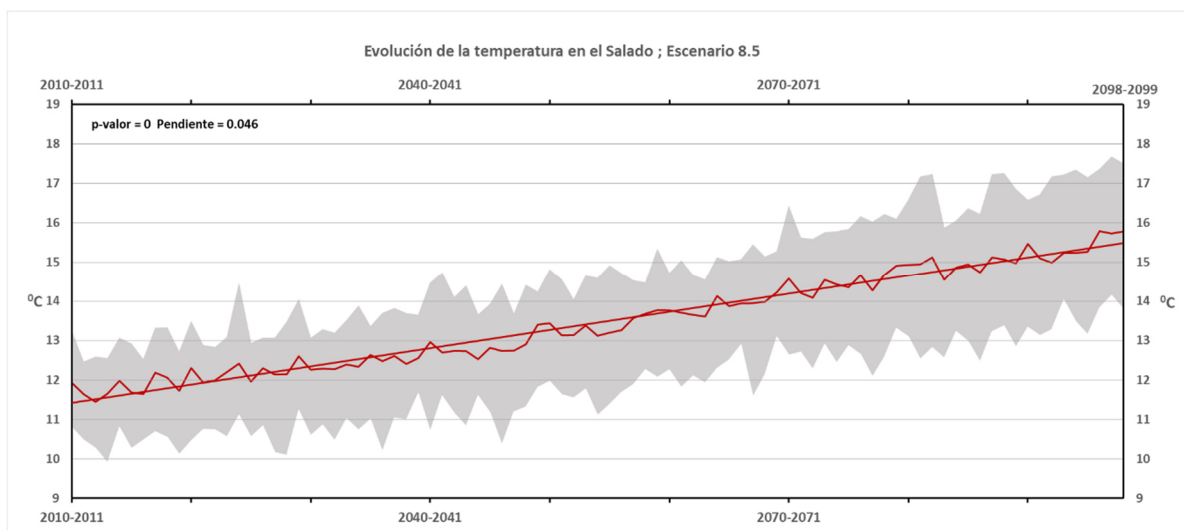


Figura 18 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca del río Salado. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.



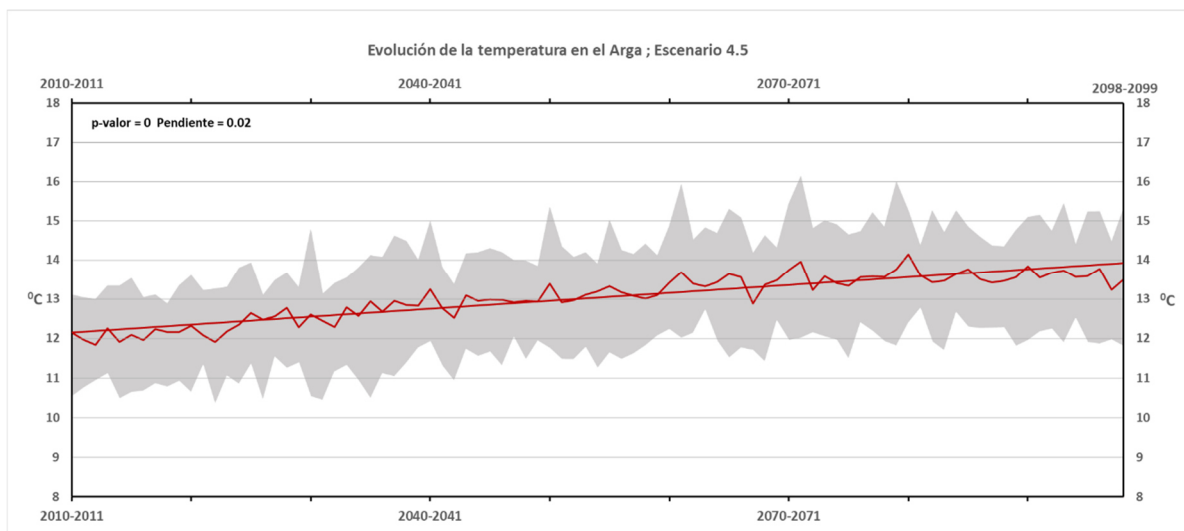


Figura 19 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Arga. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

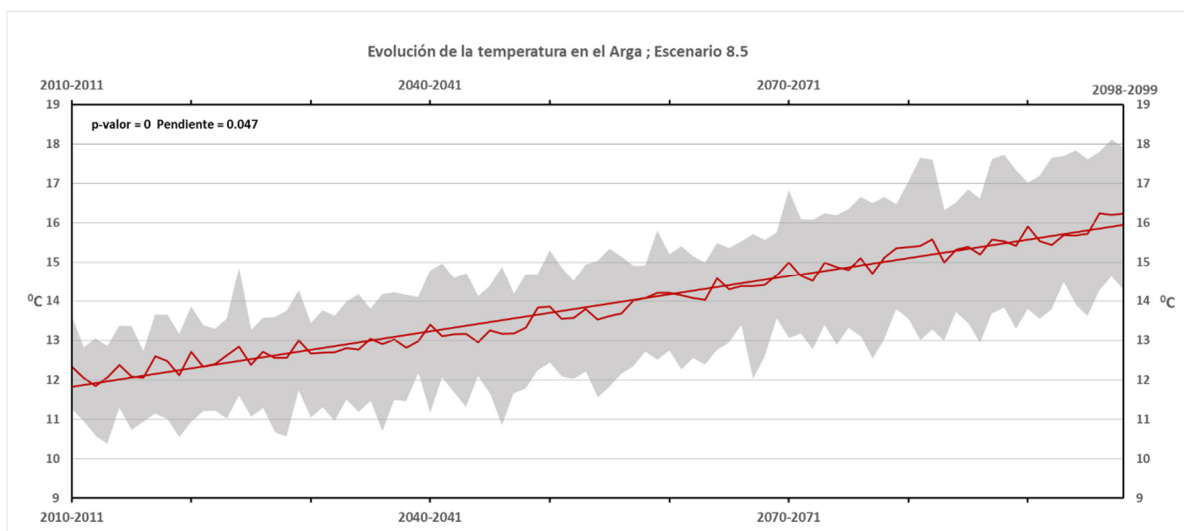


Figura 20 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Arga. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

#### 4.1.1.3 Río Aragón

La cuenca del río Aragón muestra una mayor tendencia al calentamiento que el resto de las cuencas. En el río Irati aguas arriba del embalse de Itoiz se obtiene una pendiente positiva de 0,2 °C/decenio en el escenario 4.5 y 0,47 °C/decenio el escenario 8.5. Para el conjunto del río Irati la pendiente asciende ligeramente obteniéndose 0,21 °C/decenio y 0,48 °C/decenio para los dos escenarios estudiados, mismo resultado se obtiene en el río Zidacos. En el río Salazar se obtiene 0,21 °C/decenio y 0,5 °C/decenio en los dos escenarios analizados.

En la zona más oriental de la cuenca, cabecera del río Aragón se obtienen la pendiente más pronunciada 0,23 °C/decenio en el escenario 4.5 y 0,54 °C/decenio en el escenario 8,5. Por último y considerando el conjunto de la cuenca del río Aragón se obtiene una pendiente de 0,22 y 0,52 °C/decenio en los dos escenarios estudiados.

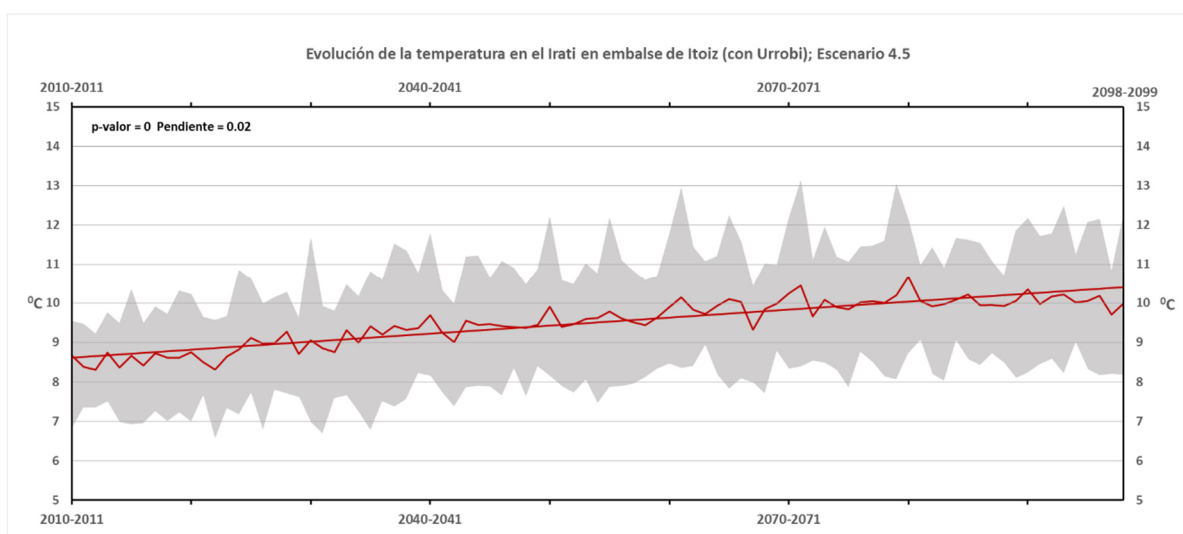


Figura 21 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la del río Irati en el embalse de Itoiz. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

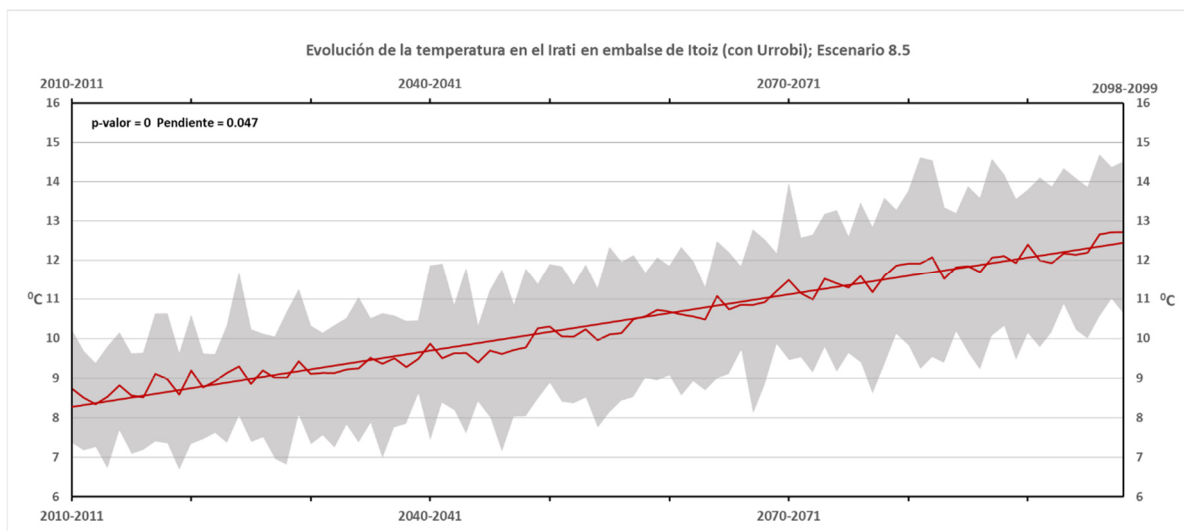


Figura 22 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la del río Irati en el embalse de Itoiz. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

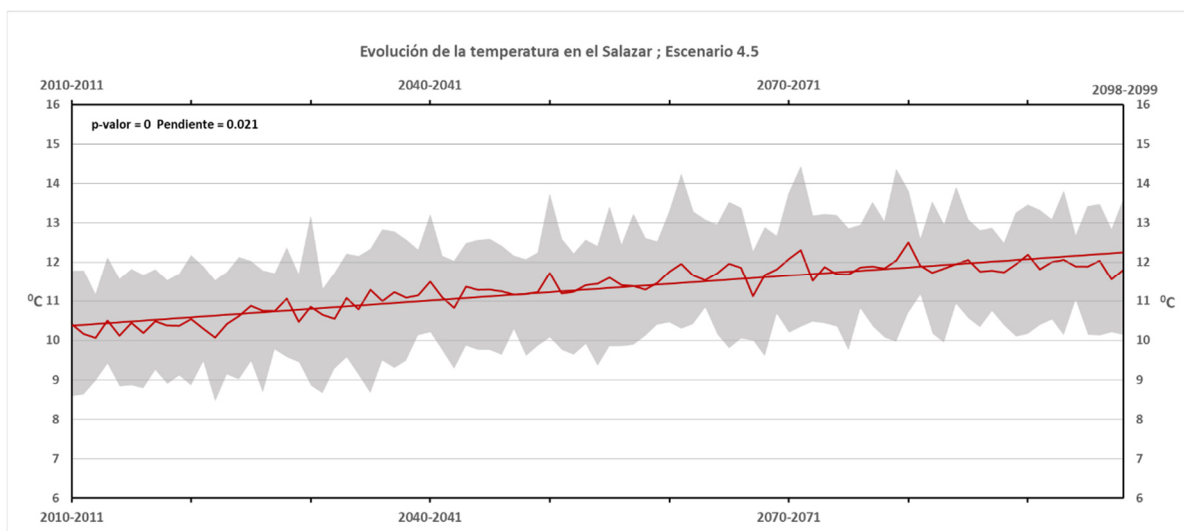


Figura 23 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 del río Salazar. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

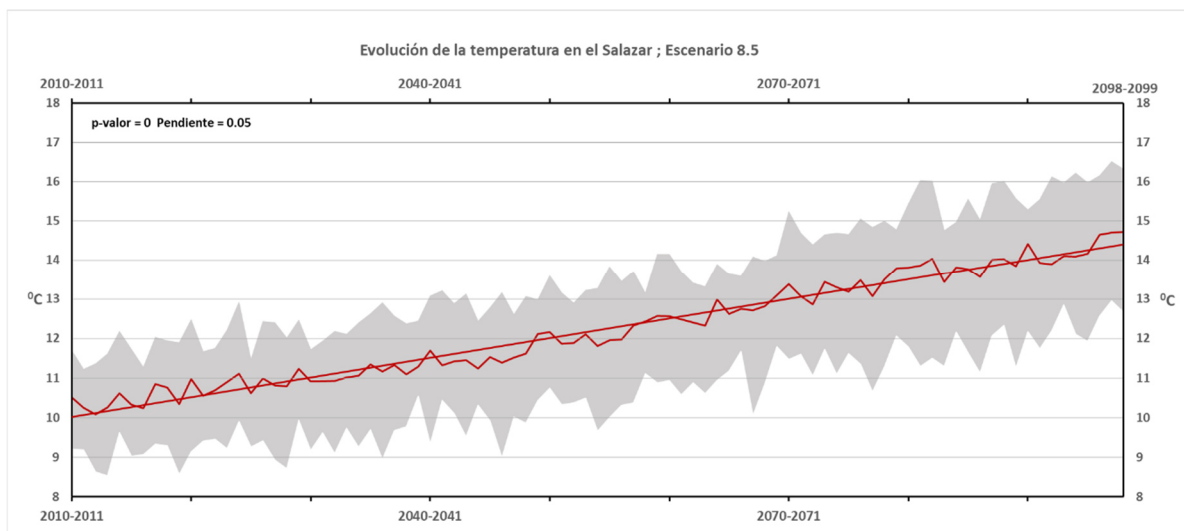


Figura 24 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca del río Salazar. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

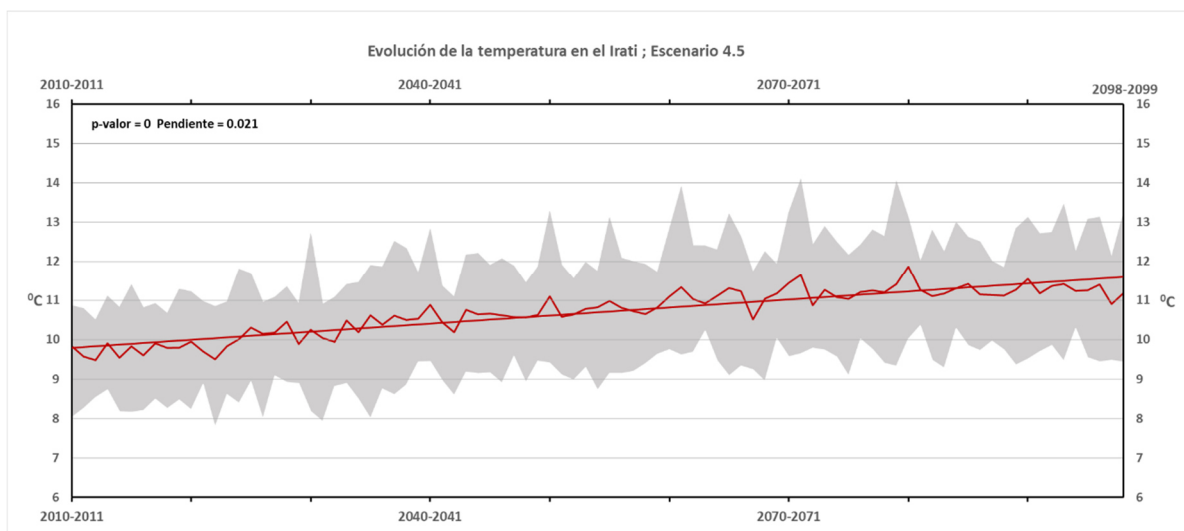


Figura 25 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Irati. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

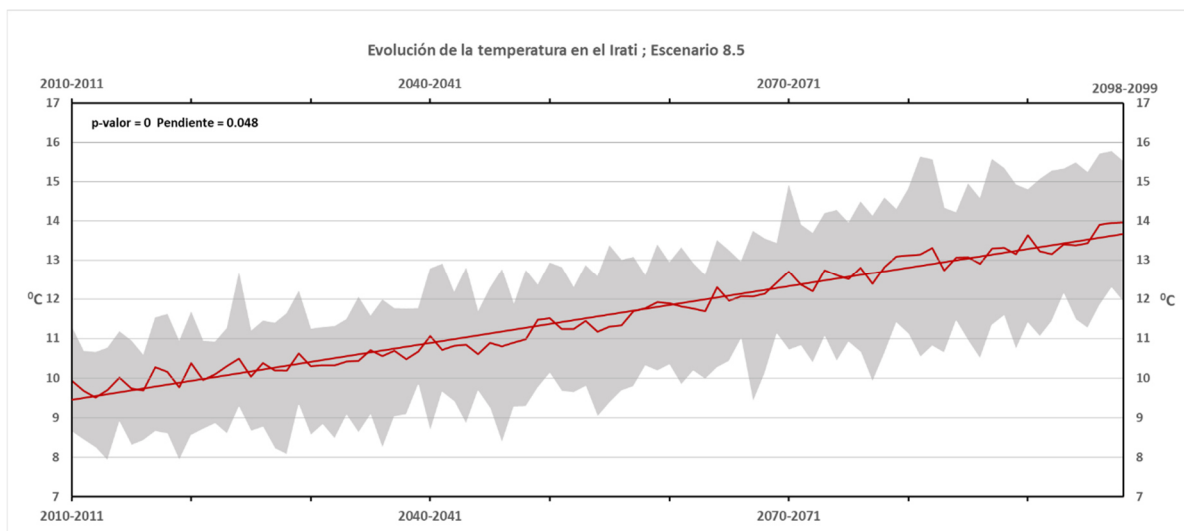


Figura 26 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Irati. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

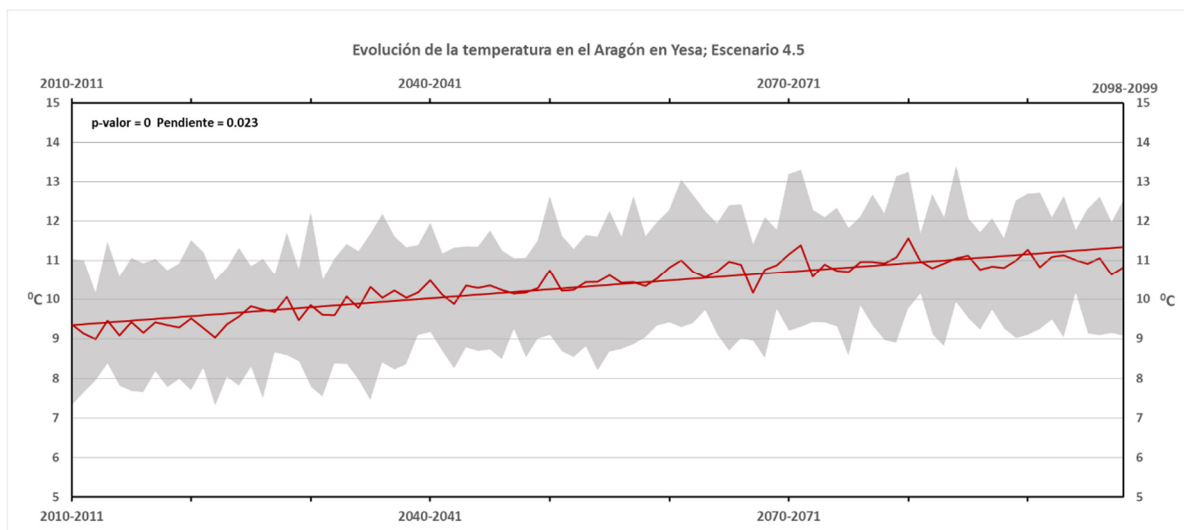


Figura 27 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca del río Aragón en Yesa. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

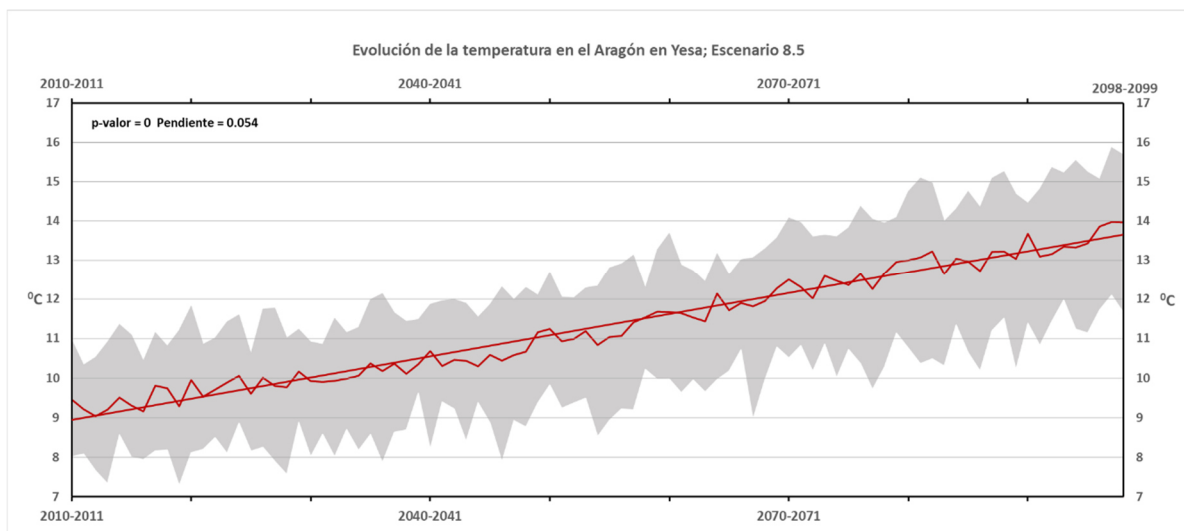


Figura 28 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca del río Aragón en Yesa. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

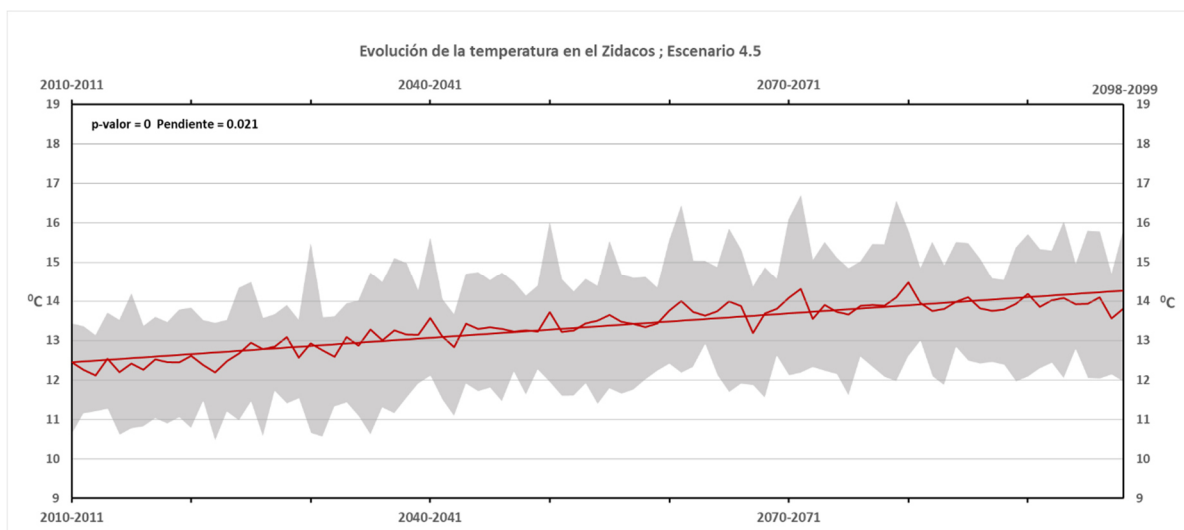


Figura 29 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca del río Zidacos. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

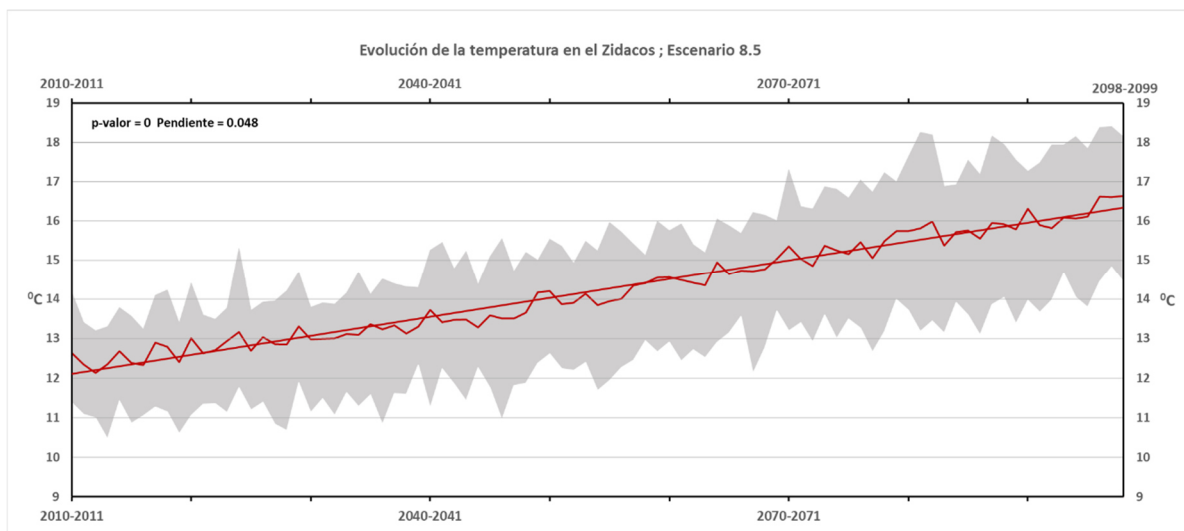


Figura 30 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Zidacos. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

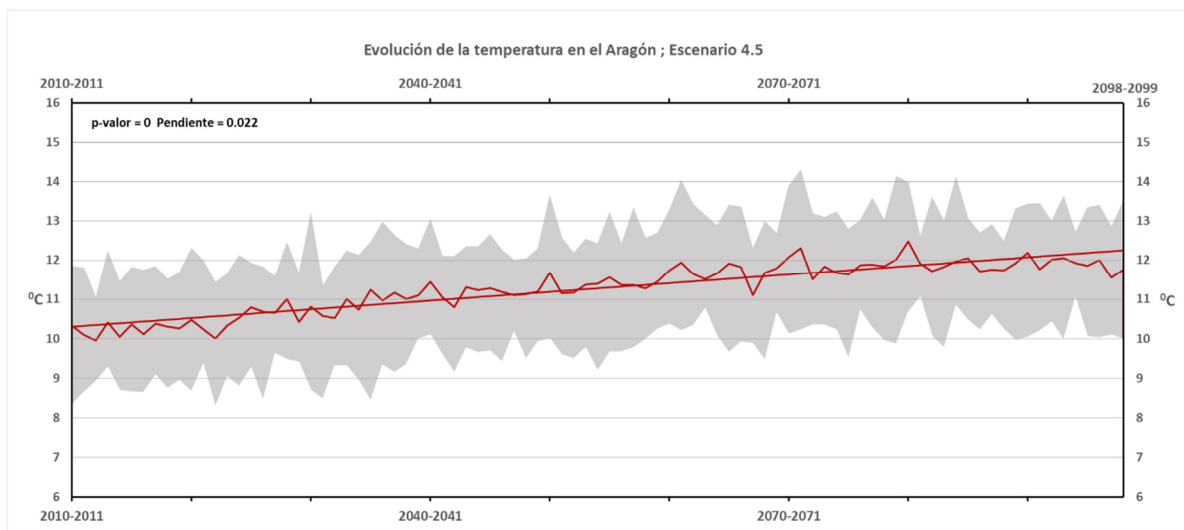


Figura 31 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Aragón. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

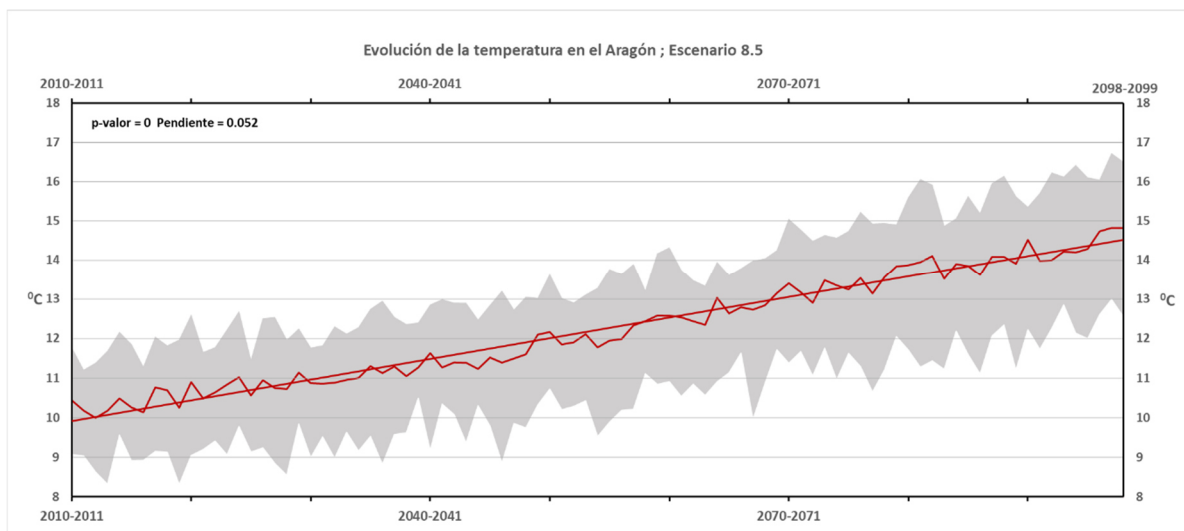


Figura 32 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Aragón. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

#### 4.1.1.4 Río Alhama

La tendencia obtenida del río Alhama es similar al resto de cuencas estudiadas, 0,21 °C/decenio en el escenario 4.5 y 0,48 °C/decenio en el escenario 8.5.

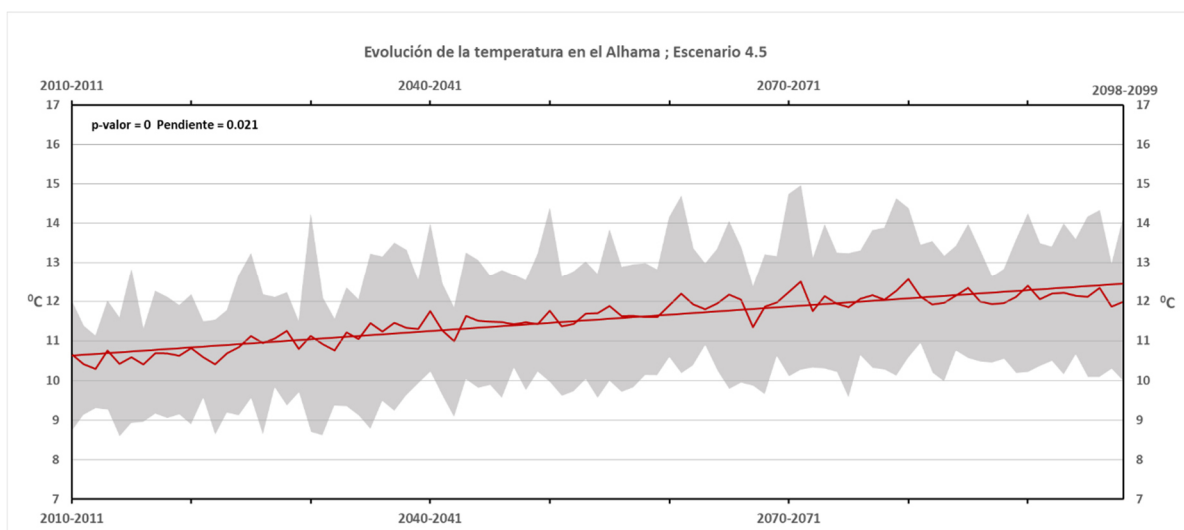


Figura 33 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Alhama. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.



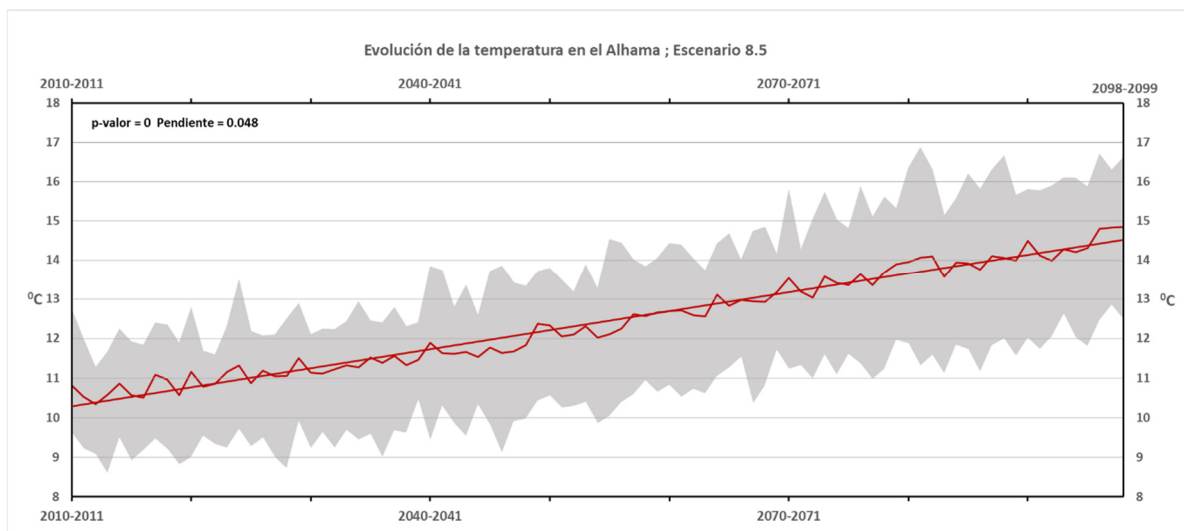


Figura 34 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Alhama. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

#### 4.1.1.5 Río Queiles

Para el conjunto del río Queiles se aprecia una tendencia muy similar al del resto de cuencas analizadas, con una pendiente de 0,21 °C/decenio y 0,48 °C/decenio en los dos escenarios estudiados.

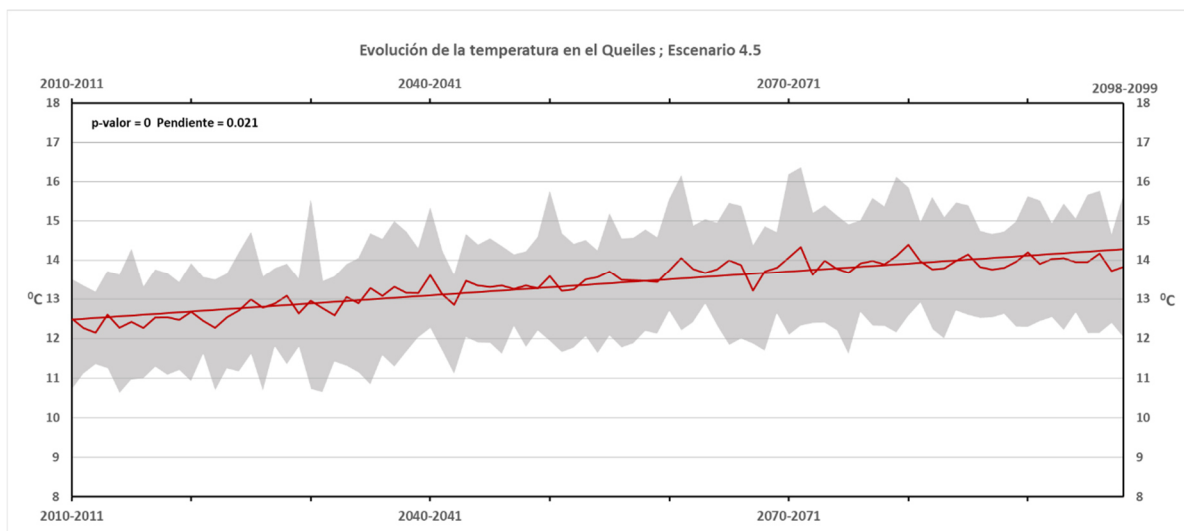


Figura 35 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Queiles. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

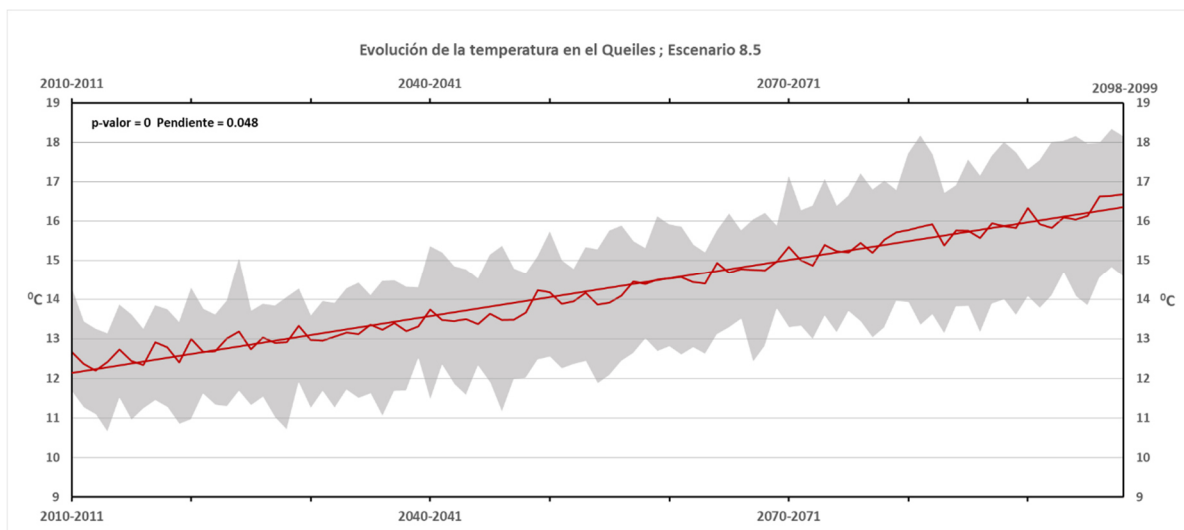


Figura 36 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Queiles. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

#### 4.1.1.6 Río Linares

En la cuenca del río Linares se vuelve a observar la misma tendencia del resto de las cuencas estudiadas en la vertiente mediterránea, obteniendo una pendiente de 0,2 °C/decenio y 0,47 °C/decenio en los escenarios 4.5 y 8.5 respectivamente.

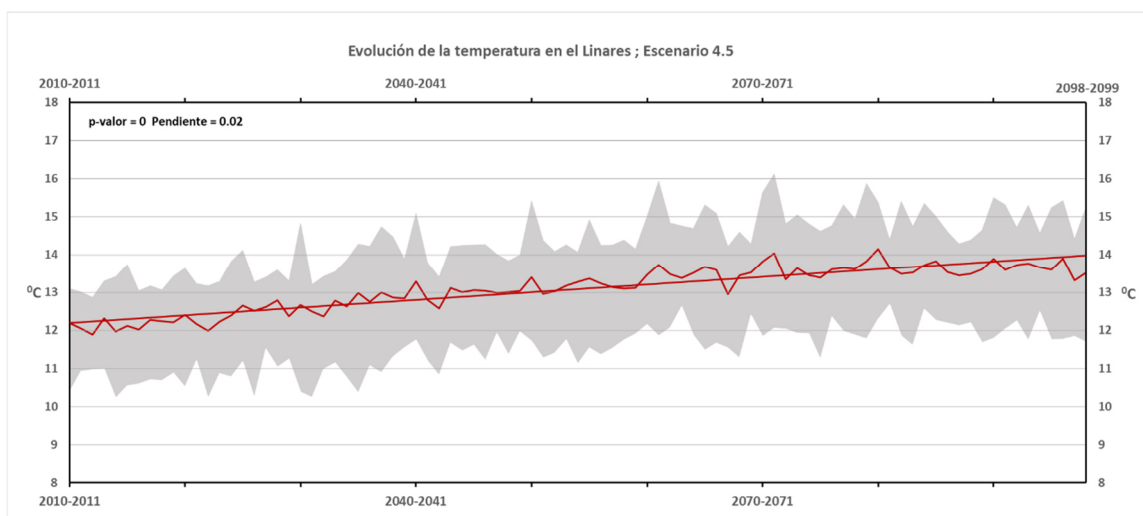


Figura 37 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Linares. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

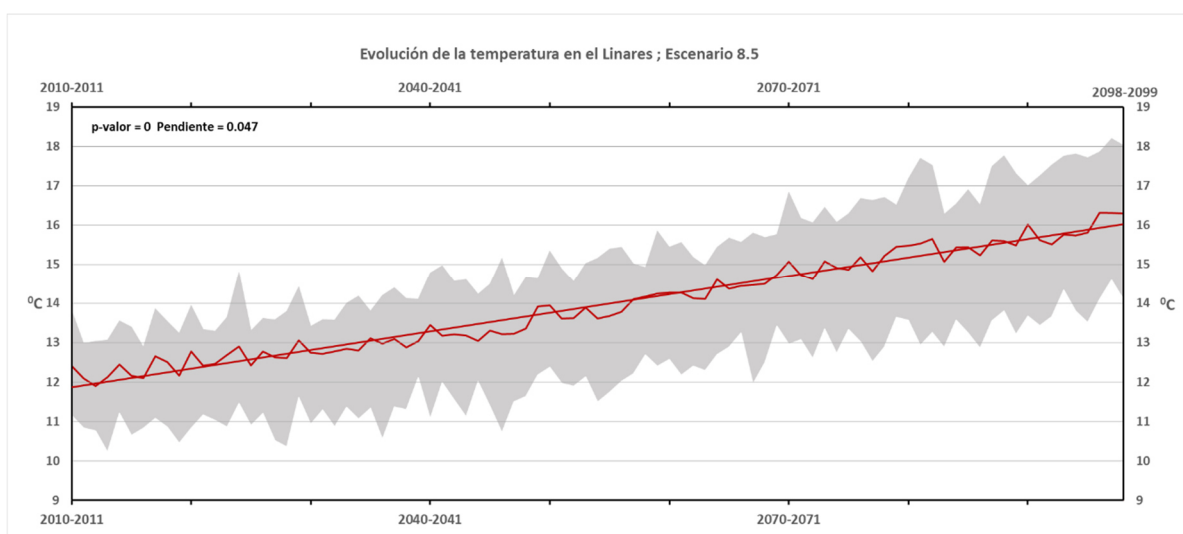


Figura 38 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Linares. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

#### 4.1.2 Vertiente cantábrica

A continuación, se muestra la tendencia en las cuencas de mayor interés de la vertiente cantábrica de la comunidad de Navarra. Se analiza la pendiente de la tendencia obtenida a partir del resultado obtenido de la media de los 9 modelos de cambio climático seleccionados.

##### 4.1.2.1 *Río Bidasoa*

La tendencia para la evolución de la temperatura media para el *ensemble* de los modelos es de 0,18 °C/decenio en el escenario RCP 4.5 y 0,43 °C/decenio para el escenario 8,5. Esto muestra que la tendencia al calentamiento que muestra la proyección climática de los modelos en esta vertiente de la comunidad de Navarra es algo menos acusada que en la vertiente mediterránea.

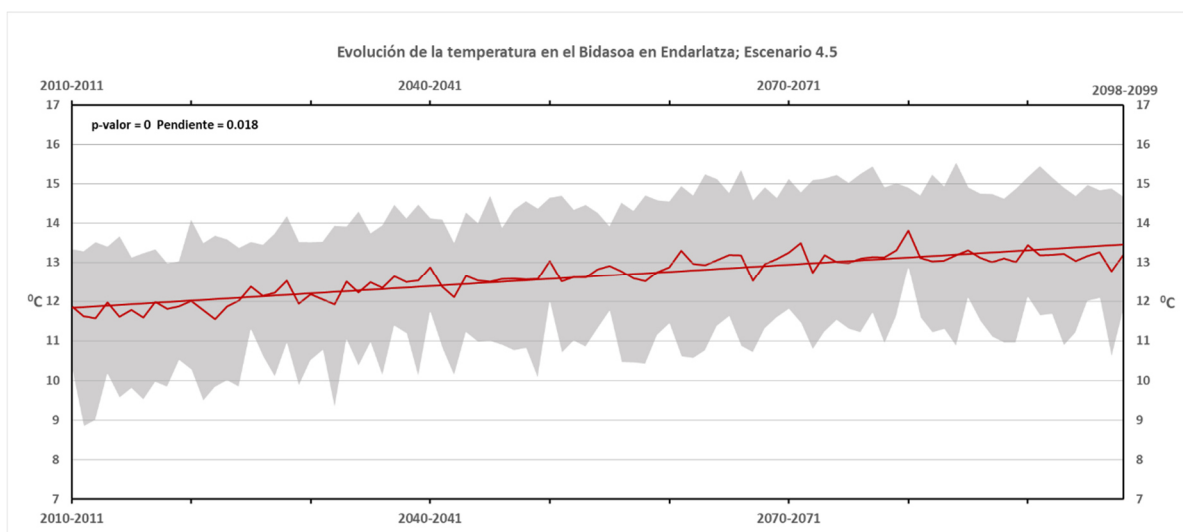


Figura 39 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando la cuenca completa del río Bidasoa. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

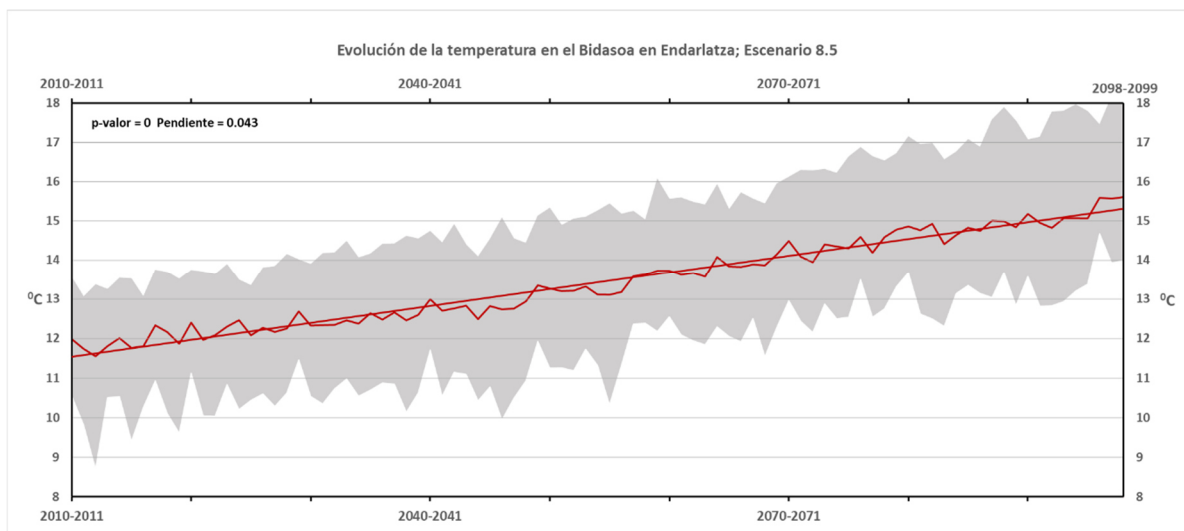


Figura 40 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca completa del río Bidasoa La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

#### 4.1.2.2 Río Urumea

El valor obtenido para la pendiente de la tendencia de la temperatura en esta cuenca es idéntico al del río Bidasoa, 0,18 °C/decenio y 0,43 °C/decenio en los dos escenarios estudiados, mostrando la gran homogeneidad que presenta el comportamiento de los modelos en esta vertiente.

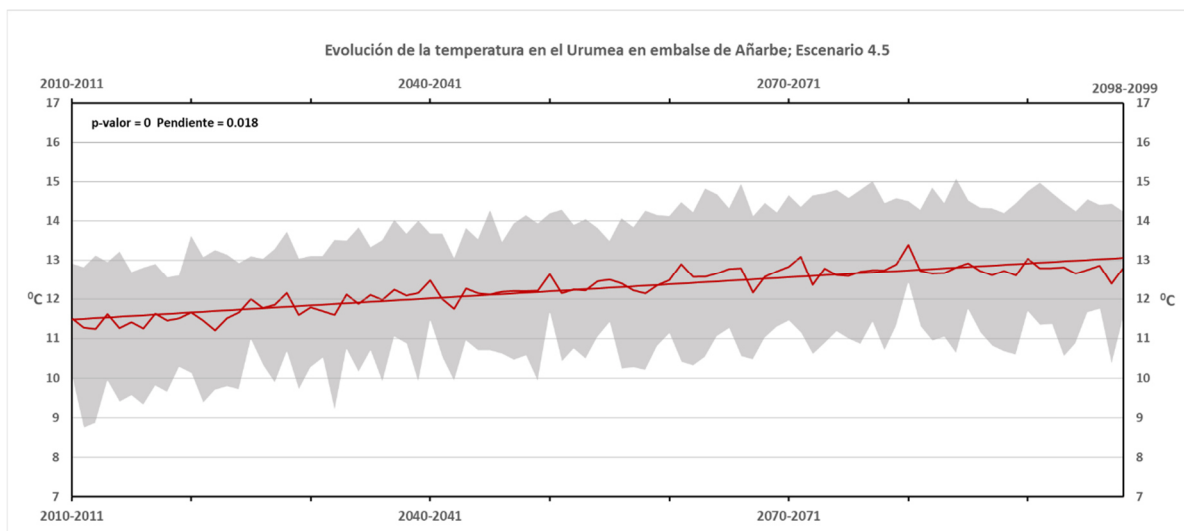


Figura 41 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 4.5 considerando el río Añarbe en el embalse de Añarbe. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

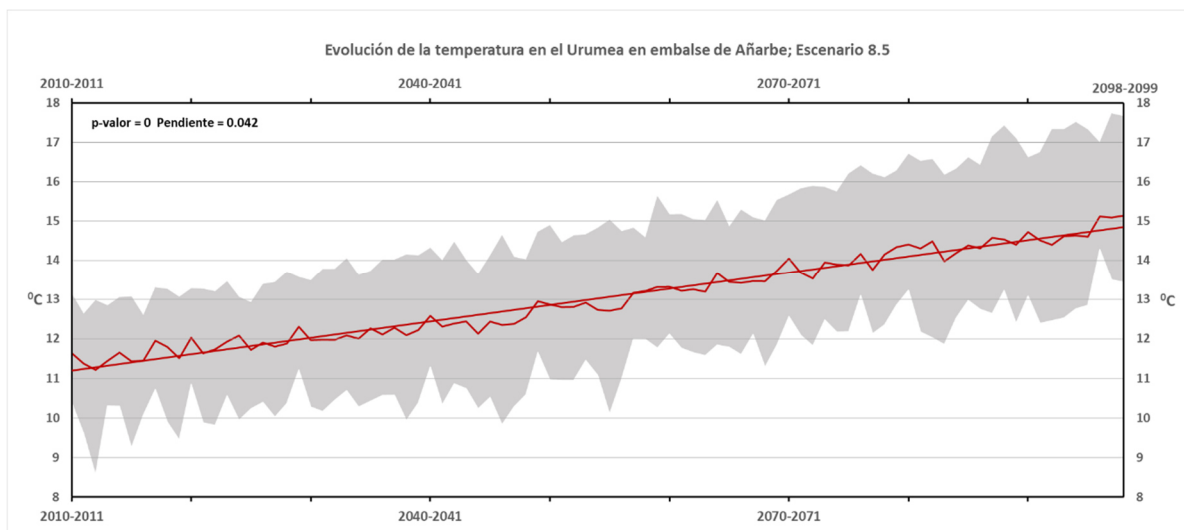


Figura 42 Evolución de la temperatura media mensual para el RCP 8.5 considerando la cuenca el río Añarbe en el embalse de Añarbe. La línea de evolución muestra la media de temperatura de los nueve modelos.

#### 4.1.3 Estudio de las anomalías de temperatura

A continuación, se presenta en las tablas siguientes el resultado del análisis de la variación de la temperatura para los periodos de impacto 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100 respecto al periodo de control 1970-2000. En base a la comparación se pueden analizar las anomalías climáticas que respecto a la temperatura se producen en estos periodos.

En la

tabla 3 se muestra el resultado de las anomalías para el conjunto de modelos seleccionados en las cuencas de mayor interés de la comunidad de Navarra.

En el **escenario RCP 4.5**, tal y como se apreciaba en los gráficos de tendencia del apartado anterior, se observa como existe un mayor calentamiento en **vertiente mediterránea** donde se obtiene un valor de **2,2 °C** para la media del conjunto de modelos en el **periodo 2070-2100**, y **2 °C** en la **vertiente cantábrica** en este mismo periodo. Esta diferencia entre las dos vertientes se reproduce en el resto de los periodos de impacto estudiados.

Estudiando las cuencas con mayor detalle, destaca, nuevamente, **la cuenca del río Aragón** en la vertiente mediterránea, donde las anomalías de temperatura obtenidas en los dos primeros periodos de impacto muestran valores ligeramente superiores que, en el resto de las cuencas, hecho que se acentúa conforme avanza el siglo XXI, alcanzando un valor de 2,4 °C para la media en el periodo 2070-2100. En la vertiente cantábrica, las dos cuencas analizadas muestran unos valores muy homogéneos.

**Cabe destacar la gran dispersión de valores que ofrecen los diferentes modelos seleccionados, mostrando de esta forma la gran incertidumbre asociada a la determinación de la evolución de las proyecciones climáticas. Por poner un ejemplo que se aprecia en la**

tabla 3, para la vertiente mediterránea en el periodo de impacto 1970-2100 se muestra un valor de 2,2 °C para el valor medio y un valor máximo de 3,1 °C y un mínimo de 1,4 °C. Una incertidumbre cercana  $\pm 1$  °C.

El **escenario RCP 8.5** se muestra en la tabla 4. Para este escenario se vuelve a apreciar la diferencia existente entre la zona vertiente cantábrica y la zona vertiente mediterránea. En la primera, para el periodo de impacto **1970-2100**, se obtiene una anomalía de temperatura **de 3,6 °C**, en la vertiente mediterránea esta anomalía alcanza un valor **de 4,1 °C**, una diferencia de 0,6 °C que es bastante significativa.

**De la misma forma que sucede en el escenario 4.5, destaca la del río Aragón como aquella en la que se produce una mayor anomalía de temperatura, que nuevamente es más acentuada en el**

periodo 2070-2100, donde llega a alcanzar los 4,4 °C. En la

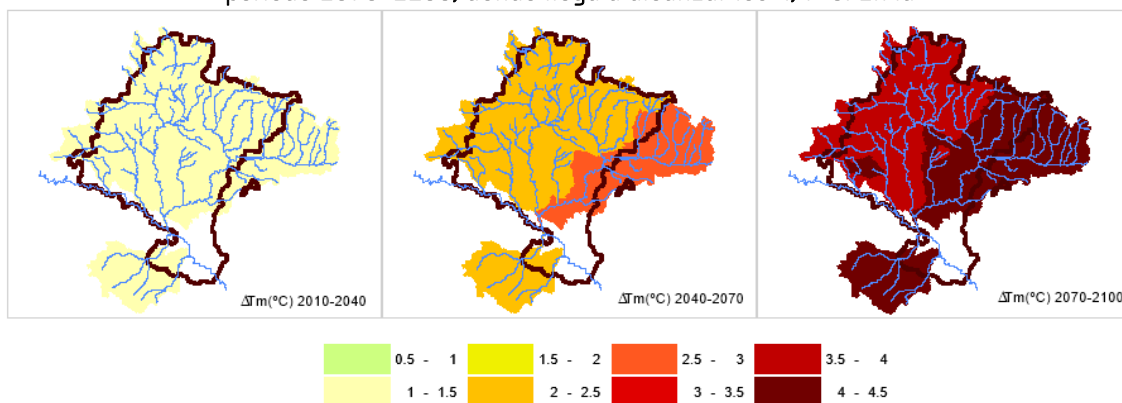


figura 44 se muestra la distribución espacial de las anomalías de temperatura para los tres periodos de impacto calculado, apreciándose, nuevamente como se obtiene una mayor anomalía en la zona del río Aragón.

Nuevamente la incertidumbre asociada a la proyección climática es muy elevada, tal y como queda reflejado en el rango de temperatura obtenido entre el valor máximo y mínimo del conjunto de modelos seleccionados.

**Tabla 3 Anomalías de temperatura para el escenario 4.5 para el conjunto de modelos seleccionados, y los valores resultados del máximo, mínimo y media.**

| Punto | Descripción            | Período   | • Temperatura [°C] para el RCP 4.5 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |
|-------|------------------------|-----------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
|       |                        |           | P01                                | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | C01 | C02 | C03 | Min. | Med. | Max. |
| IX    | Vertiente cantábrica   | 2010-2040 | 0.9                                | 0.6 | 0.3 | 1.3 | 1.0 | 0.5 | 1.3 | 1.1 | 1.2 | 0.3  | 0.9  | 1.3  |
|       |                        | 2040-2070 | 1.5                                | 1.1 | 0.6 | 2.3 | 1.6 | 1.1 | 2.2 | 1.8 | 2.2 | 0.6  | 1.6  | 2.3  |
|       |                        | 2070-2100 | 1.7                                | 1.4 | 1.1 | 2.8 | 1.9 | 1.5 | 2.8 | 2.2 | 2.7 | 1.1  | 2.0  | 2.8  |
| X     | Vertiente mediterránea | 2010-2040 | 1.0                                | 0.6 | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 0.3  | 1.0  | 1.4  |
|       |                        | 2040-2070 | 1.7                                | 1.2 | 0.8 | 2.5 | 1.7 | 1.2 | 2.4 | 2.2 | 2.4 | 0.8  | 1.8  | 2.5  |
|       |                        | 2070-2100 | 1.8                                | 1.6 | 1.4 | 3.1 | 2.1 | 1.6 | 3.1 | 2.7 | 2.9 | 1.4  | 2.2  | 3.1  |
| 3100Q | Ega en Murieta         | 2010-2040 | 1.0                                | 0.6 | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.3  | 1.0  | 1.4  |
|       |                        | 2040-2070 | 1.7                                | 1.2 | 0.8 | 2.5 | 1.7 | 1.2 | 2.3 | 2.0 | 2.4 | 0.8  | 1.8  | 2.5  |
|       |                        | 2070-2100 | 1.8                                | 1.5 | 1.4 | 3.1 | 2.0 | 1.5 | 2.9 | 2.5 | 2.9 | 1.4  | 2.2  | 3.1  |
| 3200K | Urederra               | 2010-2040 | 1.0                                | 0.6 | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.3  | 1.0  | 1.4  |
|       |                        | 2040-2070 | 1.7                                | 1.2 | 0.8 | 2.5 | 1.7 | 1.2 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 0.8  | 1.7  | 2.5  |
|       |                        | 2070-2100 | 1.8                                | 1.5 | 1.4 | 3.1 | 2.0 | 1.5 | 2.9 | 2.5 | 2.8 | 1.4  | 2.2  | 3.1  |



| Punto | Descripción                            | Período   | • Temperatura [°C] para el RCP 4.5 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |
|-------|----------------------------------------|-----------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
|       |                                        |           | P01                                | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | C01 | C02 | C03 | Min. | Med. | Max. |
| 3300D | Ega                                    | 2010-2040 | 1.0                                | 0.6 | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 1.4 | 1.3 | 1.4 | 0.3  | 1.0  | 1.4  |
|       |                                        | 2040-2070 | 1.7                                | 1.2 | 0.8 | 2.5 | 1.7 | 1.2 | 2.4 | 2.1 | 2.4 | 0.8  | 1.8  | 2.5  |
|       |                                        | 2070-2100 | 1.8                                | 1.5 | 1.4 | 3.0 | 2.1 | 1.5 | 3.0 | 2.6 | 2.9 | 1.4  | 2.2  | 3.0  |
| 4100H | Arga en Eugui                          | 2010-2040 | 0.9                                | 0.6 | 0.3 | 1.3 | 1.0 | 0.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 0.3  | 0.9  | 1.3  |
|       |                                        | 2040-2070 | 1.6                                | 1.1 | 0.7 | 2.3 | 1.6 | 1.1 | 2.3 | 1.9 | 2.2 | 0.7  | 1.7  | 2.3  |
|       |                                        | 2070-2100 | 1.7                                | 1.4 | 1.2 | 2.8 | 1.9 | 1.5 | 2.9 | 2.4 | 2.7 | 1.2  | 2.1  | 2.9  |
| 4200C | Ultzama                                | 2010-2040 | 0.9                                | 0.6 | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 0.3  | 0.9  | 1.4  |
|       |                                        | 2040-2070 | 1.6                                | 1.1 | 0.7 | 2.4 | 1.7 | 1.2 | 2.3 | 1.9 | 2.3 | 0.7  | 1.7  | 2.4  |
|       |                                        | 2070-2100 | 1.7                                | 1.4 | 1.2 | 2.9 | 2.0 | 1.5 | 2.9 | 2.4 | 2.7 | 1.2  | 2.1  | 2.9  |
| 4300C | Araquil en Aslain                      | 2010-2040 | 1.0                                | 0.6 | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 0.3  | 0.9  | 1.4  |
|       |                                        | 2040-2070 | 1.7                                | 1.2 | 0.7 | 2.4 | 1.7 | 1.2 | 2.3 | 1.9 | 2.3 | 0.7  | 1.7  | 2.4  |
|       |                                        | 2070-2100 | 1.8                                | 1.5 | 1.3 | 3.0 | 2.0 | 1.5 | 2.9 | 2.4 | 2.8 | 1.3  | 2.1  | 3.0  |
| 4500C | Salado                                 | 2010-2040 | 1.0                                | 0.6 | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.3  | 1.0  | 1.4  |
|       |                                        | 2040-2070 | 1.7                                | 1.2 | 0.7 | 2.4 | 1.7 | 1.2 | 2.3 | 2.0 | 2.3 | 0.7  | 1.7  | 2.4  |
|       |                                        | 2070-2100 | 1.8                                | 1.5 | 1.3 | 3.0 | 2.0 | 1.5 | 2.9 | 2.5 | 2.8 | 1.3  | 2.2  | 3.0  |
| 4600C | Arga                                   | 2010-2040 | 1.0                                | 0.6 | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 0.3  | 1.0  | 1.4  |
|       |                                        | 2040-2070 | 1.7                                | 1.2 | 0.7 | 2.4 | 1.7 | 1.2 | 2.4 | 2.1 | 2.4 | 0.7  | 1.8  | 2.4  |
|       |                                        | 2070-2100 | 1.8                                | 1.5 | 1.3 | 3.0 | 2.0 | 1.5 | 3.0 | 2.6 | 2.9 | 1.3  | 2.2  | 3.0  |
| 5300K | Irati en embalse de Itoiz [con Urrobi] | 2010-2040 | 1.0                                | 0.6 | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 0.3  | 0.9  | 1.4  |
|       |                                        | 2040-2070 | 1.7                                | 1.2 | 0.8 | 2.4 | 1.7 | 1.2 | 2.4 | 2.1 | 2.2 | 0.8  | 1.7  | 2.4  |
|       |                                        | 2070-2100 | 1.8                                | 1.5 | 1.3 | 3.0 | 2.0 | 1.5 | 3.0 | 2.6 | 2.8 | 1.3  | 2.2  | 3.0  |
| 5200K | Salazar                                | 2010-2040 | 1.0                                | 0.6 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 0.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 0.4  | 1.0  | 1.5  |
|       |                                        | 2040-2070 | 1.8                                | 1.2 | 0.8 | 2.5 | 1.8 | 1.2 | 2.5 | 2.2 | 2.3 | 0.8  | 1.8  | 2.5  |
|       |                                        | 2070-2100 | 1.9                                | 1.6 | 1.5 | 3.1 | 2.2 | 1.5 | 3.1 | 2.8 | 2.9 | 1.5  | 2.3  | 3.1  |
| 5300M | Irati                                  | 2010-2040 | 1.0                                | 0.6 | 0.3 | 1.4 | 1.1 | 0.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 0.3  | 1.0  | 1.4  |
|       |                                        | 2040-2070 | 1.7                                | 1.2 | 0.8 | 2.4 | 1.7 | 1.2 | 2.4 | 2.1 | 2.3 | 0.8  | 1.8  | 2.4  |
|       |                                        | 2070-2100 | 1.8                                | 1.5 | 1.4 | 3.0 | 2.1 | 1.5 | 3.1 | 2.6 | 2.8 | 1.4  | 2.2  | 3.1  |
| 5000B | Aragón en Yesa                         | 2010-2040 | 1.0                                | 0.7 | 0.4 | 1.6 | 1.2 | 0.4 | 1.4 | 1.5 | 1.2 | 0.4  | 1.0  | 1.6  |
|       |                                        | 2040-2070 | 1.9                                | 1.4 | 1.0 | 2.7 | 2.0 | 1.3 | 2.5 | 2.3 | 2.3 | 1.0  | 1.9  | 2.7  |
|       |                                        | 2070-2100 | 2.0                                | 1.8 | 1.6 | 3.3 | 2.4 | 1.6 | 3.2 | 2.9 | 2.9 | 1.6  | 2.4  | 3.3  |
| 5400E | Zidacos                                | 2010-2040 | 1.0                                | 0.6 | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 0.3  | 1.0  | 1.4  |
|       |                                        | 2040-2070 | 1.7                                | 1.2 | 0.8 | 2.5 | 1.7 | 1.2 | 2.4 | 2.2 | 2.5 | 0.8  | 1.8  | 2.5  |
|       |                                        | 2070-2100 | 1.8                                | 1.5 | 1.4 | 3.1 | 2.1 | 1.5 | 3.1 | 2.7 | 3.0 | 1.4  | 2.2  | 3.1  |
| 5500F | Aragón                                 | 2010-2040 | 1.0                                | 0.7 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 0.4 | 1.4 | 1.5 | 1.3 | 0.4  | 1.0  | 1.5  |

| Punto | Descripción                 | Período   | • Temperatura [°C] para el RCP 4.5 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |
|-------|-----------------------------|-----------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
|       |                             |           | P01                                | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | C01 | C02 | C03 | Min. | Med. | Max. |
|       |                             | 2040-2070 | 1.9                                | 1.3 | 0.9 | 2.6 | 1.9 | 1.3 | 2.5 | 2.3 | 2.4 | 0.9  | 1.9  | 2.6  |
|       |                             | 2070-2100 | 1.9                                | 1.7 | 1.6 | 3.3 | 2.3 | 1.6 | 3.2 | 2.9 | 3.0 | 1.6  | 2.4  | 3.3  |
| 6000A | Alhama                      | 2010-2040 | 1.0                                | 0.6 | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 0.3  | 1.0  | 1.4  |
|       |                             | 2040-2070 | 1.7                                | 1.2 | 0.8 | 2.5 | 1.7 | 1.2 | 2.4 | 2.3 | 2.4 | 0.8  | 1.8  | 2.5  |
|       |                             | 2070-2100 | 1.8                                | 1.5 | 1.4 | 3.0 | 2.0 | 1.5 | 3.1 | 2.8 | 3.0 | 1.4  | 2.2  | 3.1  |
| 7000B | Queiles                     | 2010-2040 | 1.0                                | 0.6 | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 0.3  | 1.0  | 1.5  |
|       |                             | 2040-2070 | 1.7                                | 1.2 | 0.8 | 2.5 | 1.7 | 1.2 | 2.4 | 2.3 | 2.5 | 0.8  | 1.8  | 2.5  |
|       |                             | 2070-2100 | 1.8                                | 1.5 | 1.4 | 3.1 | 2.0 | 1.6 | 3.1 | 2.7 | 3.0 | 1.4  | 2.2  | 3.1  |
| 2000A | Linares                     | 2010-2040 | 1.0                                | 0.6 | 0.3 | 1.4 | 1.0 | 0.4 | 1.4 | 1.3 | 1.4 | 0.3  | 1.0  | 1.4  |
|       |                             | 2040-2070 | 1.7                                | 1.2 | 0.8 | 2.5 | 1.7 | 1.2 | 2.3 | 2.1 | 2.4 | 0.8  | 1.8  | 2.5  |
|       |                             | 2070-2100 | 1.8                                | 1.5 | 1.4 | 3.0 | 2.1 | 1.5 | 2.9 | 2.6 | 2.9 | 1.4  | 2.2  | 3.0  |
| 9400K | Bidasoa en Enderlatza       | 2010-2040 | 0.9                                | 0.6 | 0.3 | 1.3 | 1.0 | 0.5 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 0.3  | 0.9  | 1.3  |
|       |                             | 2040-2070 | 1.5                                | 1.0 | 0.6 | 2.3 | 1.6 | 1.1 | 2.2 | 1.8 | 2.3 | 0.6  | 1.6  | 2.3  |
|       |                             | 2070-2100 | 1.7                                | 1.4 | 1.1 | 2.8 | 1.9 | 1.5 | 2.9 | 2.3 | 2.7 | 1.1  | 2.0  | 2.9  |
| 9520D | Urumea en embalse de Añarbe | 2010-2040 | 0.9                                | 0.6 | 0.3 | 1.3 | 0.9 | 0.5 | 1.2 | 1.1 | 1.2 | 0.3  | 0.9  | 1.3  |
|       |                             | 2040-2070 | 1.5                                | 1.0 | 0.6 | 2.3 | 1.6 | 1.1 | 2.1 | 1.7 | 2.2 | 0.6  | 1.6  | 2.3  |
|       |                             | 2070-2100 | 1.6                                | 1.4 | 1.1 | 2.8 | 1.9 | 1.5 | 2.7 | 2.1 | 2.6 | 1.1  | 2.0  | 2.8  |

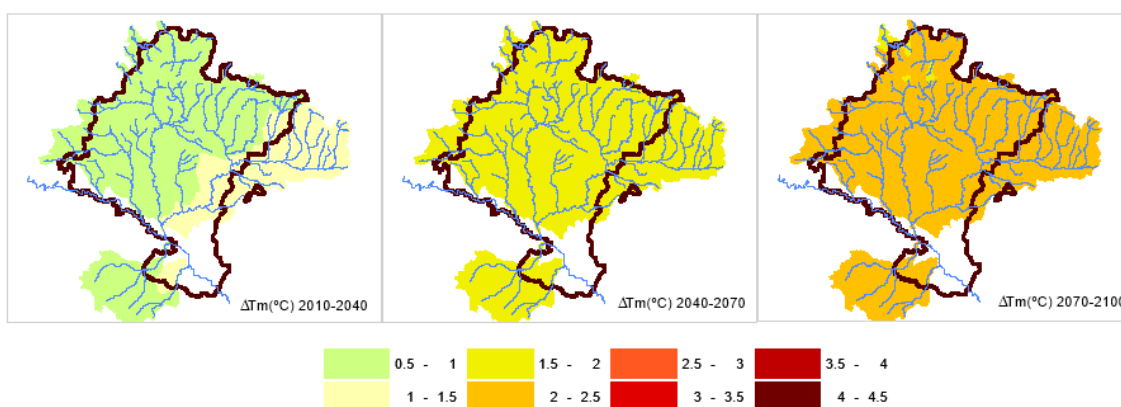


Figura 43 Distribución espacial de las anomalías de temperatura media mensual para el RCP 4.5, donde se muestran los tres periodos de impacto estudiado.

Tabla 4 Anomalías de temperatura para el escenario 8.5 para el conjunto de modelos seleccionados, y los valores resultados del máximo, mínimo y media.

| Punto | Descripción            | Período   | • Temperatura [°C] para el RCP 8.5 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |
|-------|------------------------|-----------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
|       |                        |           | P01                                | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | C01 | C02 | C03 | Min. | Med. | Max. |
| IX    | Vertiente cantábrica   | 2010-2040 | 1.2                                | 0.5 | 0.4 | 1.4 | 1.0 | 0.6 | 1.6 | 1.3 | 1.6 | 0.4  | 1.1  | 1.6  |
|       |                        | 2040-2070 | 2.1                                | 1.6 | 1.3 | 3.0 | 2.1 | 1.5 | 2.7 | 2.5 | 2.8 | 1.3  | 2.2  | 3.0  |
|       |                        | 2070-2100 | 3.5                                | 2.9 | 2.2 | 4.9 | 3.6 | 2.7 | 4.5 | 3.8 | 4.5 | 2.2  | 3.6  | 4.9  |
| X     | Vertiente mediterránea | 2010-2040 | 1.4                                | 0.6 | 0.5 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 1.6 | 1.5 | 1.7 | 0.5  | 1.2  | 1.7  |
|       |                        | 2040-2070 | 2.4                                | 1.8 | 1.6 | 3.3 | 2.4 | 1.7 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 1.6  | 2.4  | 3.3  |
|       |                        | 2070-2100 | 3.9                                | 3.2 | 2.6 | 5.4 | 4.0 | 3.0 | 5.0 | 4.6 | 5.0 | 2.6  | 4.1  | 5.4  |
| 3100Q | Ega en Murieta         | 2010-2040 | 1.3                                | 0.6 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 1.6 | 1.4 | 1.7 | 0.4  | 1.1  | 1.7  |
|       |                        | 2040-2070 | 2.3                                | 1.8 | 1.6 | 3.2 | 2.3 | 1.6 | 2.9 | 2.8 | 3.0 | 1.6  | 2.4  | 3.2  |
|       |                        | 2070-2100 | 3.8                                | 3.2 | 2.6 | 5.3 | 3.9 | 2.9 | 4.8 | 4.3 | 4.9 | 2.6  | 4.0  | 5.3  |
| 3200K | Urederra               | 2010-2040 | 1.3                                | 0.6 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 1.6 | 1.4 |     | 0.4  | 1.1  | 1.7  |
|       |                        | 2040-2070 | 2.3                                | 1.8 | 1.5 | 3.2 | 2.3 | 1.6 | 2.8 | 2.7 | 2.9 | 1.5  | 2.4  | 3.2  |
|       |                        | 2070-2100 | 3.8                                | 3.2 | 2.6 | 5.3 | 3.9 | 2.9 | 4.8 | 4.2 | 4.8 | 2.6  | 3.9  | 5.3  |
| 3300D | Ega                    | 2010-2040 | 1.4                                | 0.6 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 1.6 | 1.5 | 1.7 | 0.4  | 1.2  | 1.7  |
|       |                        | 2040-2070 | 2.3                                | 1.8 | 1.6 | 3.2 | 2.3 | 1.6 | 2.9 | 2.8 | 3.0 | 1.6  | 2.4  | 3.2  |
|       |                        | 2070-2100 | 3.9                                | 3.2 | 2.6 | 5.3 | 3.9 | 2.9 | 4.9 | 4.4 | 4.9 | 2.6  | 4.0  | 5.3  |
| 4100H | Arga en Eugui          | 2010-2040 | 1.3                                | 0.5 | 0.4 | 1.4 | 1.1 | 0.6 | 1.6 | 1.3 | 1.6 | 0.4  | 1.1  | 1.6  |
|       |                        | 2040-2070 | 2.1                                | 1.7 | 1.4 | 3.0 | 2.2 | 1.5 | 2.8 | 2.7 | 2.8 | 1.4  | 2.3  | 3.0  |
|       |                        | 2070-2100 | 3.6                                | 3.0 | 2.3 | 5.0 | 3.7 | 2.8 | 4.8 | 4.2 | 4.6 | 2.3  | 3.8  | 5.0  |
| 4200C | Ultzama                | 2010-2040 | 1.3                                | 0.5 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 0.6 | 1.6 | 1.3 | 1.6 | 0.4  | 1.1  | 1.6  |
|       |                        | 2040-2070 | 2.2                                | 1.7 | 1.4 | 3.1 | 2.2 | 1.6 | 2.8 | 2.7 | 2.8 | 1.4  | 2.3  | 3.1  |
|       |                        | 2070-2100 | 3.7                                | 3.0 | 2.4 | 5.1 | 3.7 | 2.8 | 4.7 | 4.1 | 4.6 | 2.4  | 3.8  | 5.1  |
| 4300C | Araquil en Asiain      | 2010-2040 | 1.3                                | 0.5 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 1.6 | 1.3 | 1.6 | 0.4  | 1.1  | 1.6  |
|       |                        | 2040-2070 | 2.3                                | 1.7 | 1.5 | 3.2 | 2.3 | 1.6 | 2.8 | 2.7 | 2.9 | 1.5  | 2.3  | 3.2  |
|       |                        | 2070-2100 | 3.8                                | 3.1 | 2.5 | 5.2 | 3.8 | 2.9 | 4.7 | 4.1 | 4.7 | 2.5  | 3.9  | 5.2  |
| 4500C | Salado                 | 2010-2040 | 1.3                                | 0.5 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 1.6 | 1.4 | 1.7 | 0.4  | 1.1  | 1.7  |
|       |                        | 2040-2070 | 2.3                                | 1.7 | 1.5 | 3.2 | 2.3 | 1.7 | 2.9 | 2.8 | 2.9 | 1.5  | 2.4  | 3.2  |
|       |                        | 2070-2100 | 3.8                                | 3.1 | 2.5 | 5.2 | 3.9 | 2.9 | 4.8 | 4.2 | 4.8 | 2.5  | 3.9  | 5.2  |
| 4600C | Arga                   | 2010-2040 | 1.3                                | 0.5 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 1.6 | 1.5 | 1.7 | 0.4  | 1.2  | 1.7  |
|       |                        | 2040-2070 | 2.3                                | 1.7 | 1.5 | 3.2 | 2.3 | 1.6 | 2.9 | 2.9 | 3.0 | 1.5  | 2.4  | 3.2  |
|       |                        | 2070-2100 | 3.8                                | 3.1 | 2.5 | 5.2 | 3.8 | 2.9 | 5.0 | 4.4 | 4.9 | 2.5  | 4.0  | 5.2  |
| 5300K |                        | 2010-2040 | 1.3                                | 0.5 | 0.5 | 1.5 | 1.1 | 0.6 | 1.6 | 1.4 | 1.5 | 0.5  | 1.1  | 1.6  |

| Punto | Descripción                            | Período   | • Temperatura [°C] para el RCP 8.5 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |
|-------|----------------------------------------|-----------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
|       |                                        |           | P01                                | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | C01 | C02 | C03 | Min. | Med. | Max. |
|       | Irati en embalse de Itoiz [con Urrobi] | 2040-2070 | 2.3                                | 1.7 | 1.5 | 3.1 | 2.3 | 1.6 | 2.9 | 2.9 | 2.9 | 1.5  | 2.4  | 3.1  |
|       |                                        | 2070-2100 | 3.8                                | 3.1 | 2.5 | 5.2 | 3.9 | 2.9 | 5.0 | 4.6 | 4.8 | 2.5  | 4.0  | 5.2  |
|       |                                        |           |                                    |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |
| 5200K | Salazar                                | 2010-2040 | 1.4                                | 0.6 | 0.5 | 1.5 | 1.2 | 0.7 | 1.6 | 1.5 | 1.6 | 0.5  | 1.2  | 1.6  |
|       |                                        | 2040-2070 | 2.4                                | 1.8 | 1.6 | 3.3 | 2.4 | 1.6 | 3.0 | 3.1 | 3.0 | 1.6  | 2.5  | 3.3  |
|       |                                        | 2070-2100 | 4.0                                | 3.3 | 2.7 | 5.4 | 4.1 | 3.0 | 5.2 | 4.8 | 5.0 | 2.7  | 4.2  | 5.4  |
| 5300M | Irati                                  | 2010-2040 | 1.4                                | 0.5 | 0.5 | 1.5 | 1.1 | 0.6 | 1.6 | 1.4 | 1.6 | 0.5  | 1.1  | 1.6  |
|       |                                        | 2040-2070 | 2.3                                | 1.8 | 1.5 | 3.2 | 2.3 | 1.6 | 2.9 | 3.0 | 2.9 | 1.5  | 2.4  | 3.2  |
|       |                                        | 2070-2100 | 3.9                                | 3.2 | 2.5 | 5.3 | 3.9 | 2.9 | 5.0 | 4.6 | 4.9 | 2.5  | 4.0  | 5.3  |
| 5000B | Aragón en Yesa                         | 2010-2040 | 1.5                                | 0.6 | 0.6 | 1.7 | 1.3 | 0.7 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 0.6  | 1.2  | 1.7  |
|       |                                        | 2040-2070 | 2.6                                | 2.0 | 1.8 | 3.5 | 2.7 | 1.8 | 3.1 | 3.3 | 3.1 | 1.8  | 2.6  | 3.5  |
|       |                                        | 2070-2100 | 4.3                                | 3.6 | 3.0 | 5.9 | 4.5 | 3.2 | 5.3 | 5.1 | 5.2 | 3.0  | 4.4  | 5.9  |
| 5400E | Zidacos                                | 2010-2040 | 1.4                                | 0.5 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 1.6 | 1.5 | 1.7 | 0.4  | 1.2  | 1.7  |
|       |                                        | 2040-2070 | 2.3                                | 1.8 | 1.5 | 3.2 | 2.4 | 1.7 | 3.0 | 3.0 | 3.1 | 1.5  | 2.4  | 3.2  |
|       |                                        | 2070-2100 | 3.9                                | 3.2 | 2.6 | 5.3 | 3.9 | 3.0 | 5.1 | 4.6 | 5.1 | 2.6  | 4.1  | 5.3  |
| 5500F | Aragón                                 | 2010-2040 | 1.5                                | 0.6 | 0.5 | 1.6 | 1.2 | 0.7 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 0.5  | 1.2  | 1.6  |
|       |                                        | 2040-2070 | 2.5                                | 1.9 | 1.7 | 3.5 | 2.6 | 1.7 | 3.1 | 3.2 | 3.1 | 1.7  | 2.6  | 3.5  |
|       |                                        | 2070-2100 | 4.2                                | 3.5 | 2.9 | 5.7 | 4.4 | 3.1 | 5.2 | 5.0 | 5.2 | 2.9  | 4.4  | 5.7  |
| 6000A | Alhama                                 | 2010-2040 | 1.3                                | 0.6 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 0.4  | 1.2  | 1.7  |
|       |                                        | 2040-2070 | 2.3                                | 1.8 | 1.5 | 3.2 | 2.3 | 1.7 | 3.0 | 3.1 | 3.1 | 1.5  | 2.4  | 3.2  |
|       |                                        | 2070-2100 | 3.8                                | 3.1 | 2.6 | 5.3 | 3.9 | 2.9 | 5.1 | 4.8 | 5.1 | 2.6  | 4.1  | 5.3  |
| 7000B | Queiles                                | 2010-2040 | 1.3                                | 0.6 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 1.7 | 1.6 | 1.8 | 0.4  | 1.2  | 1.8  |
|       |                                        | 2040-2070 | 2.3                                | 1.7 | 1.5 | 3.2 | 2.3 | 1.7 | 3.0 | 3.0 | 3.1 | 1.5  | 2.4  | 3.2  |
|       |                                        | 2070-2100 | 3.8                                | 3.1 | 2.6 | 5.3 | 3.9 | 2.9 | 5.0 | 4.7 | 5.1 | 2.6  | 4.1  | 5.3  |
| 2000A | Linares                                | 2010-2040 | 1.4                                | 0.6 | 0.4 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 1.6 | 1.5 | 1.7 | 0.4  | 1.2  | 1.7  |
|       |                                        | 2040-2070 | 2.3                                | 1.8 | 1.6 | 3.2 | 2.3 | 1.6 | 2.9 | 2.8 | 3.1 | 1.6  | 2.4  | 3.2  |
|       |                                        | 2070-2100 | 3.9                                | 3.2 | 2.6 | 5.3 | 3.9 | 2.9 | 4.9 | 4.4 | 5.0 | 2.6  | 4.0  | 5.3  |
| 9400K | Bidasoa en Enderlatza                  | 2010-2040 | 1.2                                | 0.5 | 0.4 | 1.4 | 1.0 | 0.6 | 1.6 | 1.3 | 1.6 | 0.4  | 1.1  | 1.6  |
|       |                                        | 2040-2070 | 2.0                                | 1.6 | 1.3 | 3.0 | 2.1 | 1.5 | 2.8 | 2.5 | 2.8 | 1.3  | 2.2  | 3.0  |
|       |                                        | 2070-2100 | 3.4                                | 2.9 | 2.2 | 4.9 | 3.6 | 2.7 | 4.6 | 3.9 | 4.6 | 2.2  | 3.6  | 4.9  |
| 9520D | Urumea en embalse de Añarbe            | 2010-2040 | 1.2                                | 0.5 | 0.4 | 1.4 | 1.0 | 0.6 | 1.5 | 1.2 | 1.6 | 0.4  | 1.0  | 1.6  |
|       |                                        | 2040-2070 | 2.0                                | 1.6 | 1.3 | 3.0 | 2.1 | 1.5 | 2.6 | 2.3 | 2.7 | 1.3  | 2.1  | 3.0  |
|       |                                        | 2070-2100 | 3.4                                | 2.9 | 2.2 | 4.9 | 3.5 | 2.7 | 4.3 | 3.6 | 4.3 | 2.2  | 3.5  | 4.9  |



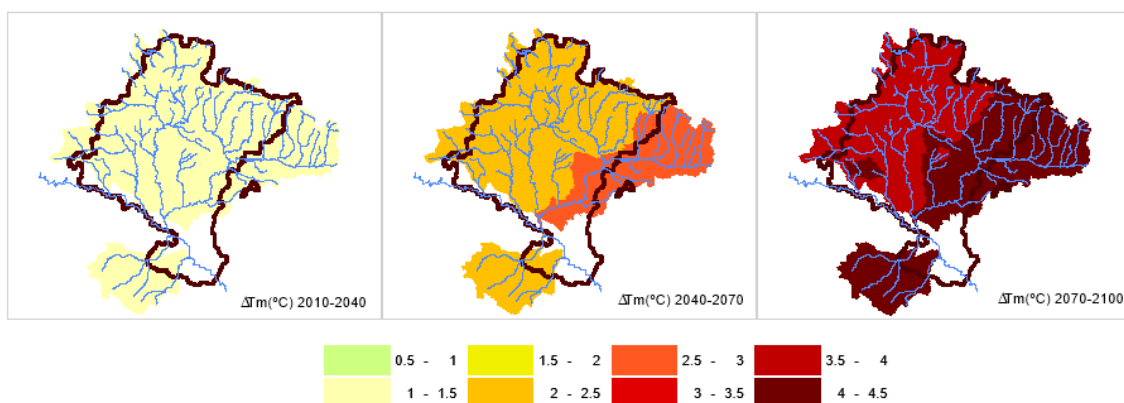


Figura 44 Distribución espacial de las anomalías de temperatura media mensual para el RCP 8.5, donde se muestran los tres periodos de impacto estudiado.

## 4.2 Precipitación

De la misma forma que se ha realizado el análisis de la tendencia de la temperatura se ha procedido a realizar este análisis para la precipitación, calculando en este caso **la tendencia de la anomalía** anual respecto al periodo de control 1970-1999. Se realiza un primer análisis de la tendencia en el periodo proyectado, seguido del estudio de las anomalías de precipitación en **los tres periodos de impacto seleccionados**.

Las tendencias y las pendientes obtenidas se refieren a la unión o *Ensemble* de los 9 modelos representados por la media de cada uno de ellos.

### 4.2.1 Tendencia de la precipitación en el periodo proyectado

En el periodo proyectado se aprecia una tendencia negativa en la **evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control**. En el escenario RCP 4.5, en la vertiente cantábrica de la comunidad de Navarra se aprecia mayor pendiente negativa que en la vertiente mediterránea, **-0,99 %/decenio en la vertiente cantábrica**, por **-0,86%/decenio en la vertiente mediterránea**.

En el escenario **RCP 8.5** las pendientes se agudizan, mostrando nuevamente una ligera diferencia entre ambas vertientes de la comunidad de Navarra, **-2,1%/decenio en la vertiente cantábrica** y **-2,05%/decenio en la vertiente mediterránea**.

Cabe destacar nuevamente, tal y como se observaba en el caso de la temperatura, la gran dispersión de datos que se obtienen de la aplicación de los diferentes modelos. Esta gran incertidumbre se aprecia tanto en los datos obtenidos para el conjunto de las regiones de Navarra como en las diferentes subcuencas analizadas para cada una de las vertientes, tal y como se explica a continuación.

Se realiza el test de Mann-Kendall para conocer la bondad estadística de la pendiente de la tendencia obtenida. Tal y como se puede observar en todos los casos la pendiente obtenida del *Ensemble* de los modelos presenta una elevada significancia estadística. Este hecho contrasta cuando se analizan datos reales tal y como se realizó en la primera parte de este estudio, donde rara vez la variable de la precipitación presentaba una tendencia bien definida.

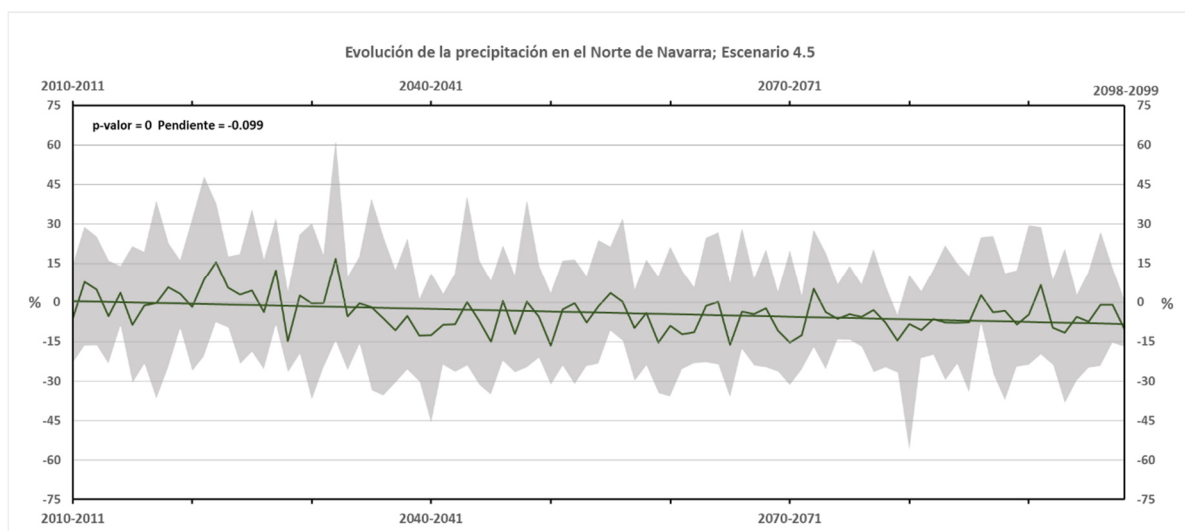


Figura 45 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 considerando vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.

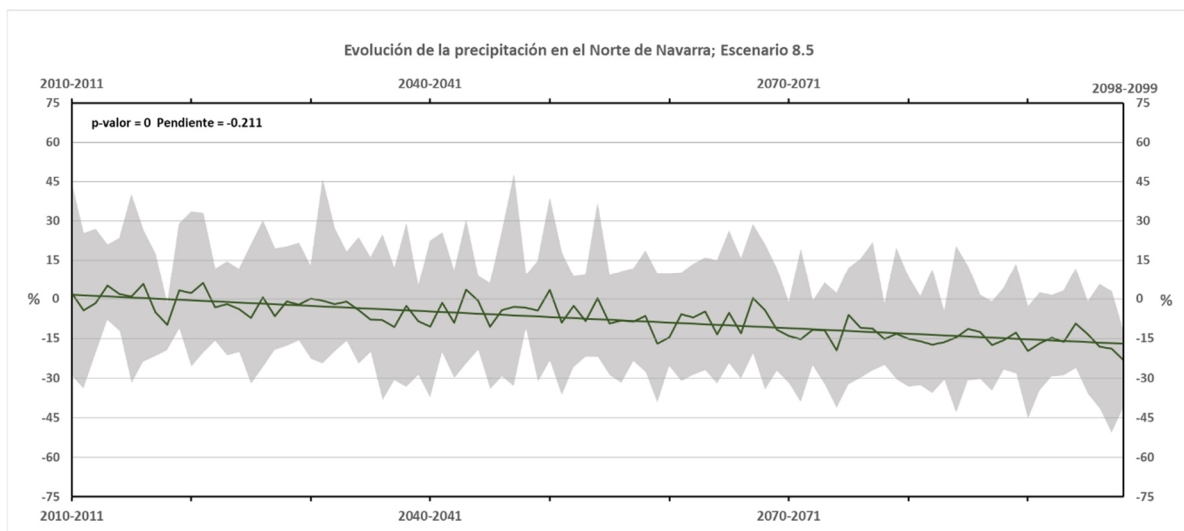


Figura 46 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 considerando la vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.

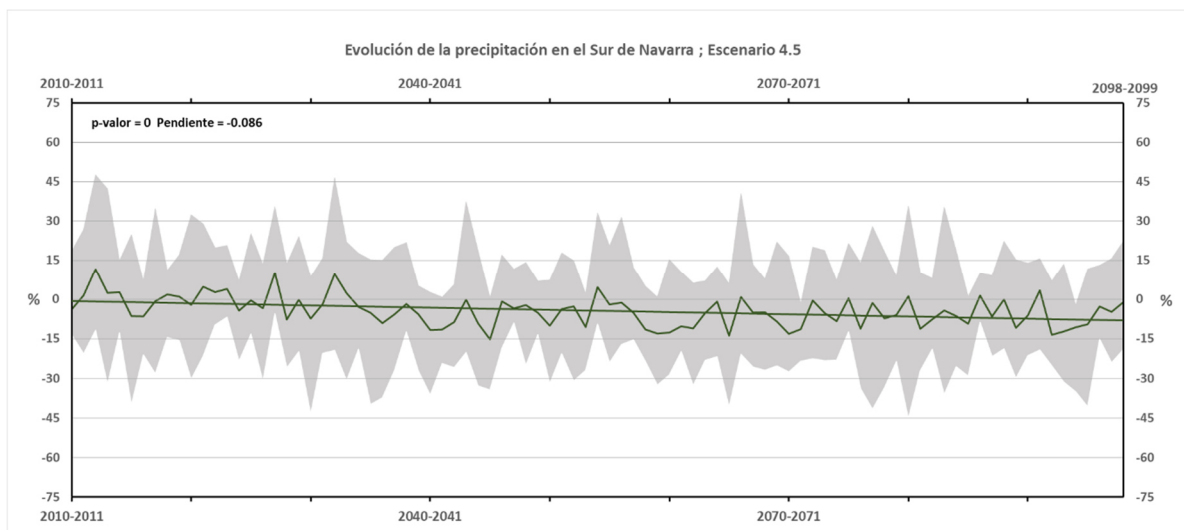


Figura 47 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección mensual para el RCP 4.5 considerando la vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.



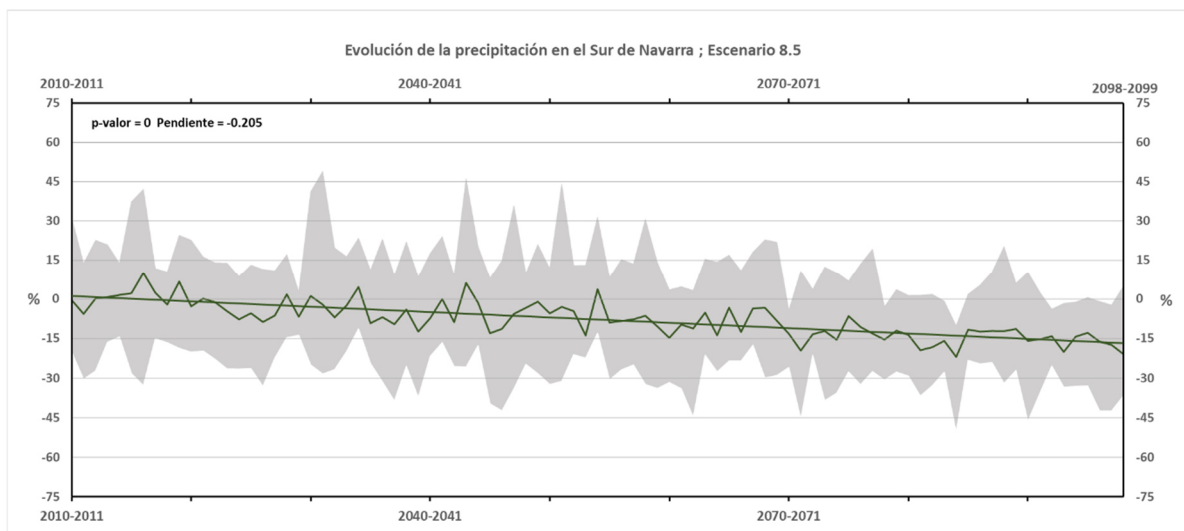


Figura 48 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 considerando la vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.

## 4.2.2 Vertiente mediterránea

### 4.2.2.1 *Río Ega*

En la cuenca del río Ega se puede apreciar como existe unos valores homogéneos entre -0,8%/decenio y -0,9% el decenio para el escenario RCP 4.5 y entre -2%/decenio y -2.1%/decenio en el escenario RCP 8.5. Aunque muy levemente el descenso de precipitaciones más importante se aprecia en la cuenca del río Urederra.

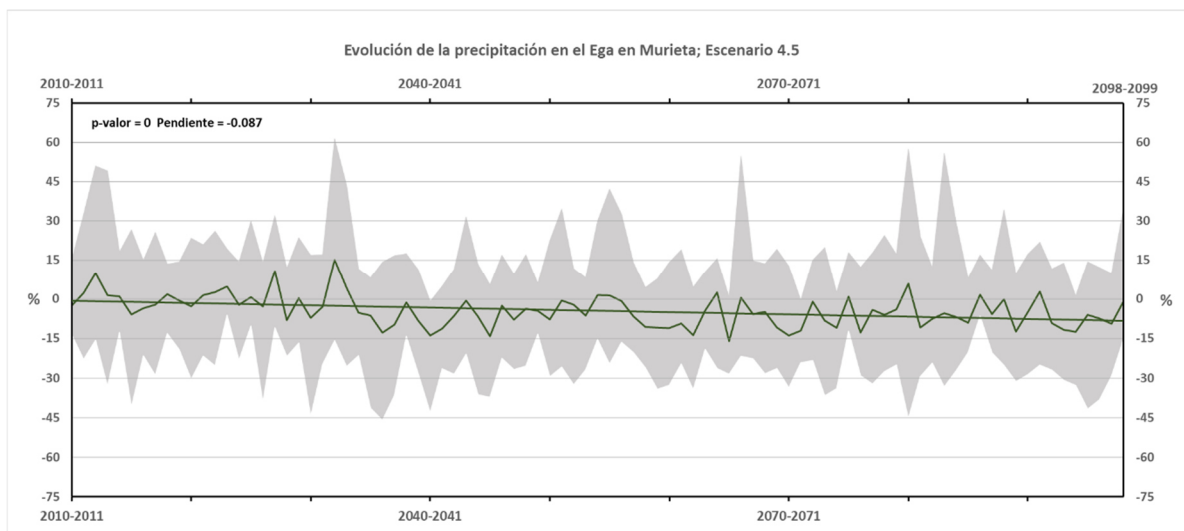


Figura 49 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en el río Ega en Murieta, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.

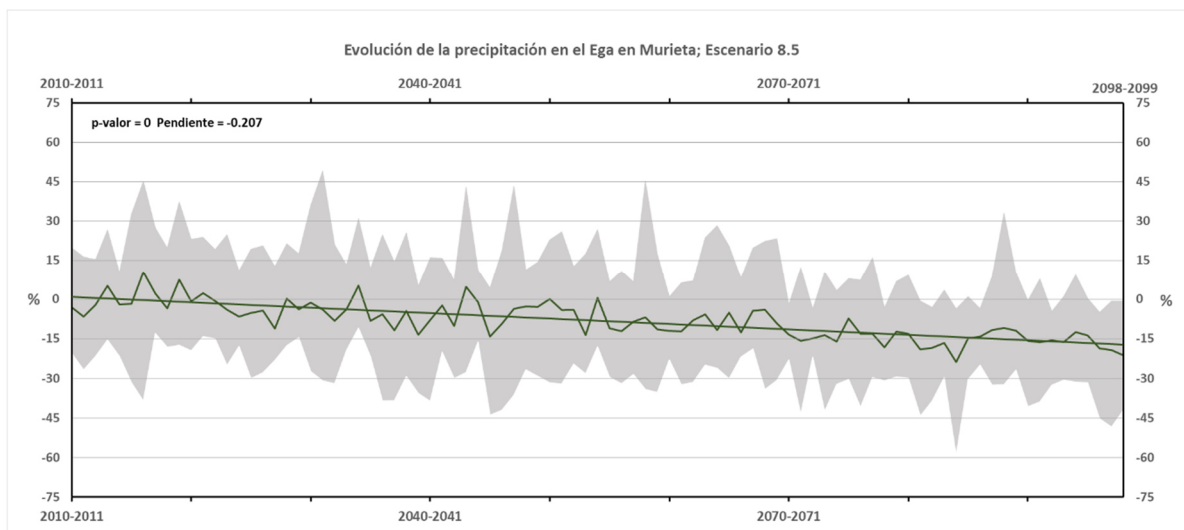


Figura 50 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en el río Ega en Murieta, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.

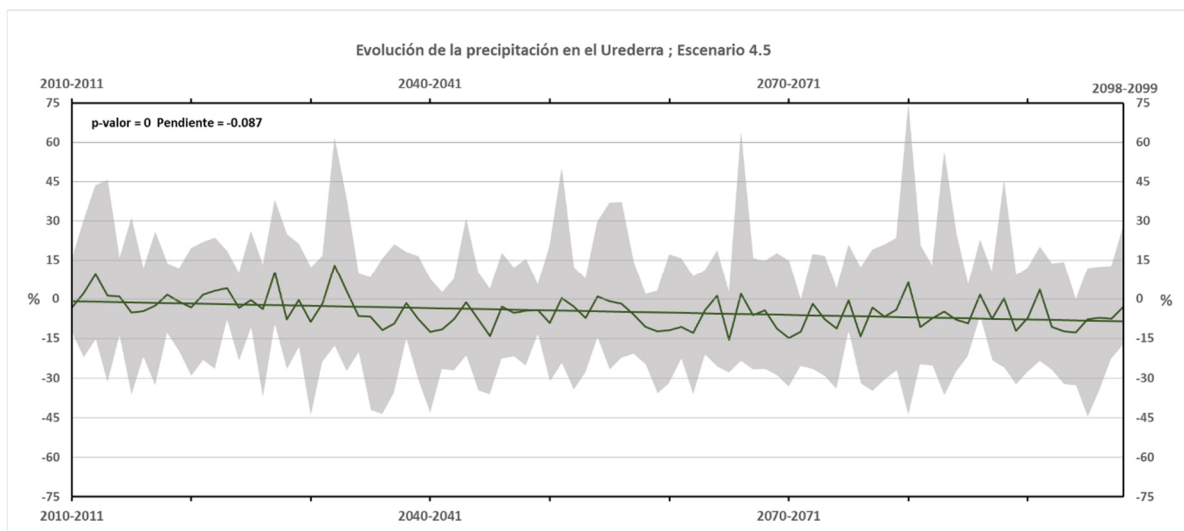


Figura 51 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 del río Urederra, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.

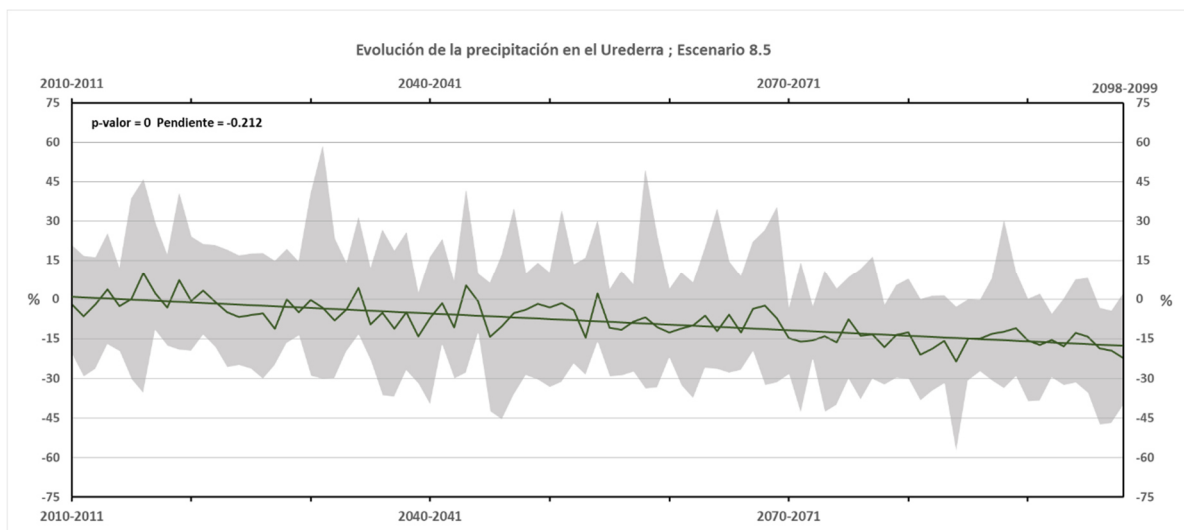


Figura 52 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 del río Urederra, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.

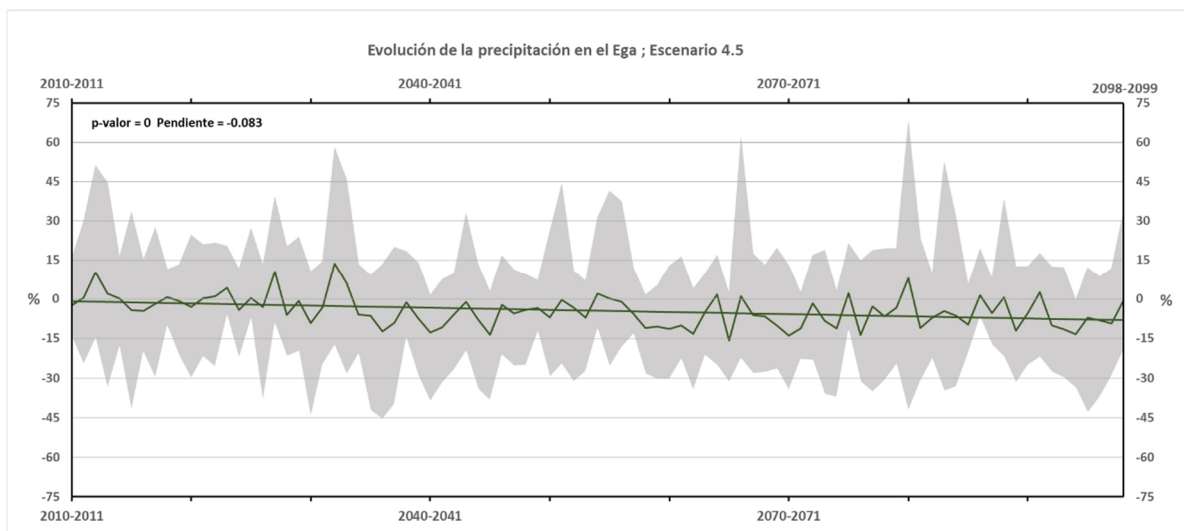


Figura 53 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Ega, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.

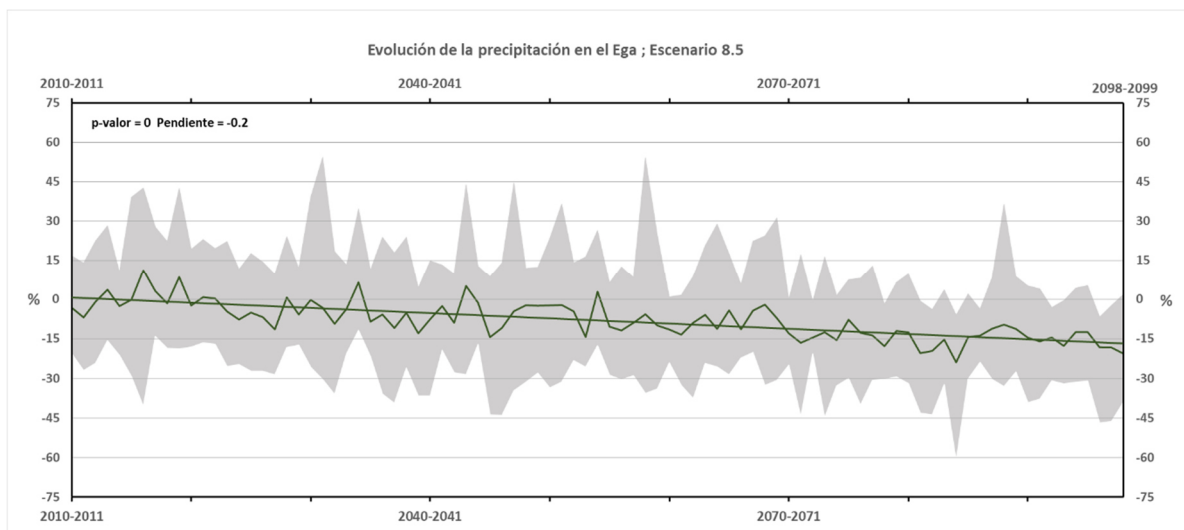


Figura 54 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Ega, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación.

#### 4.2.2.2 Río Arga

Para el conjunto de la cuenca del río Arga se aprecia unos valores de  $-0,87\%$ /decenio para el escenario RCP 4.5 y  $-2\%$ /decenio en el escenario RCP 8.5. El conjunto de subcuencas presenta valores muy similares a las de la cuenca completa, destacando el río Ultzama donde se produce una mayor pendiente negativa en la proyección de la precipitación.  $-1,01\%$ /decenio en el escenario 4.5 y  $-2,3\%$ /decenio en el escenario 8.5.

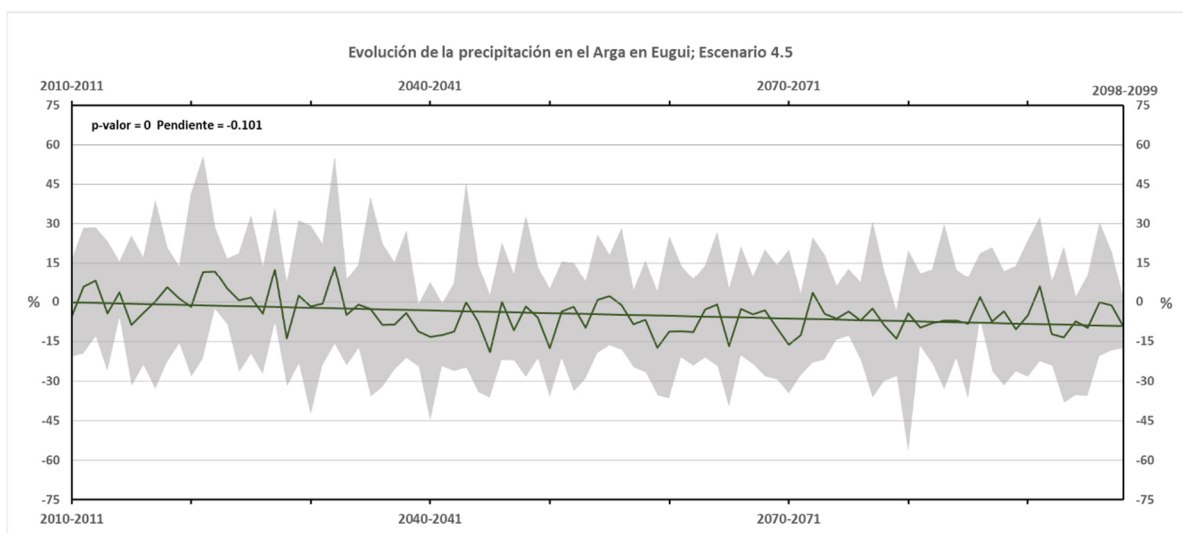


Figura 55 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Arga en Eugui, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

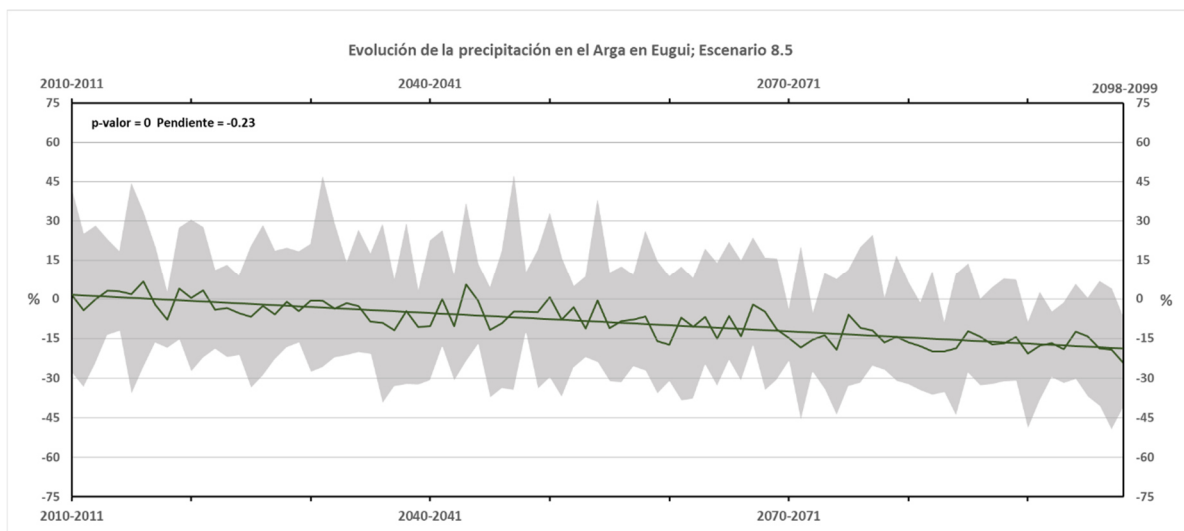


Figura 56 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Arga en Eugui, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

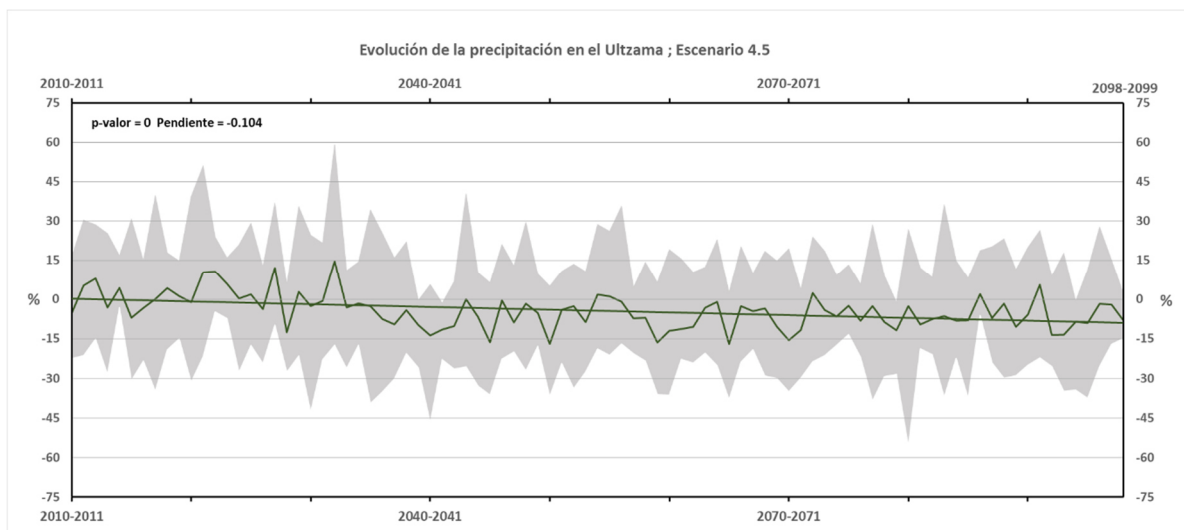


Figura 57 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Ultzama, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

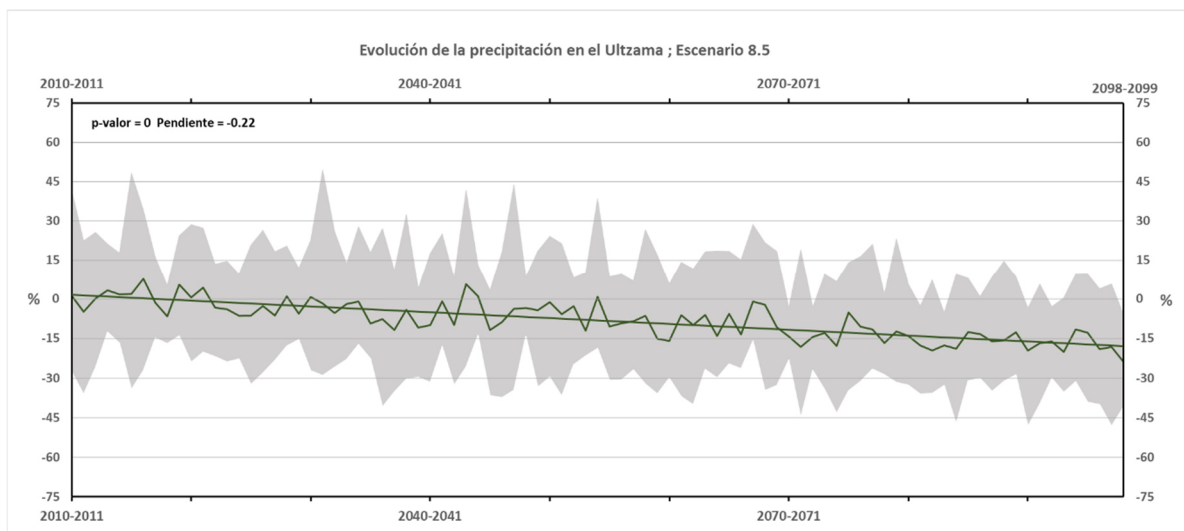


Figura 58 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Ultzama, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

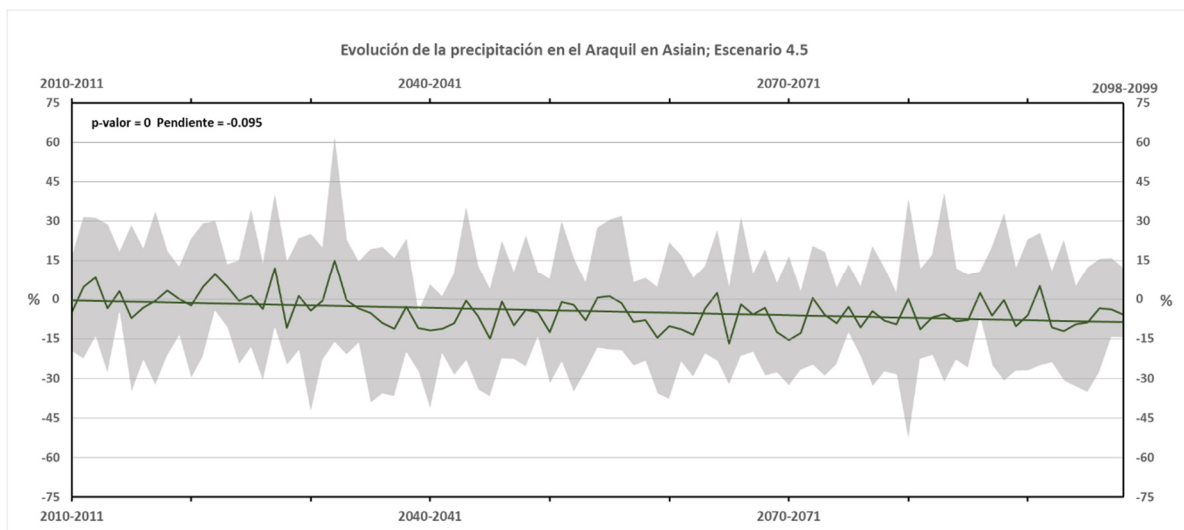


Figura 59 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Araquil en Asiain, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

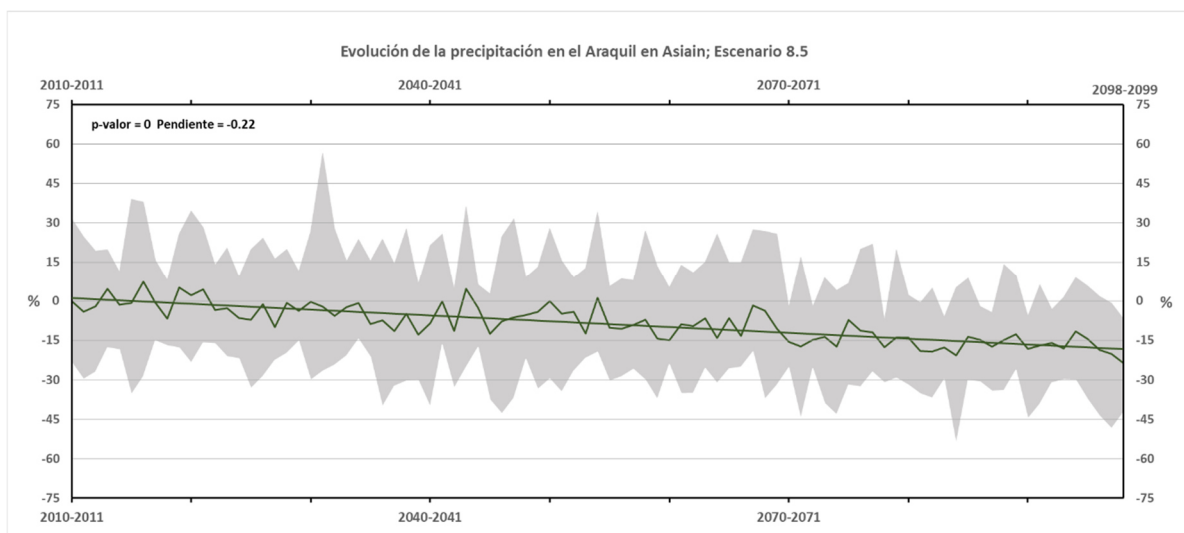


Figura 60 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Araquil en Asiaín, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

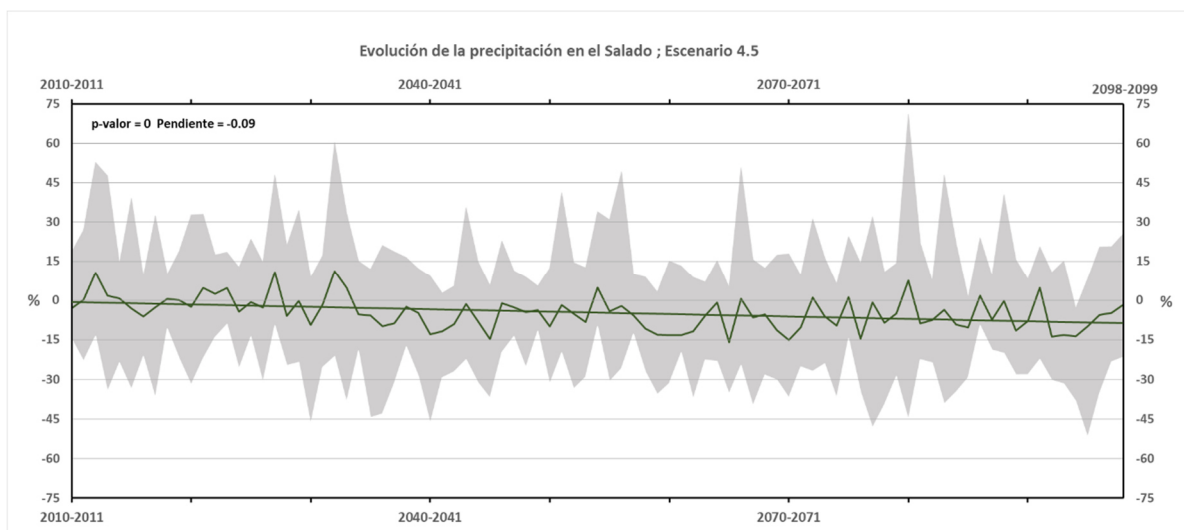


Figura 61 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Salado, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación



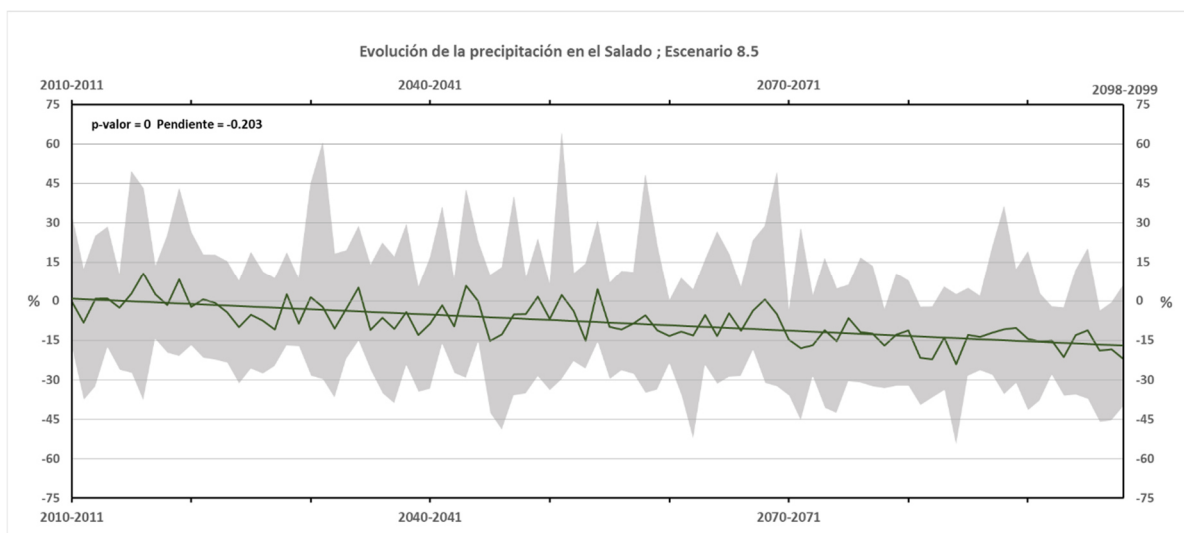


Figura 62 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Salado, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

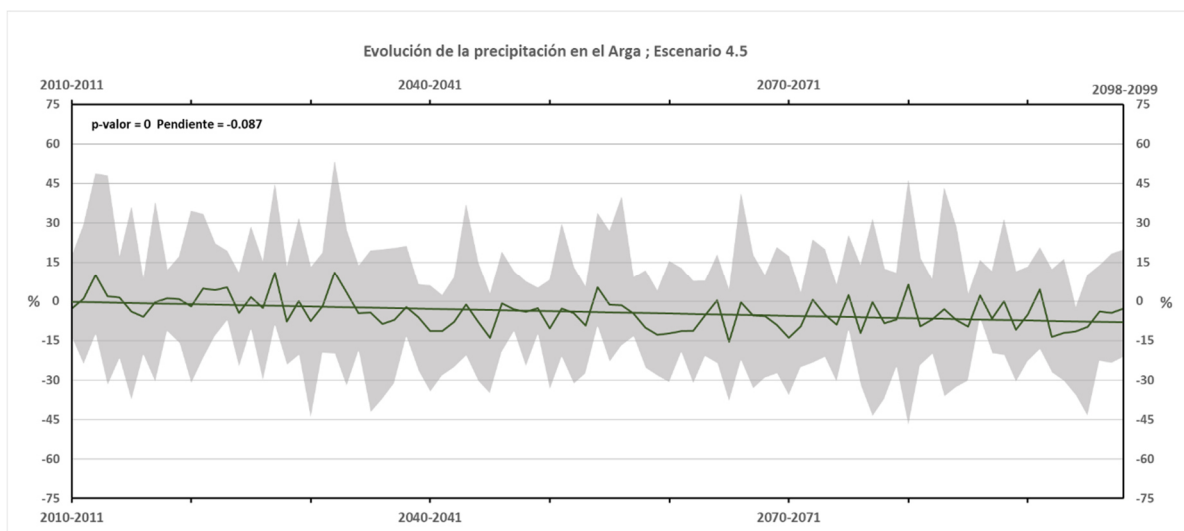


Figura 63 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Arga cuenca completa, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

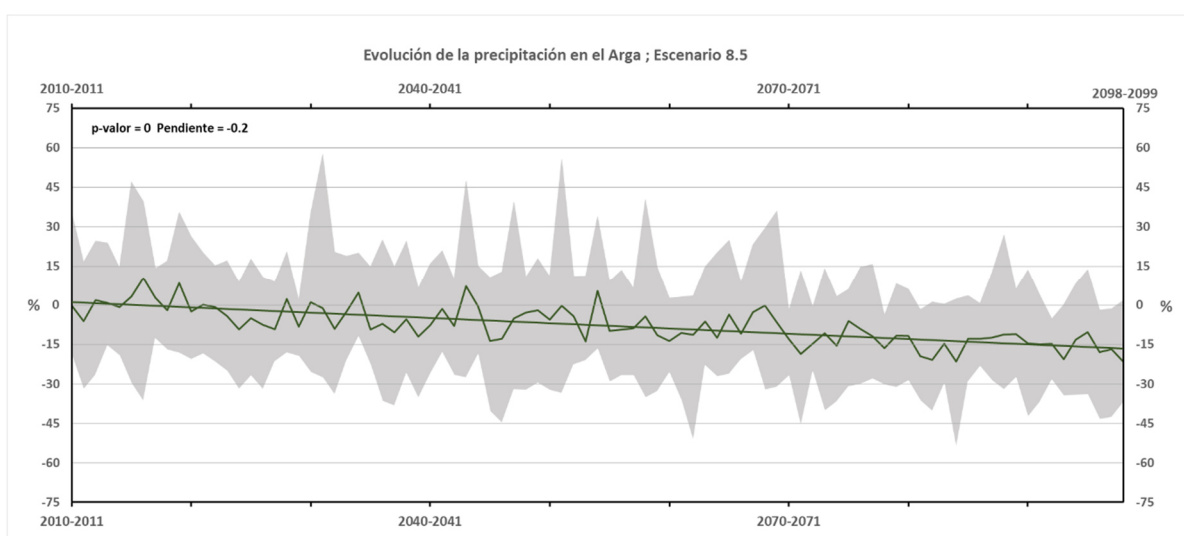


Figura 64 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Arga cuenca completa, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

#### 4.2.2.3 Río Aragón

La cuenca completa del río Aragón presenta una tendencia con pendiente negativa - 0,79%/decenio para el escenario RCP 4.5 y -1.9%/decenio para el escenario RCP 8.5. Entre las grandes cuencas estudiadas en la vertiente mediterránea es la que presenta una menor tendencia negativa.

El conjunto de subcuencas analizadas del río Aragón presentan valores muy similares, destacando la cabecera del río Irati, en el embalse de Itoiz como aquella que presenta una mayor reducción pendiente negativa, -1,03%/decenio para el escenario 4.5 y -2,26%/decenio en el escenario 8.5.

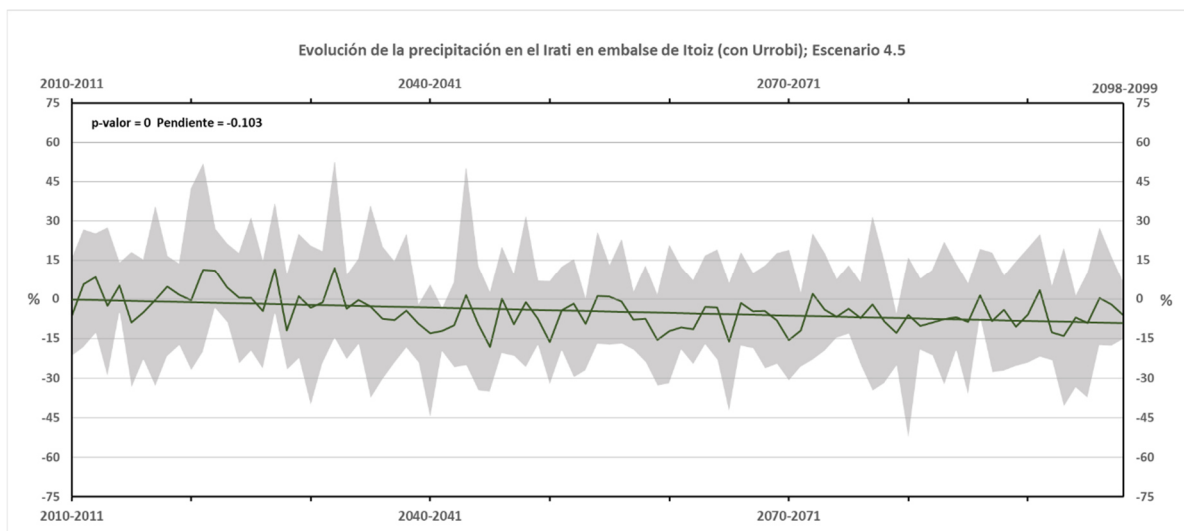


Figura 65 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Irati en embalse de Itoiz, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

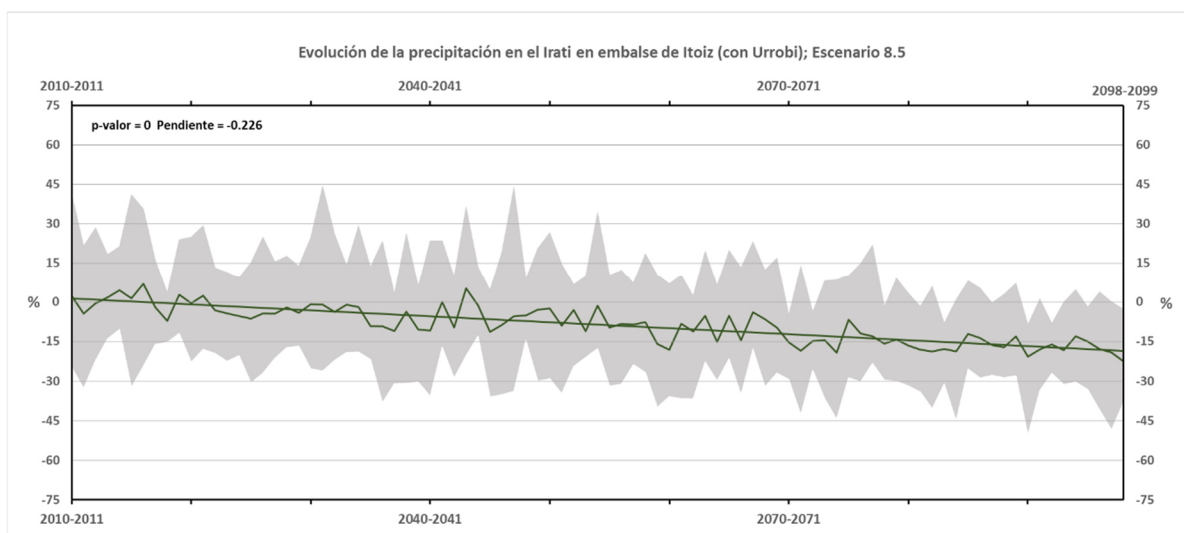


Figura 66 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Irati en embalse de Itoiz, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

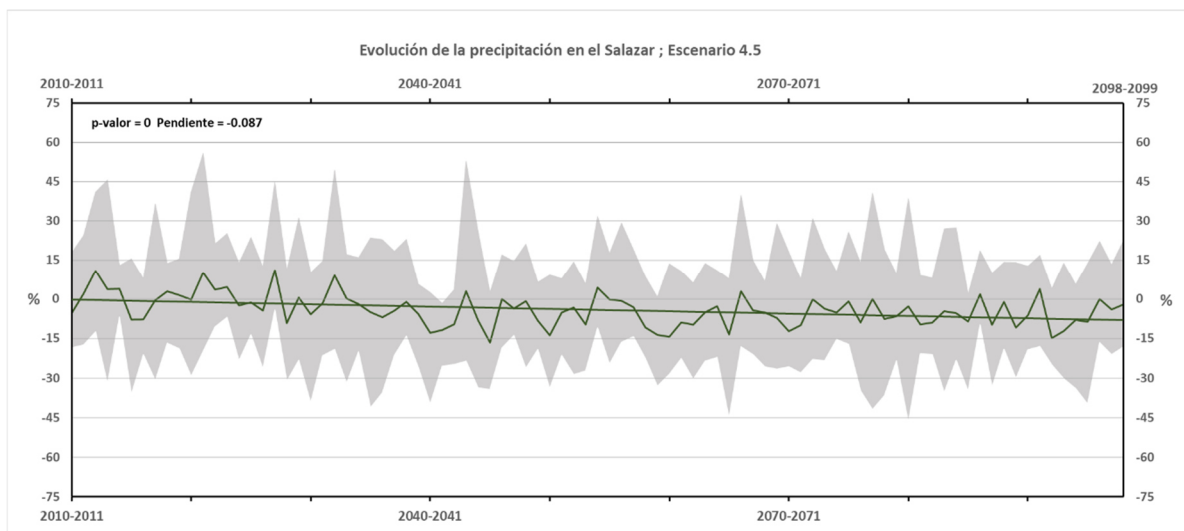


Figura 67 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Salazar, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

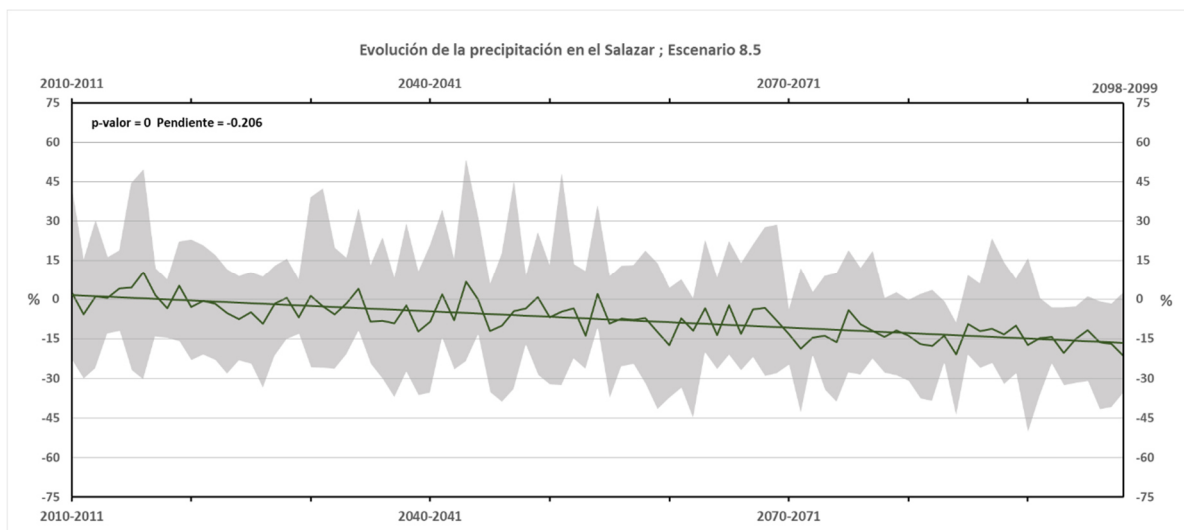


Figura 68 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Salazar, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

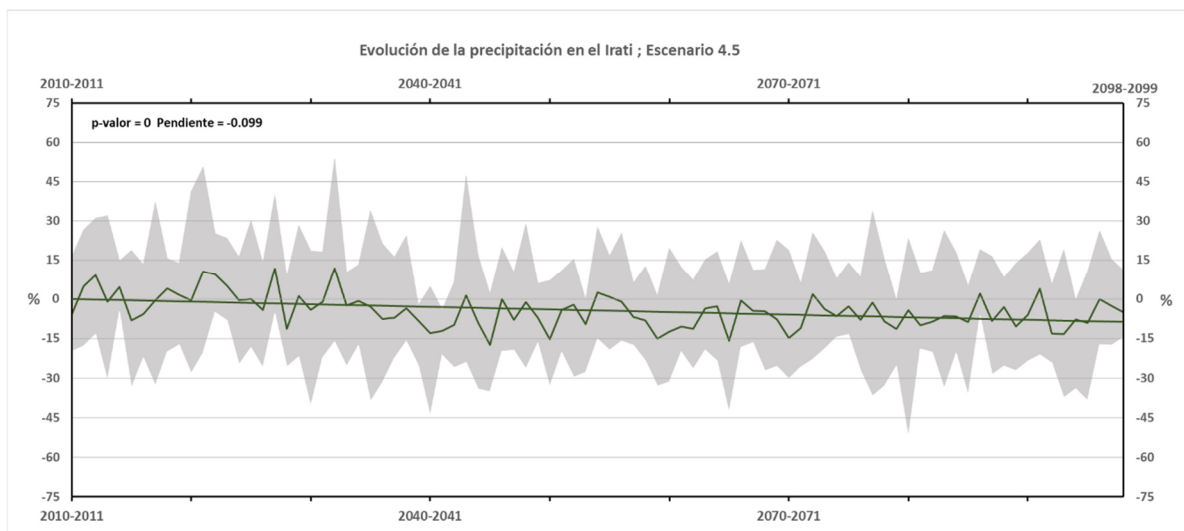


Figura 69 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Irati, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

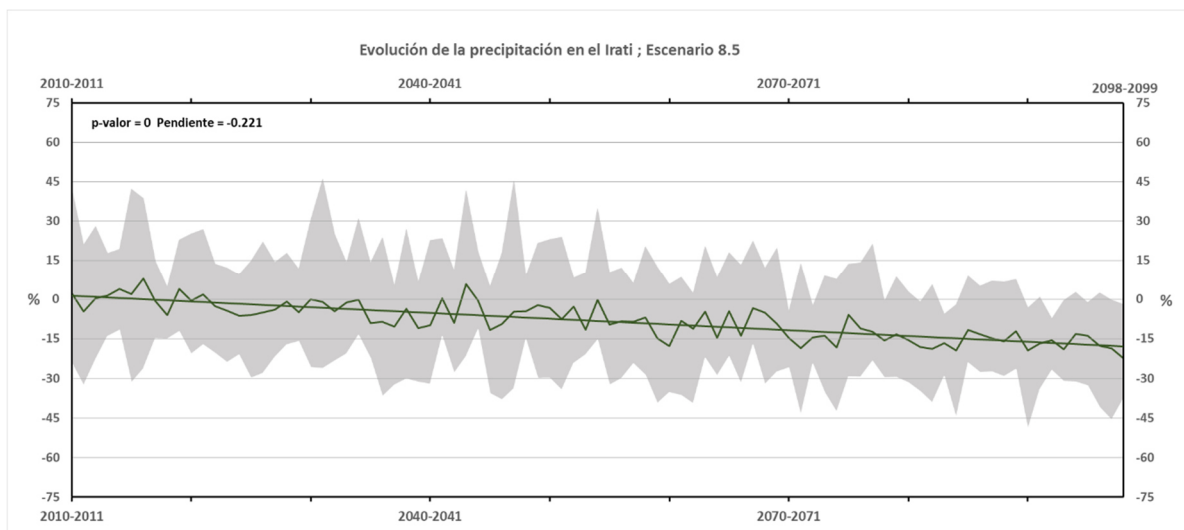


Figura 70 Evolución de la precipitación en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Irati, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

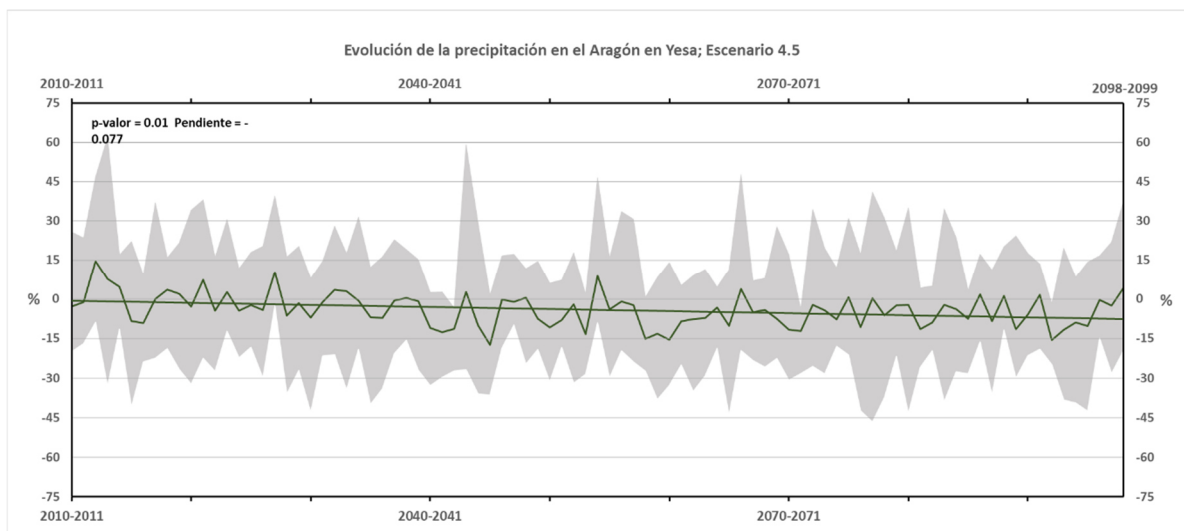


Figura 71 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Aragón en Yesa, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

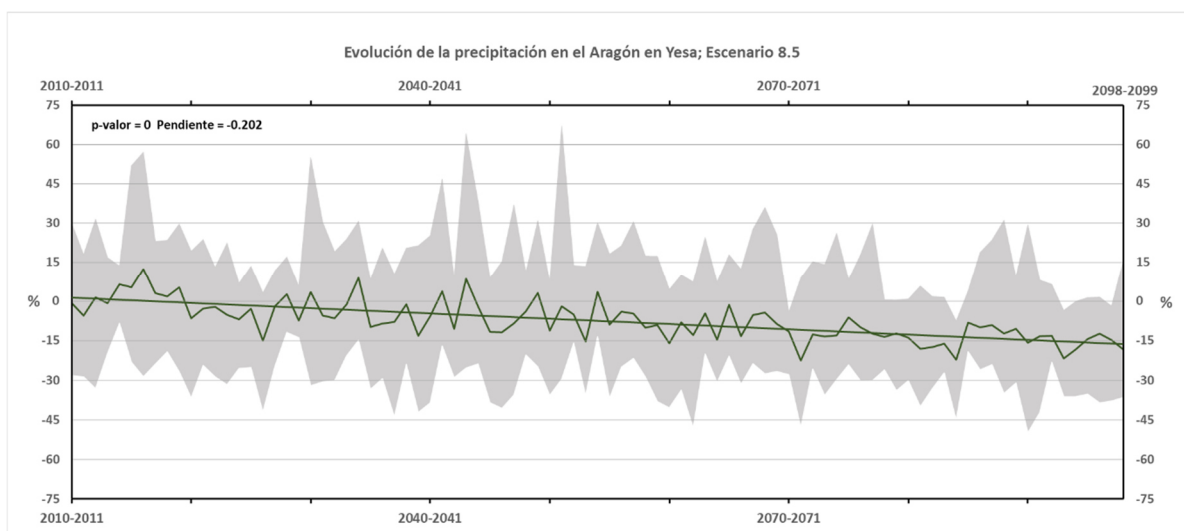


Figura 72 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Aragón en Yesa, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

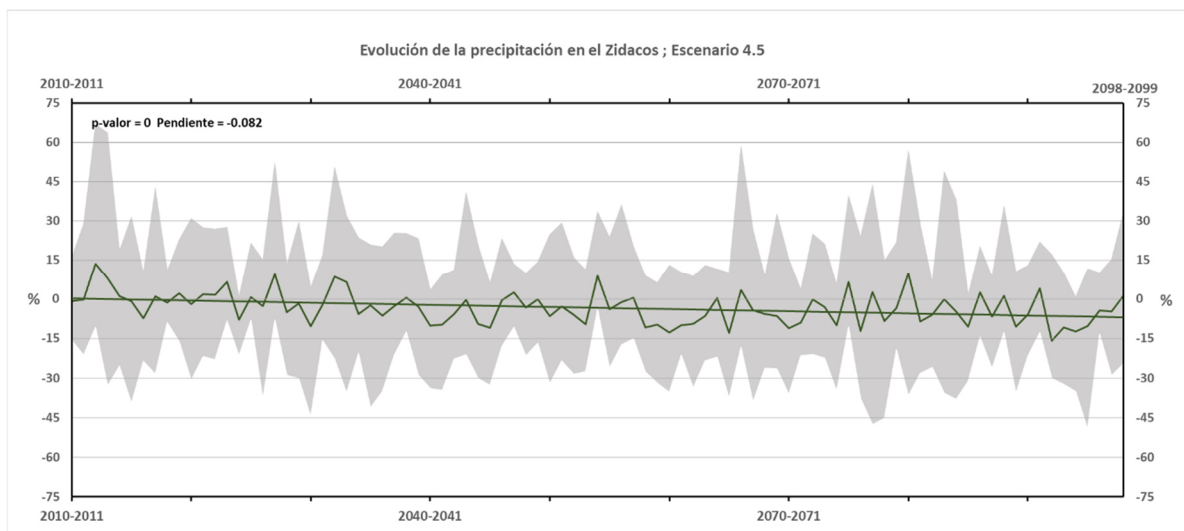


Figura 73 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Zidacos, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

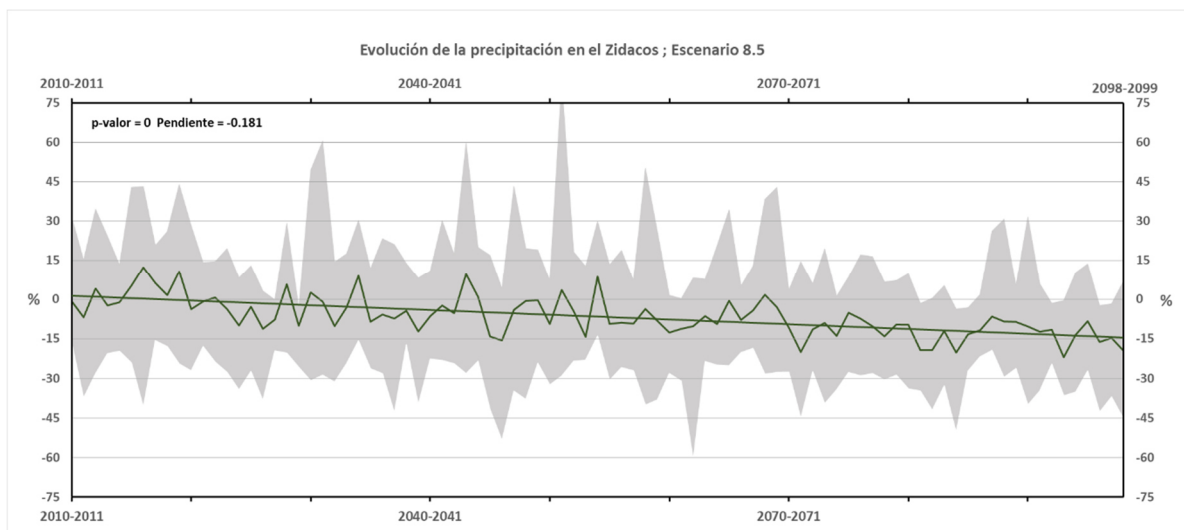


Figura 74 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Zidacos, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

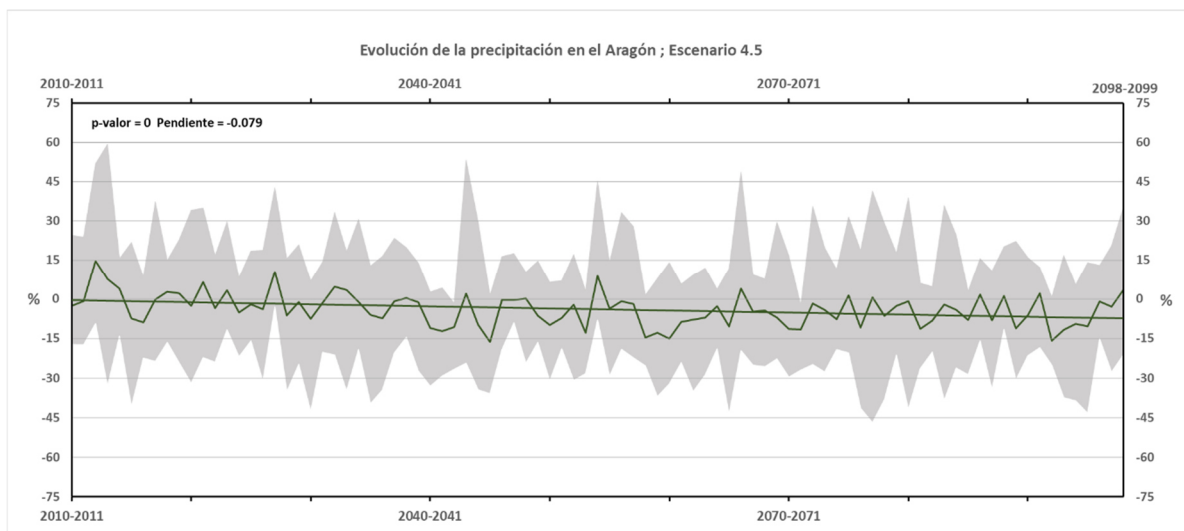


Figura 75 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Aragón, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

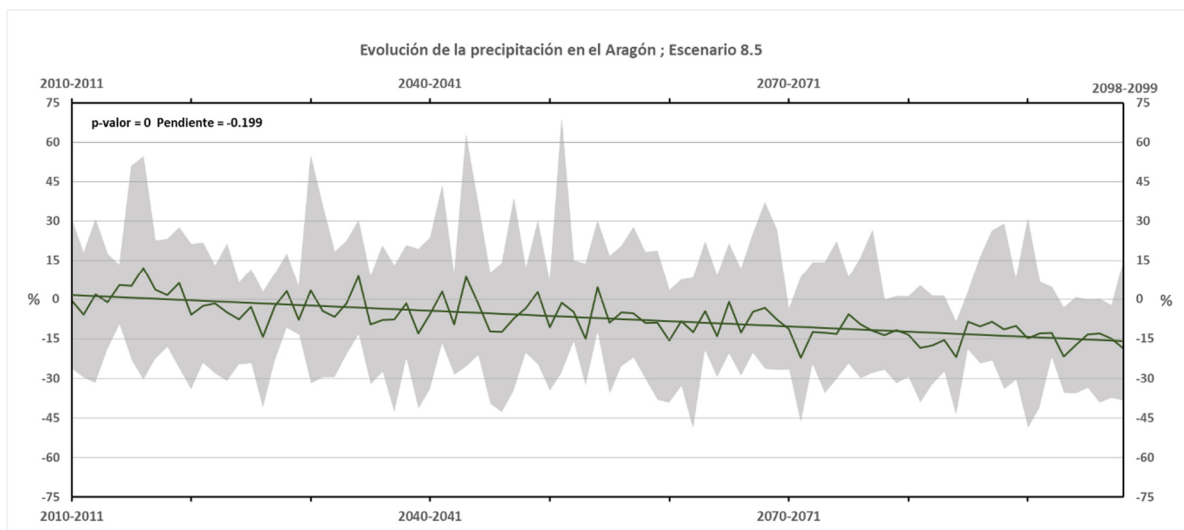


Figura 76 Evolución de la precipitación en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Aragón, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación



#### 4.2.2.4 Río Alhama

Se obtiene una pendiente negativa. Aunque los valores obtenidos son semejantes a los de otras cuencas en la vertiente mediterránea de Navarra, se puede observar una tendencia algo inferior en los escenarios -0,7%/decenio en el RCP 4.5 y una pendiente -1,63%/decenio en el RCP 8.5.

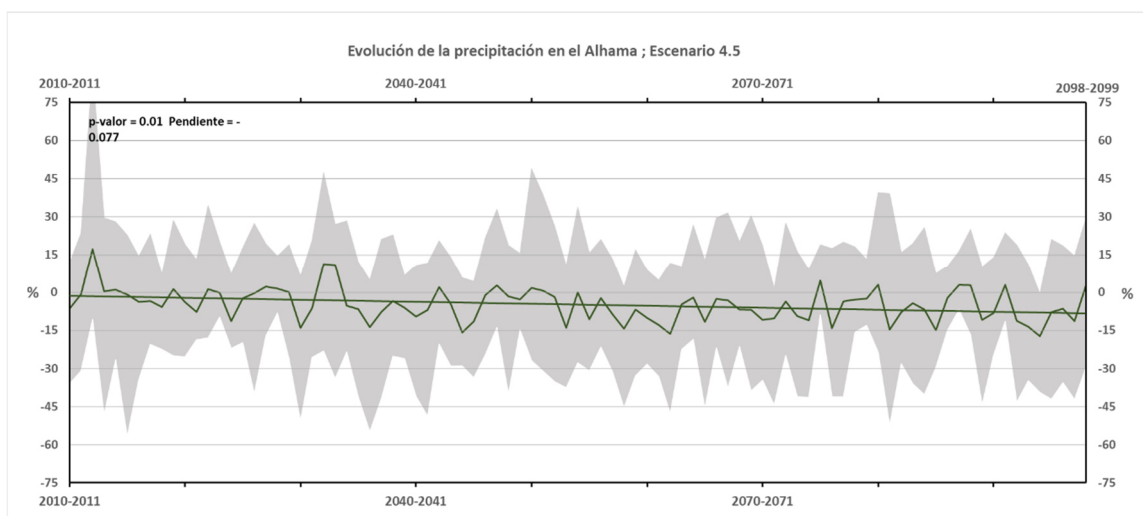


Figura 77 Evolución de las anomalías de PRE anual proyectadas con respecto al periodo de control para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Alhama, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

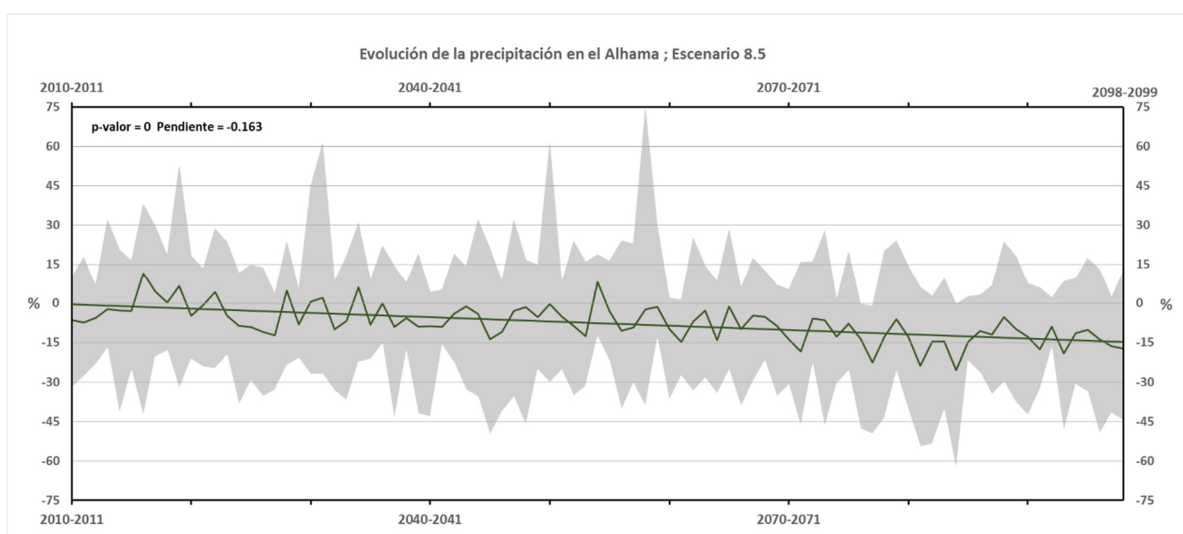


Figura 78 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Alhama, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

#### 4.2.2.5 Río Queiles

El río Queiles presenta unos valores similares que el río Alhama  $-0,6\%$ /decenio en el escenario RCP 4.5 y  $-1,51\%$  en el escenario 8.5. Mostrando por tanto unos valores similares para el conjunto de la franja más al Sur de las cuencas que drenan la Comunidad de Navarra.

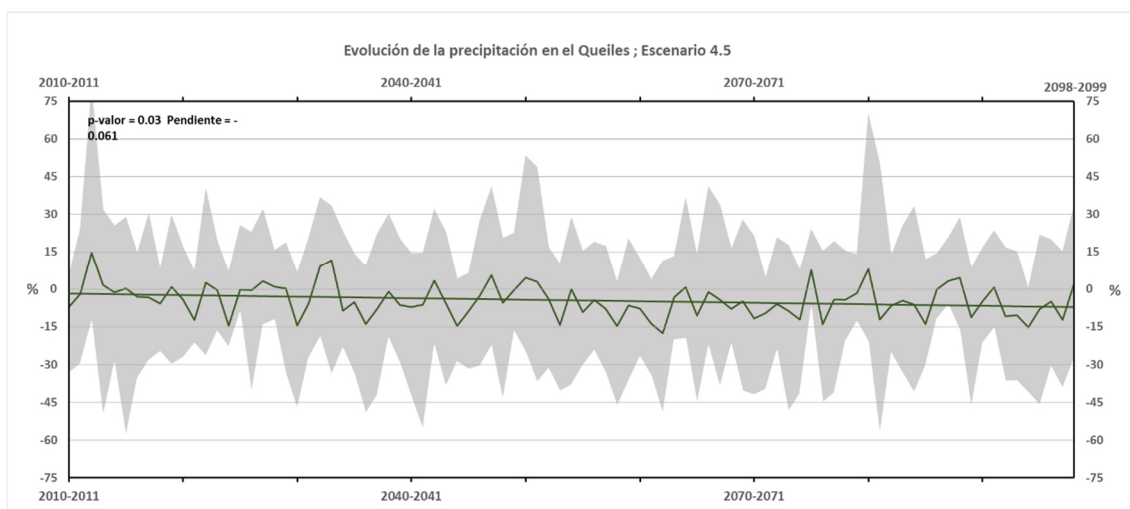


Figura 79 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Queiles, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

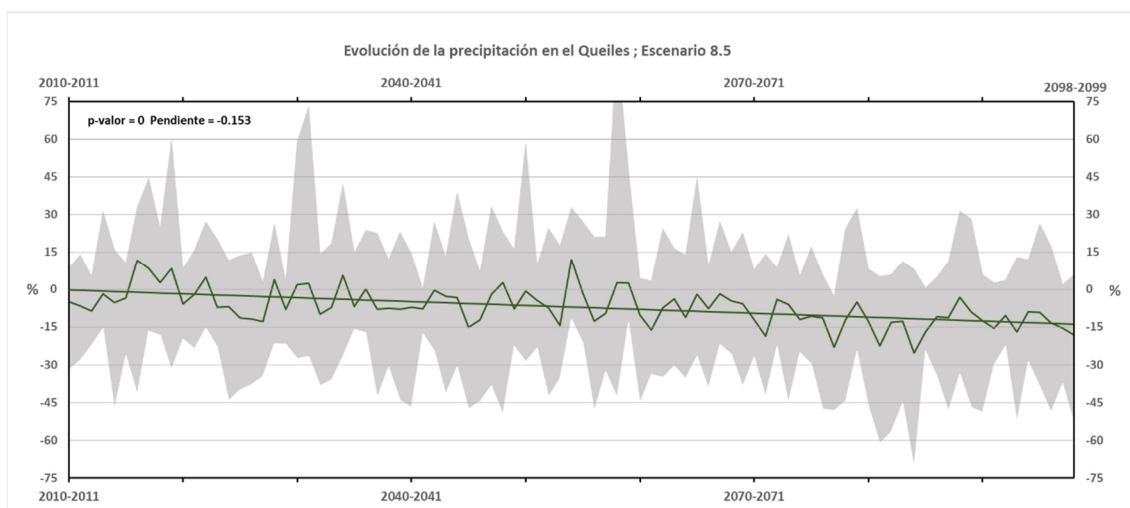


Figura 80 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Queiles, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

#### 4.2.2.6 Río Linares

En la cuenca del río Linares se vuelven a reproducir los valores obtenidos de forma mayoritaria en la vertiente mediterránea de la comunidad de Navarra,  $-0,83\%$ /decenio en el escenario RCP 4.5 y  $-1,87\%$ /decenio en el escenario RCP 8.5.

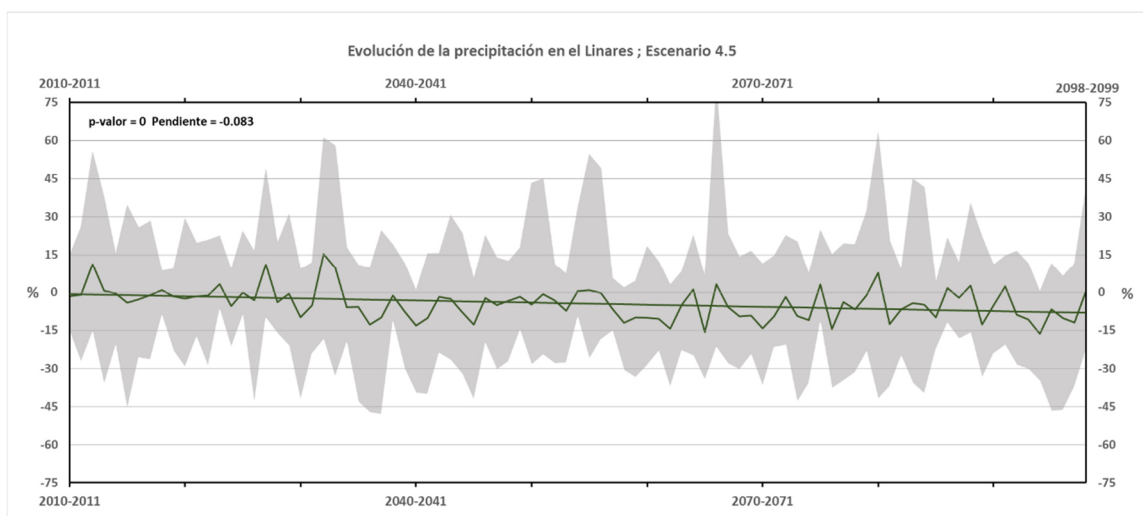


Figura 81 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Linares, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

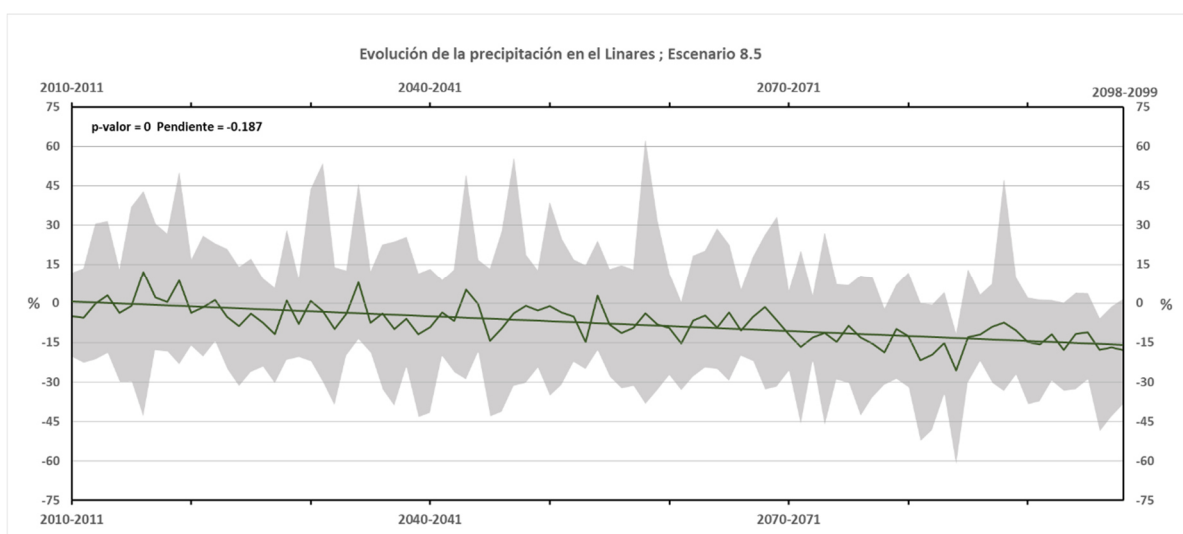


Figura 82 Evolución de la precipitación en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Linares, vertiente mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

## 4.2.3 Vertiente cantábrica

### 4.2.3.1 *Río Bidasoa*

Los ríos Bidasoa y Urumea son las principales cuencas de la vertiente cantábrica, y presentan tendencias muy parecidas para los escenarios con valores de la pendiente  $-1\%/decenio$  RCP 4.5 y  $-2,13\%$  RCP 8.5.

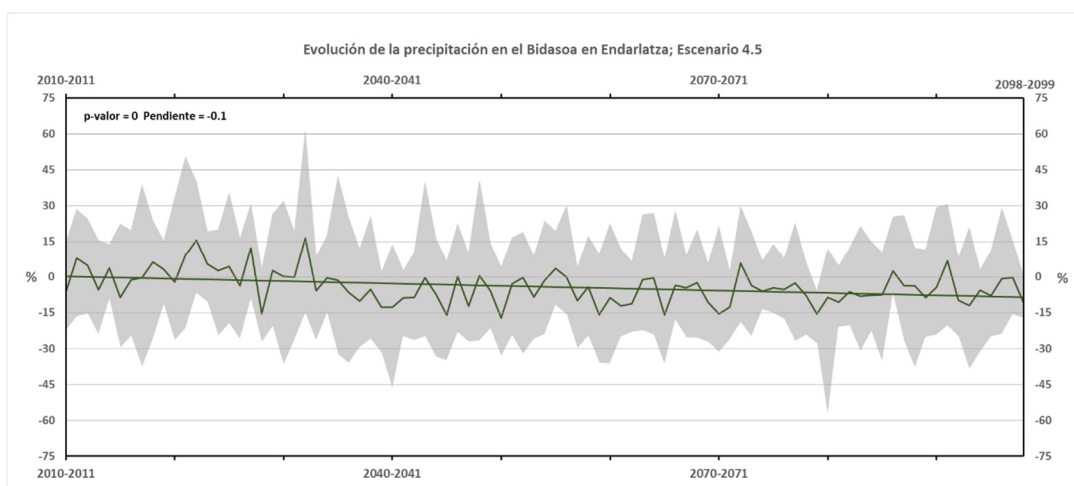


Figura 83 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Bidasoa, vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

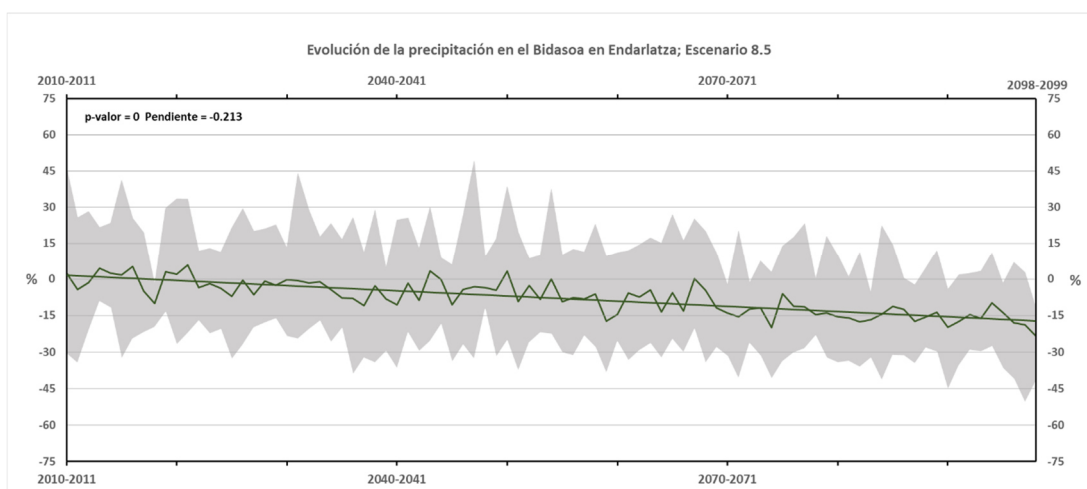


Figura 84 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Bidasoa, vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

#### 4.2.3.2 Río Urumea

Tal y como se comentaba para el río Bidasoa, el río Urumea presenta una tendencia parecida al conjunto de la vertiente cantábrica. Se obtiene una pendiente negativa de -1% /decenio en el escenario RCP 4.5 y -2,04%/decenio en el escenario RCP 8.5.

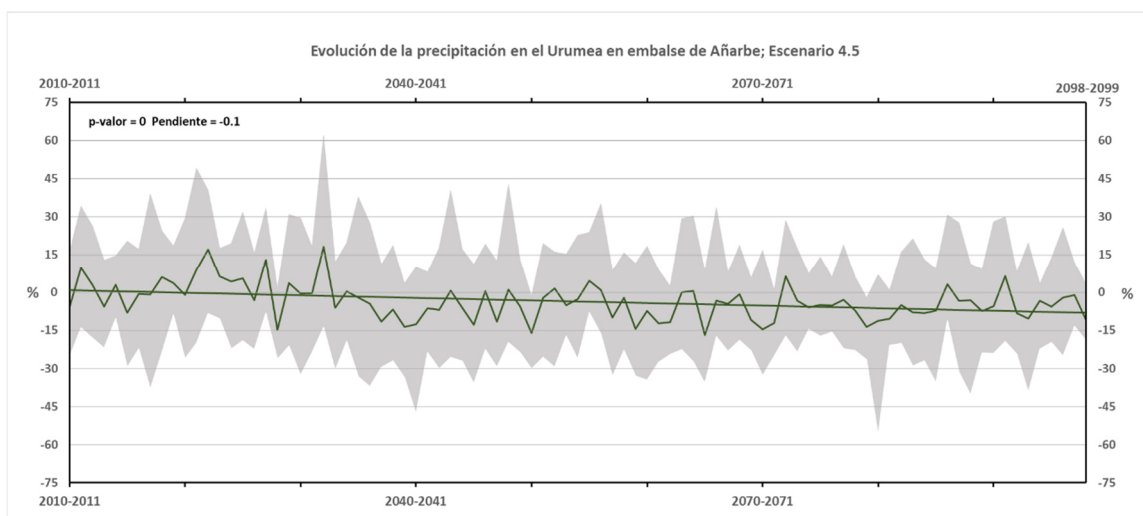


Figura 85 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Añarbe, vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

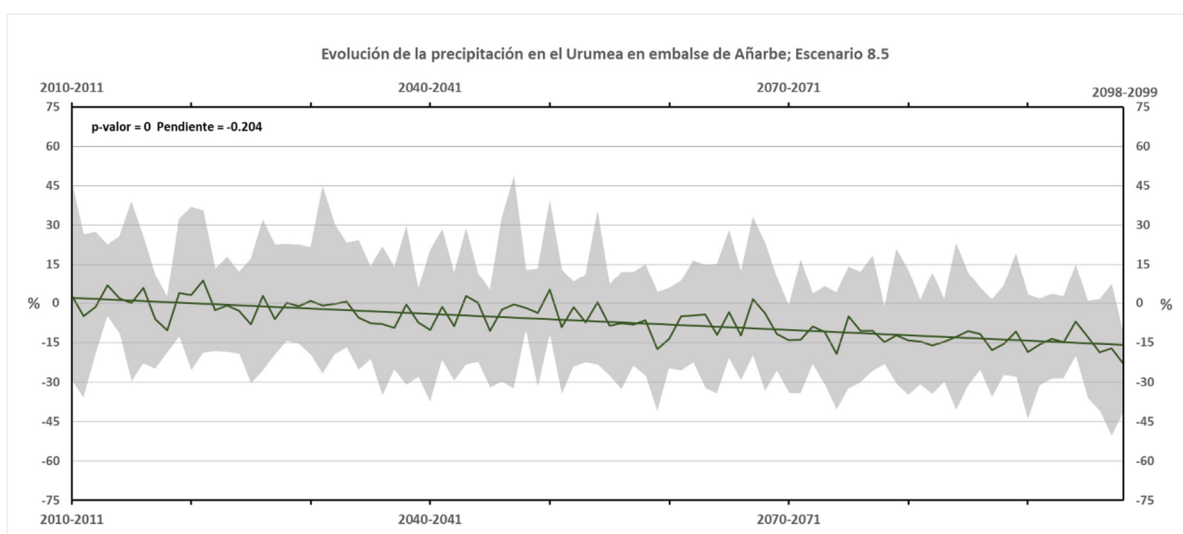


Figura 86 Evolución de las anomalías de PRE anual con respecto al periodo de control en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Añarbe, vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la precipitación

#### 4.2.4 Anomalías de precipitación en los periodos de impacto

En las tablas siguientes se presentan las anomalías climáticas de la precipitación referidas a los tres periodos de impacto estudiados [2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100] realizando la comparación entre la media de la precipitación en estos periodos respecto a periodo de control 1970-2000 para cada uno de los nueve modelos estudiados, además se presenta el valor de la media del conjunto de los modelos y el valor máximo y mínimo obtenido.

En el **escenario RCP 4.5** representado en la tabla 5 se puede apreciar una reducción de la precipitación muy similar en las dos vertientes analizadas. Se aprecia una anomalía, para el valor de la media, **del -6% en el periodo 2070-2100**. En cambio, en el **periodo 2010-2040** en la **vertiente cantábrica**, se aprecia un leve aumento de la precipitación del **+0,3%** respecto al periodo de control, comportamiento que no se ve reflejado en la **vertiente mediterránea**, que muestra una **anomalía negativa de -0,7%**. En el **periodo 2040-2070** es donde se obtiene una mayor reducción de la precipitación con valores cercanos al **-6,5% en ambas regiones**.

Observando las cuencas de los cursos principales destaca la gran reducción que se obtiene en la cuenca del río Ega con una reducción en el periodo de 2070-2100 de -6,2%, destacando la subcuenca del río Urederra con una reducción para este mismo periodo de -6,6%.

Poniendo especial énfasis en el período 2010-2040 más orientado para la planificación de los recursos hídricos, destaca la reducción en la cuenca del río Queiles o del río Alhama que supera el -2%.

La distribución espacial que se muestra en Figura 87, evidencia una gran homogeneidad en la distribución de las anomalías de precipitación en el conjunto de cuencas que drenan la comunidad de Navarra. En el escenario RCP 4.5 en el horizonte 2010-20140 se aprecia una diferencia notable entre las cuencas de más al norte, que drenan hacia la vertiente cantábrica, unas anomalías sensiblemente inferiores del resto de la región.

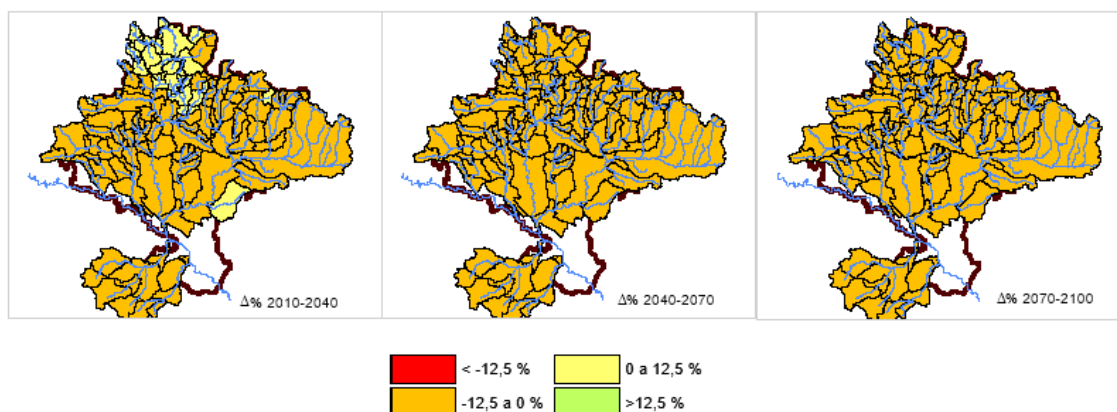
**Tabla 5 Anomalías de precipitación en los periodos de impacto estudiado [2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100] respecto al periodo de control 1970-2000 para el escenario RCP 4.5**

| Punto | Descripción          | Período   | • Precipitación [%] para el RCP 4.5 |      |      |      |       |      |      |       |      |       |      |      |
|-------|----------------------|-----------|-------------------------------------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|------|
|       |                      |           | P01                                 | P02  | P03  | P04  | P05   | P06  | C01  | C02   | C03  | Min.  | Med. | Max. |
| IX    | Vertiente cantábrica | 2010-2040 | -0.8                                | -3.8 | -0.9 | -6.8 | -4.5  | 3.1  | 9.9  | -5.8  | 12.7 | -6.8  | 0.3  | 12.7 |
|       |                      | 2040-2070 | -5.3                                | -6.6 | -8.2 | -9.1 | -11.3 | -4.3 | -3.4 | -8.6  | -0.7 | -11.3 | -6.4 | -0.7 |
|       |                      | 2070-2100 | -0.3                                | -6.5 | -7.0 | -9.9 | -7.3  | -4.5 | -6.9 | -10.1 | -1.0 | -10.1 | -6.0 | -0.3 |

| Punto | Descripción                            | Período   | • Precipitación [%] para el RCP 4.5 |      |       |       |       |      |      |       |      |       |      |      |
|-------|----------------------------------------|-----------|-------------------------------------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|------|------|
|       |                                        |           | P01                                 | P02  | P03   | P04   | P05   | P06  | C01  | C02   | C03  | Min.  | Med. | Max. |
| X     | Vertiente mediterránea                 | 2010-2040 | -2.1                                | -1.7 | -3.0  | -5.9  | -4.3  | 6.1  | 6.7  | -11.2 | 9.4  | -11.2 | -0.7 | 9.4  |
|       |                                        | 2040-2070 | -6.3                                | -6.3 | -7.4  | -9.9  | -9.5  | -3.9 | -3.9 | -10.8 | -0.1 | -10.8 | -6.5 | -0.1 |
|       |                                        | 2070-2100 | -2.5                                | -5.4 | -7.7  | -11.5 | -8.8  | -3.2 | -3.8 | -12.1 | 0.9  | -12.1 | -6.0 | 0.9  |
| 3100Q | Ega en Murieta                         | 2010-2040 | -1.1                                | -2.1 | -2.8  | -7.2  | -4.7  | 4.8  | 7.4  | -11.3 | 8.9  | -11.3 | -0.9 | 8.9  |
|       |                                        | 2040-2070 | -6.0                                | -6.3 | -7.2  | -10.3 | -9.9  | -4.5 | -3.5 | -12.8 | 4.5  | -12.8 | -6.2 | 4.5  |
|       |                                        | 2070-2100 | -2.6                                | -5.3 | -8.9  | -11.8 | -8.2  | -5.4 | -3.5 | -16.1 | 5.6  | -16.1 | -6.2 | 5.6  |
| 3200K | Urederra                               | 2010-2040 | -0.9                                | -2.6 | -3.5  | -7.0  | -5.6  | 5.1  | 6.6  | -12.4 | 8.7  | -12.4 | -1.3 | 8.7  |
|       |                                        | 2040-2070 | -6.0                                | -6.4 | -8.1  | -10.7 | -10.6 | -3.8 | -4.0 | -13.2 | 4.7  | -13.2 | -6.5 | 4.7  |
|       |                                        | 2070-2100 | -2.9                                | -6.3 | -9.8  | -12.9 | -9.3  | -5.2 | -4.0 | -15.6 | 6.5  | -15.6 | -6.6 | 6.5  |
| 3300D | Ega                                    | 2010-2040 | -1.3                                | -1.6 | -3.7  | -6.9  | -4.9  | 5.3  | 6.3  | -13.1 | 9.4  | -13.1 | -1.2 | 9.4  |
|       |                                        | 2040-2070 | -6.1                                | -6.3 | -7.4  | -10.4 | -9.7  | -4.3 | -2.6 | -14.6 | 5.7  | -14.6 | -6.2 | 5.7  |
|       |                                        | 2070-2100 | -3.0                                | -5.3 | -9.2  | -11.9 | -8.7  | -5.6 | -1.8 | -16.4 | 6.4  | -16.4 | -6.2 | 6.4  |
| 4100H | Arga en Eugui                          | 2010-2040 | -0.8                                | -3.7 | -2.0  | -6.8  | -5.7  | 4.0  | 9.6  | -7.8  | 12.3 | -7.8  | -0.1 | 12.3 |
|       |                                        | 2040-2070 | -6.0                                | -7.4 | -10.0 | -10.2 | -12.4 | -4.6 | -3.8 | -9.1  | -2.6 | -12.4 | -7.4 | -2.6 |
|       |                                        | 2070-2100 | -0.7                                | -6.7 | -8.6  | -11.6 | -8.9  | -3.9 | -5.8 | -11.9 | -0.9 | -11.9 | -6.5 | -0.7 |
| 4200C | Ultzama                                | 2010-2040 | -0.9                                | -2.9 | -1.6  | -6.8  | -5.0  | 3.6  | 10.7 | -8.5  | 12.9 | -8.5  | 0.2  | 12.9 |
|       |                                        | 2040-2070 | -6.3                                | -6.9 | -9.4  | -10.8 | -11.9 | -5.3 | -2.6 | -9.4  | -0.7 | -11.9 | -7.0 | -0.7 |
|       |                                        | 2070-2100 | -1.3                                | -7.1 | -8.6  | -12.4 | -9.1  | -4.7 | -4.2 | -11.6 | 1.7  | -12.4 | -6.4 | 1.7  |
| 4300C | Araquil en Aslain                      | 2010-2040 | -1.1                                | -2.9 | -1.9  | -7.0  | -5.1  | 5.1  | 7.6  | -9.8  | 10.5 | -9.8  | -0.5 | 10.5 |
|       |                                        | 2040-2070 | -5.5                                | -6.8 | -8.8  | -10.2 | -11.5 | -4.0 | -3.9 | -11.9 | 1.4  | -11.9 | -6.8 | 1.4  |
|       |                                        | 2070-2100 | -2.0                                | -6.0 | -8.7  | -12.1 | -8.1  | -4.3 | -6.3 | -12.8 | 2.0  | -12.8 | -6.5 | 2.0  |
| 4500C | Salado                                 | 2010-2040 | -1.5                                | -1.3 | -4.3  | -6.9  | -5.4  | 5.9  | 7.8  | -13.0 | 10.6 | -13.0 | -0.9 | 10.6 |
|       |                                        | 2040-2070 | -6.7                                | -6.7 | -8.8  | -11.8 | -11.1 | -4.6 | -2.8 | -13.4 | 3.1  | -13.4 | -7.0 | 3.1  |
|       |                                        | 2070-2100 | -3.2                                | -6.2 | -9.7  | -13.9 | -10.2 | -5.3 | -0.5 | -14.4 | 6.7  | -14.4 | -6.3 | 6.7  |
| 4600C | Arga                                   | 2010-2040 | -1.2                                | -1.5 | -2.4  | -6.0  | -4.6  | 5.8  | 7.9  | -12.7 | 10.8 | -12.7 | -0.4 | 10.8 |
|       |                                        | 2040-2070 | -5.6                                | -6.0 | -7.6  | -10.1 | -10.4 | -4.6 | -2.0 | -13.2 | 2.1  | -13.2 | -6.4 | 2.1  |
|       |                                        | 2070-2100 | -1.7                                | -5.6 | -8.1  | -11.4 | -9.1  | -4.7 | -1.4 | -13.9 | 4.5  | -13.9 | -5.7 | 4.5  |
| 5300K | Iratí en embalse de Itoiz [con Urrobi] | 2010-2040 | -1.7                                | -3.5 | -2.1  | -6.2  | -5.0  | 4.8  | 9.6  | -7.6  | 10.6 | -7.6  | -0.1 | 10.6 |
|       |                                        | 2040-2070 | -6.6                                | -7.4 | -8.7  | -9.9  | -11.0 | -4.5 | -4.9 | -8.0  | -4.0 | -11.0 | -7.2 | -4.0 |
|       |                                        | 2070-2100 | -1.9                                | -6.1 | -7.4  | -11.6 | -8.3  | -3.5 | -6.4 | -11.6 | -3.4 | -11.6 | -6.7 | -1.9 |
| 5200K | Salazar                                | 2010-2040 | -2.2                                | -2.3 | -3.0  | -6.2  | -4.2  | 5.1  | 10.4 | -9.6  | 9.9  | -9.6  | -0.2 | 10.4 |
|       |                                        | 2040-2070 | -6.7                                | -6.6 | -7.5  | -10.4 | -9.7  | -4.7 | -3.6 | -6.4  | -1.9 | -10.4 | -6.4 | -1.9 |
|       |                                        | 2070-2100 | -3.0                                | -5.7 | -7.1  | -11.9 | -8.9  | -3.5 | -2.1 | -8.7  | -0.8 | -11.9 | -5.8 | -0.8 |
| 5300M | Iratí                                  | 2010-2040 | -1.7                                | -3.0 | -2.1  | -6.2  | -4.8  | 4.9  | 9.7  | -7.8  | 10.7 | -7.8  | 0.0  | 10.7 |

| Punto | Descripción                 | Período   | • Precipitación [%] para el RCP 4.5 |      |      |       |       |      |      |       |      |       |      |      |
|-------|-----------------------------|-----------|-------------------------------------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|------|------|
|       |                             |           | P01                                 | P02  | P03  | P04   | P05   | P06  | C01  | C02   | C03  | Min.  | Med. | Max. |
|       |                             | 2040-2070 | -6.5                                | -7.1 | -8.4 | -10.2 | -11.0 | -4.6 | -4.5 | -7.5  | -2.8 | -11.0 | -6.9 | -2.8 |
|       |                             | 2070-2100 | -1.9                                | -6.0 | -7.4 | -11.7 | -8.5  | -3.5 | -5.0 | -11.0 | -1.9 | -11.7 | -6.3 | -1.9 |
| 5000B | Aragón en Yesa              | 2010-2040 | -4.1                                | -1.0 | -3.9 | -4.9  | -4.0  | 7.6  | 7.7  | -11.5 | 10.5 | -11.5 | -0.4 | 10.5 |
|       |                             | 2040-2070 | -8.4                                | -6.5 | -7.2 | -9.9  | -8.1  | -3.2 | -4.7 | -7.6  | -2.5 | -9.9  | -6.4 | -2.5 |
|       |                             | 2070-2100 | -3.7                                | -5.3 | -6.9 | -11.9 | -9.9  | -0.7 | -3.2 | -7.3  | -0.5 | -11.9 | -5.5 | -0.5 |
| 5400E | Zidacos                     | 2010-2040 | -0.5                                | -1.0 | -2.3 | -5.1  | -3.4  | 6.7  | 8.3  | -12.9 | 10.1 | -12.9 | 0.0  | 10.1 |
|       |                             | 2040-2070 | -3.7                                | -4.7 | -5.6 | -9.0  | -8.3  | -4.4 | -1.5 | -12.2 | 3.5  | -12.2 | -5.1 | 3.5  |
|       |                             | 2070-2100 | -1.1                                | -4.9 | -6.8 | -9.6  | -8.6  | -4.3 | -0.7 | -13.8 | 6.2  | -13.8 | -4.8 | 6.2  |
| 5500F | Aragón                      | 2010-2040 | -3.7                                | -0.8 | -3.6 | -5.0  | -3.8  | 7.5  | 7.7  | -11.4 | 10.3 | -11.4 | -0.3 | 10.3 |
|       |                             | 2040-2070 | -7.8                                | -6.2 | -6.9 | -9.8  | -8.0  | -3.3 | -4.3 | -7.6  | -1.7 | -9.8  | -6.2 | -1.7 |
|       |                             | 2070-2100 | -3.4                                | -5.0 | -6.8 | -11.6 | -9.5  | -1.1 | -3.1 | -8.2  | 0.2  | -11.6 | -5.4 | 0.2  |
| 6000* | Alhama                      | 2010-2040 | -0.8                                | 0.8  | -3.8 | -4.2  | -0.8  | 8.3  | -4.5 | -15.0 | 1.8  | -15.0 | -2.0 | 8.3  |
|       |                             | 2040-2070 | -2.0                                | -3.7 | -4.4 | -6.9  | -4.3  | -2.8 | -6.7 | -22.6 | -0.8 | -22.6 | -6.0 | -0.8 |
|       |                             | 2070-2100 | -1.8                                | -1.9 | -6.4 | -6.3  | -6.2  | -3.2 | -7.5 | -19.7 | -4.5 | -19.7 | -6.4 | -1.8 |
| 7000B | Queiles                     | 2010-2040 | -0.8                                | 0.5  | -3.6 | -3.8  | -0.8  | 8.1  | -4.8 | -16.1 | -0.2 | -16.1 | -2.4 | 8.1  |
|       |                             | 2040-2070 | -0.9                                | -3.5 | -3.6 | -4.9  | -3.2  | -3.6 | -5.2 | -24.8 | 0.3  | -24.8 | -5.5 | 0.3  |
|       |                             | 2070-2100 | -1.5                                | -1.8 | -6.0 | -3.9  | -5.5  | -4.0 | -7.0 | -21.2 | -0.7 | -21.2 | -5.7 | -0.7 |
| 2000* | Linares                     | 2010-2040 | -2.2                                | -0.7 | -3.9 | -6.9  | -4.3  | 5.1  | 4.9  | -12.4 | 9.6  | -12.4 | -1.2 | 9.6  |
|       |                             | 2040-2070 | -6.6                                | -6.3 | -7.2 | -10.2 | -9.5  | -5.0 | -1.8 | -15.1 | 8.2  | -15.1 | -5.9 | 8.2  |
|       |                             | 2070-2100 | -3.6                                | -4.9 | -8.9 | -10.9 | -8.9  | -5.7 | 0.7  | -18.2 | 6.0  | -18.2 | -6.1 | 6.0  |
| 9400K | Bidasoa en Endarlatza       | 2010-2040 | -0.9                                | -3.9 | -1.0 | -6.8  | -4.6  | 3.2  | 9.9  | -5.7  | 12.9 | -6.8  | 0.3  | 12.9 |
|       |                             | 2040-2070 | -5.5                                | -7.1 | -8.7 | -9.3  | -11.8 | -4.4 | -3.3 | -8.3  | -0.9 | -11.8 | -6.6 | -0.9 |
|       |                             | 2070-2100 | 0.0                                 | -6.8 | -7.3 | -10.2 | -7.7  | -4.2 | -6.9 | -10.0 | -0.8 | -10.2 | -6.0 | 0.0  |
| 9520D | Urumea en embalse de Añarbe | 2010-2040 | -0.1                                | -4.2 | -1.1 | -7.4  | -3.2  | 1.9  | 10.7 | -3.9  | 13.1 | -7.4  | 0.6  | 13.1 |
|       |                             | 2040-2070 | -5.4                                | -6.4 | -7.2 | -9.1  | -10.0 | -3.8 | -2.9 | -6.4  | -0.1 | -10.0 | -5.7 | -0.1 |
|       |                             | 2070-2100 | -0.3                                | -7.1 | -6.7 | -9.8  | -6.3  | -4.6 | -6.6 | -8.7  | -0.6 | -9.8  | -5.6 | -0.3 |





**Figura 87 Distribución espacial de las anomalías de precipitación por los tres periodos de impacto estudiado en el escenario RCP 4,5**

Los resultados de las anomalías climáticas en los periodos de impacto seleccionados para el escenario RCP 8.5 se muestran en la tabla 6. En el periodo 2070-2100 se obtiene una reducción del -14,8% en la vertiente cantábrica y -14,7% en la vertiente mediterránea, en ambas regiones se obtienen valores muy similares. En el periodo 2010-2040 el resultado obtenido para el promedio de los nueve modelos es de -2,1% en la vertiente cantábrica y -2,5% en la vertiente mediterránea. Aunque los valores son muy parecidos se aprecia una mayor reducción de la precipitación en la vertiente mediterránea.

Los modelos muestran una gran dispersión en los resultados de las anomalías estudiadas en cada periodo de impacto. A modo de ejemplo, en la vertiente cantábrica, para el período 2010-2040 se obtiene una anomalía de -9,2% en el modelo P02 y +9,9 % en el modelo C03. En la vertiente mediterránea sucede algo parecido, obteniendo en este mismo periodo de impacto unos valores que oscilan entre -7% en el modelo C02 y +9,0% en el modelo C03. Parecida dispersión de resultados se obtiene en el resto de los períodos y cuencas estudiadas, mostrando de esta forma la incertidumbre asociada al proceso de obtención de la proyección a futuro de las variables climáticas.

Analizando las cuencas de forma más detallada destaca, de la misma forma que sucede en el escenario 4.5, la cuenca del río Ega. En el periodo 2070-2100 se obtiene una anomalía de precipitación del -14,9%. En esta misma cuenca, este valor se ve incrementado en la subcuenca del río Urederra, donde se obtiene una anomalía en este mismo periodo de -15,7%.

En el periodo 2010-2040 las anomalías más importantes de precipitación se obtienen en las cuencas del río Queiles y del río Alhama, presentando en ambos casos una anomalía de -3,1%.

Para el resto de las cuencas analizadas los valores de las anomalías estudiadas oscilan entre -2,5% y el -3%.

La distribución espacial que se muestra en la figura 88 vuelve a evidenciar una gran homogeneidad en el conjunto de las cuencas que drenan Comunidad de Navarra, donde además se muestra un evidente aumento de las anomalías en el periodo de impacto del 2070-2100.

Tabla 6 Anomalías de precipitación en los periodos de impacto estudiado (2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100] respecto al periodo de control 1970-2000 para el escenario RCP 8.5

| Punto | Descripción            | Período   | Precipitación [%] para el RCP 8.5 |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |      |
|-------|------------------------|-----------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|       |                        |           | P01                               | P02   | P03   | P04   | P05   | P06  | C01   | C02   | C03   | Min.  | Med.  | Max. |
| IX    | Vertiente cantábrica   | 2010-2040 | 1.0                               | -9.2  | -4.6  | -7.1  | -6.6  | -0.3 | 2.6   | -4.9  | 9.9   | -9.2  | -2.1  | 9.9  |
|       |                        | 2040-2070 | -5.5                              | -7.1  | -5.9  | -12.6 | -11.4 | -1.9 | -3.2  | -10.9 | 2.1   | -12.6 | -6.3  | 2.1  |
|       |                        | 2070-2100 | -13.0                             | -14.1 | -11.4 | -20.8 | -24.2 | -6.5 | -15.4 | -20.6 | -6.7  | -24.2 | -14.8 | -6.5 |
| X     | Vertiente mediterránea | 2010-2040 | -2.2                              | -5.1  | -6.1  | -6.1  | -6.1  | -1.7 | 3.1   | -7.0  | 9.0   | -7.0  | -2.5  | 9.0  |
|       |                        | 2040-2070 | -7.4                              | -4.6  | -8.0  | -12.1 | -11.7 | 0.3  | -5.6  | -9.1  | -0.7  | -12.1 | -6.5  | 0.3  |
|       |                        | 2070-2100 | -15.6                             | -13.3 | -10.5 | -21.4 | -21.5 | -5.8 | -14.5 | -19.0 | -11.2 | -21.5 | -14.7 | -5.8 |
| 3100Q | Ega en Murieta         | 2010-2040 | -0.7                              | -6.7  | -5.4  | -8.0  | -6.5  | -1.8 | 2.6   | -7.9  | 9.6   | -8.0  | -2.8  | 9.6  |
|       |                        | 2040-2070 | -7.6                              | -5.6  | -8.5  | -13.1 | -12.0 | -3.6 | -2.4  | -11.0 | 2.5   | -13.1 | -6.8  | 2.5  |
|       |                        | 2070-2100 | -15.3                             | -13.7 | -11.4 | -23.5 | -23.4 | -7.2 | -12.1 | -21.3 | -9.0  | -23.5 | -15.2 | -7.2 |
| 3200K | Urederra               | 2010-2040 | -0.3                              | -6.5  | -6.4  | -8.2  | -6.8  | -1.7 | 1.4   | -8.3  | 11.1  | -8.3  | -2.9  | 11.1 |
|       |                        | 2040-2070 | -7.6                              | -5.5  | -9.3  | -13.6 | -12.5 | -2.1 | -2.8  | -11.4 | 3.9   | -13.6 | -6.8  | 3.9  |
|       |                        | 2070-2100 | -15.5                             | -14.8 | -12.5 | -24.5 | -24.1 | -7.0 | -13.7 | -21.3 | -7.7  | -24.5 | -15.7 | -7.0 |
| 3300D | Ega                    | 2010-2040 | -1.1                              | -5.7  | -6.3  | -7.7  | -6.6  | -2.1 | 3.3   | -9.7  | 10.7  | -9.7  | -2.8  | 10.7 |
|       |                        | 2040-2070 | -8.0                              | -5.1  | -8.7  | -12.9 | -12.2 | -3.0 | -2.0  | -10.9 | 3.8   | -12.9 | -6.6  | 3.8  |
|       |                        | 2070-2100 | -15.5                             | -13.7 | -11.4 | -23.2 | -22.9 | -7.1 | -11.5 | -21.2 | -7.7  | -23.2 | -14.9 | -7.1 |
| 4100H | Arga en Eugui          | 2010-2040 | 0.6                               | -9.1  | -6.0  | -7.3  | -7.3  | -1.1 | 2.0   | -4.8  | 9.5   | -9.1  | -2.6  | 9.5  |
|       |                        | 2040-2070 | -6.4                              | -7.2  | -8.1  | -14.3 | -12.9 | -1.6 | -4.7  | -10.9 | 0.3   | -14.3 | -7.3  | 0.3  |
|       |                        | 2070-2100 | -14.3                             | -15.8 | -14.7 | -24.1 | -25.3 | -7.7 | -15.8 | -19.6 | -9.1  | -25.3 | -16.3 | -7.7 |
| 4200C | Ultzama                | 2010-2040 | 0.2                               | -8.4  | -6.0  | -7.7  | -7.1  | -1.9 | 2.9   | -4.8  | 11.0  | -8.4  | -2.4  | 11.0 |
|       |                        | 2040-2070 | -6.7                              | -6.6  | -7.7  | -13.9 | -12.7 | -1.9 | -3.0  | -9.7  | 1.8   | -13.9 | -6.7  | 1.8  |
|       |                        | 2070-2100 | -15.1                             | -15.7 | -13.1 | -24.5 | -25.5 | -7.9 | -13.8 | -17.1 | -6.6  | -25.5 | -15.5 | -6.6 |
| 4300C | Araquil en Asiain      | 2010-2040 | 0.4                               | -8.7  | -6.0  | -8.1  | -6.4  | -1.4 | 1.7   | -7.0  | 10.5  | -8.7  | -2.8  | 10.5 |
|       |                        | 2040-2070 | -6.3                              | -6.7  | -8.5  | -14.6 | -12.9 | -1.8 | -3.3  | -12.2 | 1.8   | -14.6 | -7.2  | 1.8  |
|       |                        | 2070-2100 | -14.3                             | -14.6 | -13.3 | -24.2 | -25.1 | -7.3 | -14.5 | -21.4 | -8.7  | -25.1 | -15.9 | -7.3 |
| 4500C | Salado                 | 2010-2040 | -2.2                              | -5.1  | -7.9  | -7.9  | -6.9  | -2.7 | 3.5   | -8.4  | 11.6  | -8.4  | -2.9  | 11.6 |
|       |                        | 2040-2070 | -8.3                              | -4.7  | -10.0 | -14.3 | -13.6 | -1.4 | -3.1  | -8.1  | 4.7   | -14.3 | -6.5  | 4.7  |
|       |                        | 2070-2100 | -16.5                             | -14.8 | -13.3 | -25.0 | -24.2 | -7.8 | -12.2 | -16.5 | -5.9  | -25.0 | -15.1 | -5.9 |
| 4600C | Arga                   | 2010-2040 | -0.9                              | -5.8  | -6.0  | -7.1  | -6.5  | -2.5 | 3.7   | -8.9  | 11.1  | -8.9  | -2.5  | 11.1 |
|       |                        | 2040-2070 | -7.0                              | -4.6  | -7.6  | -12.7 | -12.6 | -1.2 | -3.5  | -9.6  | 2.9   | -12.7 | -6.2  | 2.9  |
|       |                        | 2070-2100 | -14.6                             | -14.0 | -10.9 | -22.4 | -23.3 | -7.2 | -12.4 | -18.2 | -7.4  | -23.3 | -14.5 | -7.2 |

| Punto | Descripción                            | Período   | • Precipitación [%] para el RCP 8.5 |       |       |       |       |      |       |       |       |       |       |      |
|-------|----------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|       |                                        |           | P01                                 | P02   | P03   | P04   | P05   | P06  | C01   | C02   | C03   | Min.  | Med.  | Max. |
| 5300K | Iratí en embalse de Itoiz [con Urrobi] | 2010-2040 | -1.2                                | -8.0  | -5.6  | -6.8  | -6.6  | -1.4 | 2.3   | -4.2  | 7.9   | -8.0  | -2.6  | 7.9  |
|       |                                        | 2040-2070 | -6.9                                | -6.6  | -7.6  | -13.5 | -11.9 | -1.0 | -6.5  | -10.8 | -2.6  | -13.5 | -7.5  | -1.0 |
|       |                                        | 2070-2100 | -14.8                               | -14.5 | -12.8 | -21.9 | -22.9 | -7.0 | -17.3 | -20.8 | -12.8 | -22.9 | -16.1 | -7.0 |
| 5200K | Salazar                                | 2010-2040 | -2.6                                | -5.1  | -6.0  | -6.6  | -6.1  | -1.9 | 4.6   | -4.1  | 8.4   | -6.6  | -2.1  | 8.4  |
|       |                                        | 2040-2070 | -7.5                                | -4.8  | -7.8  | -12.4 | -11.6 | 1.0  | -5.8  | -6.1  | -2.7  | -12.4 | -6.4  | 1.0  |
|       |                                        | 2070-2100 | -16.2                               | -13.0 | -10.8 | -21.5 | -20.9 | -6.2 | -13.8 | -14.5 | -12.2 | -21.5 | -14.3 | -6.2 |
| 5300M | Iratí                                  | 2010-2040 | -1.3                                | -7.3  | -5.6  | -6.9  | -6.4  | -1.7 | 2.8   | -3.9  | 8.8   | -7.3  | -2.4  | 8.8  |
|       |                                        | 2040-2070 | -6.9                                | -6.1  | -7.6  | -13.4 | -12.0 | -0.7 | -5.8  | -9.3  | -1.8  | -13.4 | -7.1  | -0.7 |
|       |                                        | 2070-2100 | -15.0                               | -14.3 | -12.3 | -22.0 | -22.9 | -7.0 | -16.0 | -18.5 | -11.9 | -22.9 | -15.5 | -7.0 |
| 5000B | Aragón en Yesa                         | 2010-2040 | -5.5                                | -3.2  | -6.4  | -3.7  | -5.9  | -0.6 | 4.6   | -4.7  | 7.1   | -6.4  | -2.0  | 7.1  |
|       |                                        | 2040-2070 | -8.9                                | -4.1  | -8.1  | -10.9 | -11.1 | 3.7  | -8.8  | -5.6  | -4.5  | -11.1 | -6.5  | 3.7  |
|       |                                        | 2070-2100 | -18.0                               | -12.7 | -9.2  | -20.1 | -19.3 | -3.3 | -14.7 | -15.7 | -13.3 | -20.1 | -14.0 | -3.3 |
| 5400E | Zidacos                                | 2010-2040 | -1.2                                | -2.7  | -5.3  | -6.4  | -5.2  | -2.8 | 4.7   | -9.1  | 11.4  | -9.1  | -1.8  | 11.4 |
|       |                                        | 2040-2070 | -6.1                                | -2.6  | -6.5  | -10.4 | -11.1 | -0.4 | -4.8  | -8.3  | 3.2   | -11.1 | -5.2  | 3.2  |
|       |                                        | 2070-2100 | -13.5                               | -12.2 | -8.1  | -18.3 | -19.7 | -6.1 | -12.7 | -15.6 | -8.2  | -19.7 | -12.7 | -6.1 |
| 5500F | Aragón                                 | 2010-2040 | -5.0                                | -2.9  | -6.3  | -4.1  | -5.6  | -1.1 | 4.6   | -5.0  | 8.0   | -6.3  | -1.9  | 8.0  |
|       |                                        | 2040-2070 | -8.5                                | -3.7  | -7.9  | -10.9 | -11.0 | 3.3  | -8.1  | -5.5  | -3.4  | -11.0 | -6.2  | 3.3  |
|       |                                        | 2070-2100 | -17.6                               | -12.3 | -9.0  | -19.9 | -19.2 | -3.6 | -14.3 | -15.1 | -12.8 | -19.9 | -13.8 | -3.6 |
| 6000A | Alhama                                 | 2010-2040 | -1.7                                | -0.1  | -5.0  | -4.2  | -4.1  | -3.0 | 0.8   | -16.0 | 5.2   | -16.0 | -3.1  | 5.2  |
|       |                                        | 2040-2070 | -6.1                                | -0.7  | -6.8  | -7.7  | -8.2  | 0.7  | -7.3  | -16.1 | -3.0  | -16.1 | -6.1  | 0.7  |
|       |                                        | 2070-2100 | -11.8                               | -9.1  | -4.8  | -14.0 | -12.8 | -3.8 | -17.6 | -30.4 | -16.7 | -30.4 | -13.5 | -3.8 |
| 7000B | Queiles                                | 2010-2040 | -0.5                                | -0.2  | -4.8  | -3.4  | -3.6  | -2.5 | -0.3  | -18.7 | 6.0   | -18.7 | -3.1  | 6.0  |
|       |                                        | 2040-2070 | -5.9                                | -0.3  | -6.2  | -4.7  | -6.4  | -0.5 | -5.5  | -16.7 | -1.5  | -16.7 | -5.3  | -0.3 |
|       |                                        | 2070-2100 | -10.9                               | -8.6  | -4.2  | -11.5 | -12.1 | -3.6 | -15.9 | -33.0 | -15.7 | -33.0 | -12.8 | -3.6 |
| 2000A | Linares                                | 2010-2040 | -1.8                                | -4.9  | -6.3  | -7.2  | -6.7  | -2.5 | 4.5   | -10.7 | 10.7  | -10.7 | -2.8  | 10.7 |
|       |                                        | 2040-2070 | -9.1                                | -4.2  | -8.2  | -11.9 | -12.2 | -3.7 | -0.3  | -9.3  | 4.8   | -12.2 | -6.0  | 4.8  |
|       |                                        | 2070-2100 | -15.8                               | -13.2 | -10.4 | -22.0 | -22.7 | -7.3 | -10.1 | -20.8 | -6.2  | -22.7 | -14.3 | -6.2 |
| 9400K | Bidasoa en Enderlatza                  | 2010-2040 | 1.0                                 | -9.2  | -4.9  | -7.1  | -6.9  | -0.3 | 2.5   | -4.8  | 10.0  | -9.2  | -2.2  | 10.0 |
|       |                                        | 2040-2070 | -5.6                                | -7.1  | -6.3  | -13.0 | -11.9 | -1.7 | -3.4  | -10.5 | 2.5   | -13.0 | -6.3  | 2.5  |
|       |                                        | 2070-2100 | -13.3                               | -14.7 | -12.1 | -21.4 | -24.8 | -6.7 | -15.4 | -19.8 | -6.3  | -24.8 | -14.9 | -6.3 |
| 9520D | Urumea en embalse de Añarbe            | 2010-2040 | 1.4                                 | -9.7  | -3.8  | -6.8  | -5.3  | 0.8  | 3.2   | -4.0  | 10.4  | -9.7  | -1.5  | 10.4 |
|       |                                        | 2040-2070 | -5.5                                | -7.2  | -5.1  | -11.7 | -9.0  | -2.3 | -2.1  | -9.3  | 2.6   | -11.7 | -5.5  | 2.6  |
|       |                                        | 2070-2100 | -12.1                               | -12.9 | -10.3 | -20.1 | -23.3 | -5.8 | -14.8 | -19.2 | -5.5  | -23.3 | -13.8 | -5.5 |

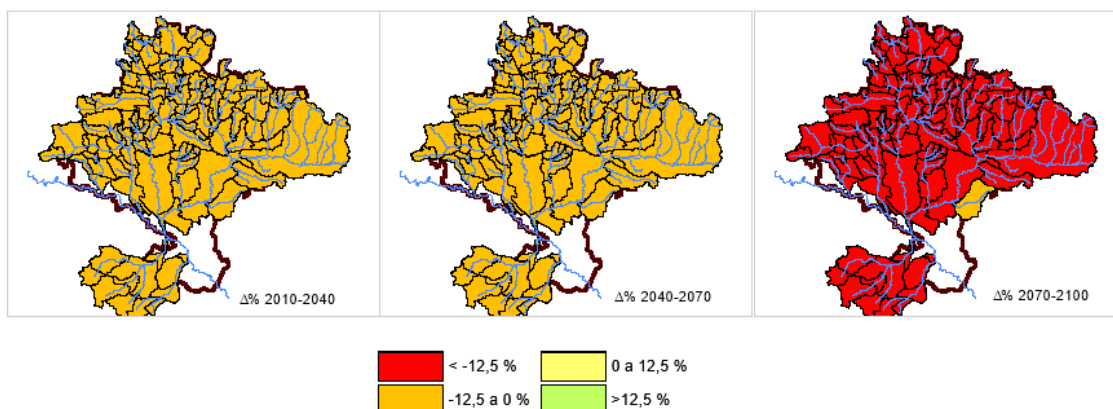


Figura 88 Distribución espacial de las anomalías de precipitación por los tres periodos de impacto estudiado en el escenario RCP 8.5

## 5 LA SIMULACIÓN HIDROLÓGICA

Tal y como se explica en el apartado de metodología, en este capítulo se procede a obtener los recursos hídricos proyectados a futuro en base a un proceso de simulación hidrológica de conversión de precipitación en escorrentía. Este proceso se realiza a partir de los datos a nivel diario de las principales variables climáticas obtenidas gracias a los 9 modelos climáticos seleccionados. En el capítulo anterior se ha mostrado como los valores de estas variables se comportan en base a su tendencia y se han estudiado las anomalías climáticas considerando un período de referencia.

De forma resumida y sin entrar en los detalles que se explican en los capítulos siguientes, se realiza una simulación hidrológica utilizando el modelo *Sacramento Soil Moisture Accounting Model*, conocido como el modelo Sacramento. Este modelo ha sido adaptado y mejorado por el equipo de expertos de INCLAM y ha sido utilizado con éxito en los estudios antecedentes realizados en la Comunidad de Navarra y concretamente en el estudio de Actualización del Banco de datos hidrológico para el periodo 2007-2015 realizado por el gobierno de Navarra en el año 2017. Sobre la base de este último estudio se toman los parámetros físicos de la cuenca debidamente ajustados mediante la calibración realizada durante la ejecución del citado estudio.

El proceso de simulación hidrológica se ha realizado de forma continua entre los años 1970 y 2100 a nivel diario, considerando los datos de los nueve modelos seleccionados que se describen en la tabla 1 y simulando dos escenarios de emisión definidos en el Quinto informe

IPCC, denominados Trayectorias de Concentración Representativas, conocidos por sus siglas en inglés RCP. El primero de ellos es un escenario de estabilización de emisiones, RCP 4.5 y el segundo estudiado es un escenario de altas emisiones, RCP 8.5.

A partir de los datos climáticos de precipitación diaria [PCP] y temperatura media diaria [TMM] se obtiene el valor de Evapotranspiración potencial [ETP], el método utilizado para su obtención es el de Thornthwaite, manteniendo la metodología utilizada en el estudio de actualización antes citado. El dato obtenido de evapotranspiración es mensual y se obtiene un valor diario mediante una desagregación uniforme de este dato. Por tanto, los datos climáticos simulados son la TMD, la ETP y la PCP con un paso de tiempo temporal diario.

Como se ha comentado en repetidas ocasiones las predicciones climáticas estás sujetas a una gran incertidumbre. El tratamiento de esta se ha realizado mediante la utilización de un conjunto de múltiples modelos (9 en nuestro caso) representado por el resultado de la media entre ellos.

Esto nos ofrece una banda de resultados con una gran dispersión y un valor representado por la media, con el que se analizan las predicciones de recursos de cara al futuro.

## 5.1 Descripción del modelo

El modelo utilizado en el presente trabajo se trata del denominado “*Sacramento Soil Moisture Accounting Model*”, desarrollado conjuntamente por el *National Weather Service* de Estados Unidos y el *Department of Water Resources* del estado californiano. En nuestro país ha venido a conocerse con el nombre de Sacramento, y la versión utilizada actualmente se completó con una rutina que tiene en cuenta el efecto invernal de retención nival, que el modelo original no contemplaba.

El modelo Sacramento simula el comportamiento hidrológico de una cuenca determinando los diversos porcentajes que se dedican a retención nival, evaporación, flujo superficial o flujo subterráneo, porcentajes variables en función de los diversos parámetros hidrológicos de la cuenca en cada momento.

Estos parámetros se determinan a partir de las relaciones entre las cantidades registradas de agua caída y los caudales observados en el río o cauce de desagüe, por lo que siempre es necesario en cada cuenca, un proceso de calibrado que determine los valores constantes de alguno de los parámetros y los coeficientes de las leyes que rigen el comportamiento del resto.

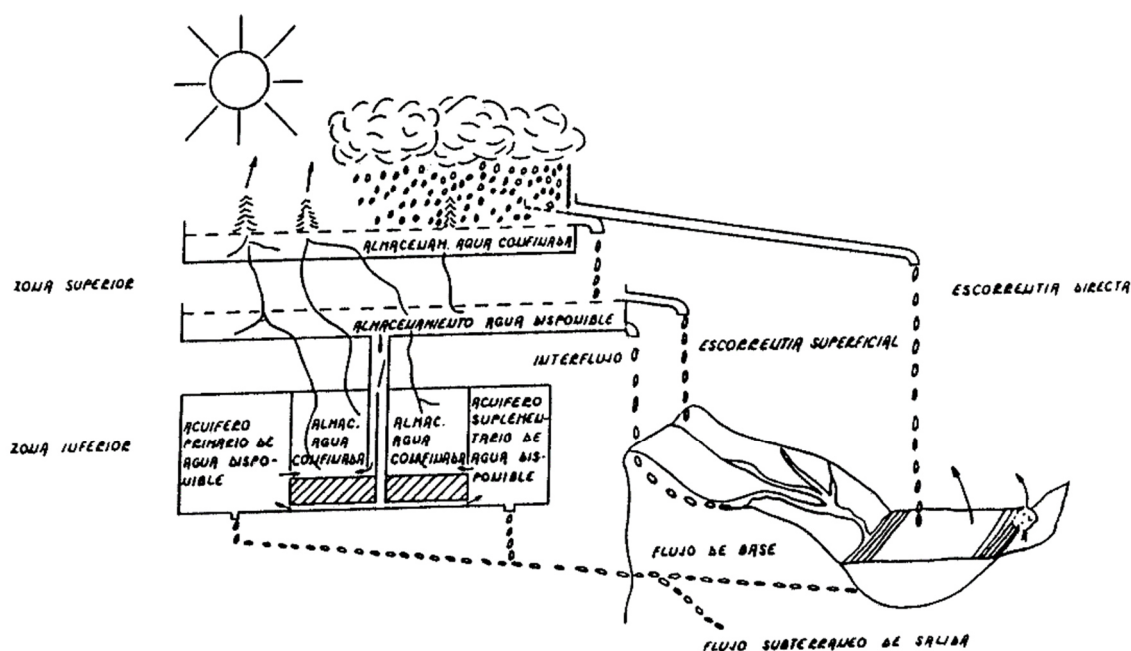


Figura 89 Esquema de depósitos del modelo Sacramento.

El modelo descompone los recursos brutos que recibe el sistema [series de precipitación diaria], en una colección de series que representan la evolución temporal de cada uno de los elementos del ciclo hidrológico [caudales transferidos y volúmenes almacenados en cada depósito ficticio]. Topológicamente, el modelo SSMA descompone las cuencas en los terrenos siguientes:

- Impermeables, integrado por los terrenos conectados directamente a la red hidrográfica capaces únicamente de producir escorrentía directa o evaporación [zonas impermeables, masas de agua, etc.]
- Permeables [incluyendo terrenos temporalmente impermeables con suelo desarrollado] que además de producir escorrentía pueden infiltrar agua. Estos terrenos se agrupan en las siguientes zonas y depósitos ficticios:

**La zona superior**, que representa el comportamiento regulador del suelo, y está formada por un estanque de agua en tensión [agua confinada] y un estanque de agua libre. Físicamente están a un mismo nivel, pero en el modelo se considera al estanque de agua en tensión como el primer elemento de almacenamiento. Los parámetros que representan esta zona son:

- **UZTW:** Agua en tensión que únicamente puede evaporar agua a la atmósfera. Máxima cantidad de agua en tensión que puede ser almacenada en esta zona.
- **UZFW:** Agua libre que puede infiltrar al depósito inferior o producir escorrentía directa o hipodérmica. Máxima cantidad de agua libre, capaz de ser almacenada en la zona alta.
- **UZK:** Porción de agua libre de la zona alta que genera el flujo subsuperficial o intermedio en un día. Corresponde a la tasa de recesión diaria de este estanque de agua libre.

**La zona inferior**, que simula el comportamiento de los acuíferos, y se descompone a su vez en tres depósitos, un estanque de agua en tensión y dos de agua libre. Los parámetros asociados a esta zona son:

- **LZTW:** Agua en tensión que da la posibilidad de evaporar recursos en caso de sequías prolongadas. Máxima cantidad de agua en tensión que puede ser almacenada en esta zona.
- **LZFP** Primario, de respuesta más lenta, que representa el drenaje del acuífero a largo plazo en forma de flujo base. Capacidad de almacenamiento del depósito primario inferior de agua libre.
- **LZFS** Secundario que responde con rapidez a la precipitación en forma de flujo base. Capacidad de almacenamiento del depósito secundario inferior de agua libre
- **LZPK:** Capacidad de vaciado del depósito inferior primario de agua libre
- **LZSK:** Capacidad de vaciado del depósito inferior secundario de agua libre

Los intercambios entre depósitos parcialmente llenos se rigen por leyes que consideran los porcentajes de llenado y por tanto sus demandas de agua. Cuando los depósitos alcanzan su capacidad máxima, rebosan y ceden los recursos excedentarios a otros depósitos en función de la demanda de los compartimentos receptores.

Como en otros modelos conceptuales, la filosofía de la simulación es simple, reduciéndose a aplicar en cada intervalo de tiempo una ecuación de balance hídrico a cada depósito de los anteriormente definidos hasta completar el balance de todo el sistema.

Los balances hídricos comienzan por los terrenos impermeables superiores que producen escorrentía directa desde los primeros instantes, la cual es repartida en días sucesivos a través de un hidrograma unitario que define el usuario.

La precipitación restante entra en los terrenos permeables, alimentando en parte el depósito de agua en tensión, que evapora los recursos disponibles en función de la evapotranspiración

potencial. La precipitación que resta una vez satisfecha esta demanda alimenta el depósito de agua libre superior, que produce escorrentía directa en las zonas temporalmente impermeables y flujo hipodérmico en las estrictamente permeables.

La cantidad de agua que percola a los depósitos inferiores es proporcional a la relación entre el volumen de agua almacenado en la zona superior y la capacidad máxima de la misma. La ley que regula el intercambio es una transcripción de la ley de Horton que tiene en cuenta el déficit de humedad que origina demanda en los depósitos inferiores. La percolación es máxima en el instante inicial, tiene un valor límite y pierde capacidad con el tiempo siguiendo una curva exponencial.

Los recursos percolados a la zona inferior se reparten entre el depósito de agua en tensión y los dos depósitos libres [primario y secundario]. El depósito en tensión únicamente puede evaporar agua, en función de su capacidad, del agua almacenada en los depósitos de tensión y el déficit de evapotranspiración en el intervalo de cálculo, una vez descontadas las pérdidas en la zona superior.

Los depósitos de agua libre de la zona inferior funcionan de forma independiente, cada uno con un conjunto independiente de parámetros que refleja sus propiedades [drenaje lento y rápido]. Ambos depósitos superponen sus efectos para componer el flujo base, el cual se suma al hipodérmico y a la escorrentía directa para dar la escorrentía total.

Para tener en cuenta los cambios que se producen en el hidrograma cuando éste se traslada por los cauces, el modelo permite aplicar al hidrograma generado un esquema simplificado de laminación del tipo Muskingum.

## 5.2 Resultados obtenidos

La ejecución del modelo de transformación precipitación – escorrentía ofrece un conjunto de series temporales donde se estudia la evolución de los Recursos Hídricos a lo largo del tiempo. En primer lugar, se analiza la tendencia de las anomalías anuales respecto al periodo de control 1970-2000, que se obtiene a partir de la media del conjunto de modelos en los lugares de interés expuestos en la tabla 2. A continuación, se muestran las anomalías en los periodos de impacto 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100. Este resultado se obtiene de forma individual para cada uno de los modelos estudiados, mostrando a su vez el resultado de la media y el valor máximo y mínimo del conjunto de modelos.



### **5.2.1 Evolución y tendencia de las aportaciones para los diferentes modelos y escenarios simulados**

La tendencia general que se observa para el conjunto de la Comunidad de Navarra es claramente negativa, siendo, para la media, claramente significativa estadísticamente según el test de Mann-Kendall [Kendall, 1956]. Esta tendencia negativa es mucho más acusada en la vertiente mediterránea, donde en el escenario RCP 4.5 la pendiente obtenida es de -2,49%/decenio. En la vertiente cantábrica se obtiene una pendiente negativa de -2,18%/decenio.

En el escenario de altas emisiones RCP 8.5, la pendiente es mucho más acusada, -4,36%/decenio en la vertiente cantábrica, incrementándose en la vertiente mediterránea con un valor de -5,23%/decenio.

Destaca la amplitud de la franja donde se muestran el valor máximo y mínimo obtenido del conjunto de modelos, esta dispersión muestra la gran la incertidumbre que tiene esta variable, mucho más acusada que en las variables climáticas antes estudiadas. Existe un proceso de acumulación de incertidumbre del conjunto de variables climáticas estudiadas que se potencian durante el proceso de transformación precipitación-escorrentía.

Una cuestión que se muestra en otros estudios es que los cambios en las aportaciones agudizan o incrementan los cambios que presenta la precipitación [CEDEX, 2017]

La variación anual de las aportaciones se muestra en la figura 94 y figura 95, donde se aprecia como existe una reducción progresiva de las aportaciones a nivel mensual, la distribución intermensual se mantiene invariable en los periodos de impacto seleccionados, produciéndose los máximos y mínimos prácticamente durante los mismos meses del año. La reducción progresiva comentada se muestra de forma más evidente en el escenario 8.5, acentuándose en el periodo 2070-2100. Este comportamiento se ve reproducido tanto en la vertiente cantábrica como en la mediterránea.

De la misma forma, en la figura 96 y figura 97 se muestra la evolución de la estacionalidad en los periodos de impacto estudiado. Se aprecia como existe una reducción progresiva en cada una de las estaciones en las dos vertientes de la comunidad de Navarra. No se observa en ningún caso, un desplazamiento de los estiajes o de la época húmeda.

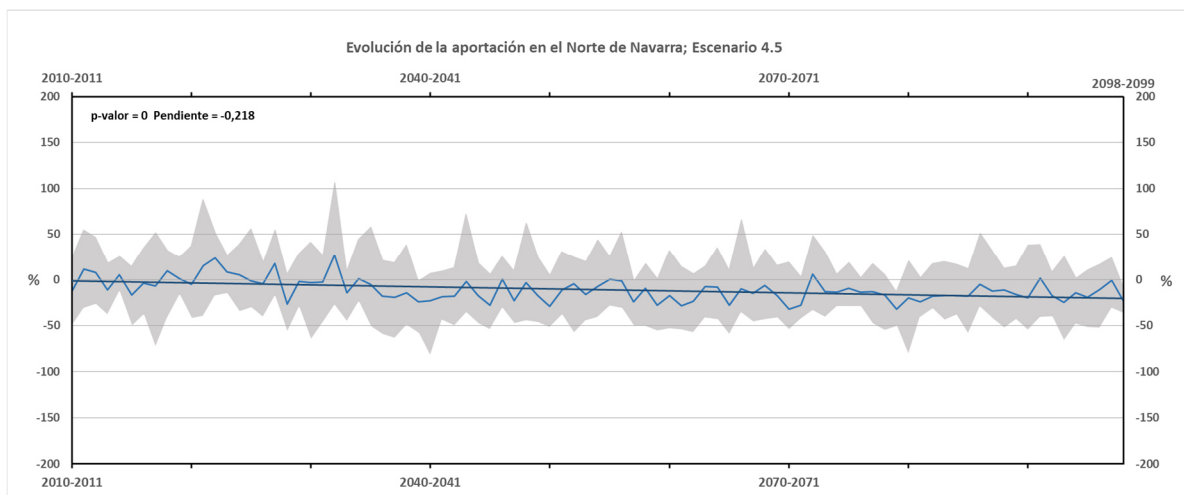


Figura 90 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados.

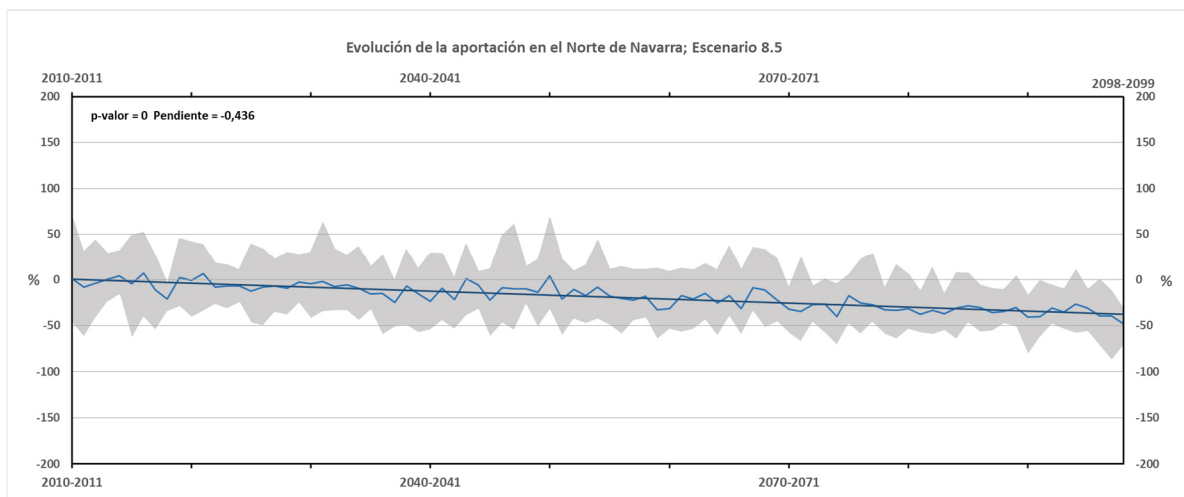


Figura 91 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la vertiente cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados.

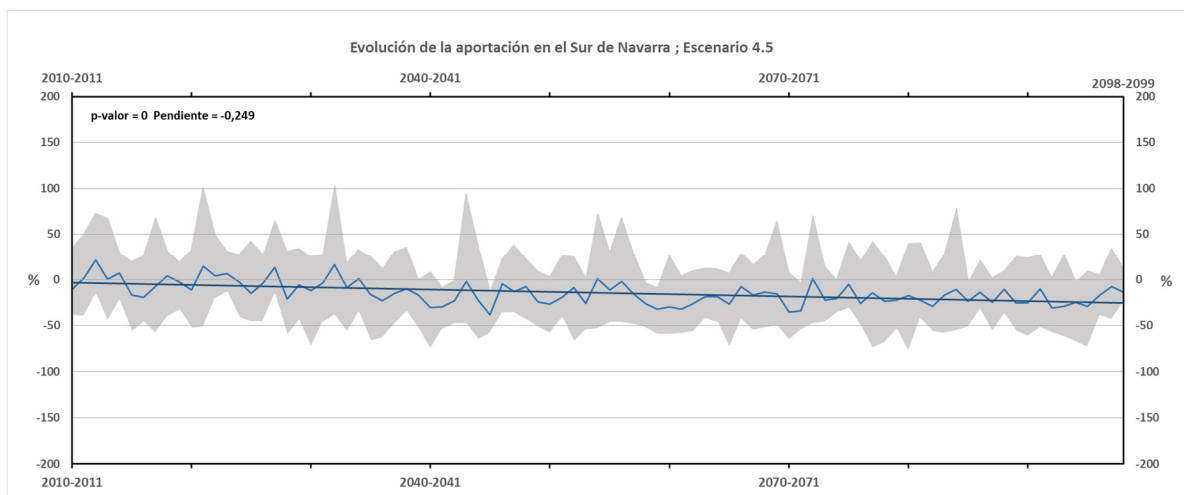


Figura 92 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados.

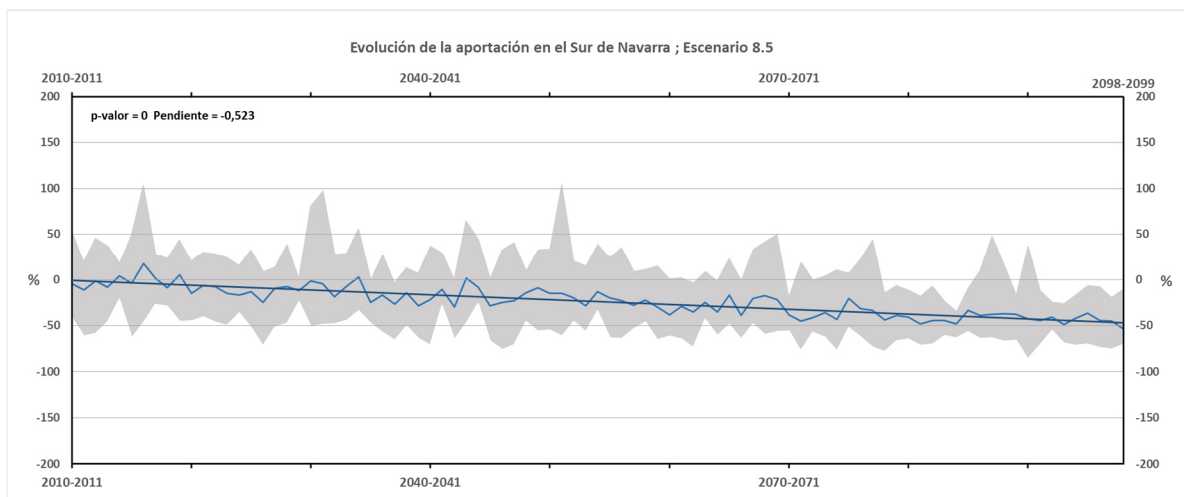


Figura 93 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 la vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados.

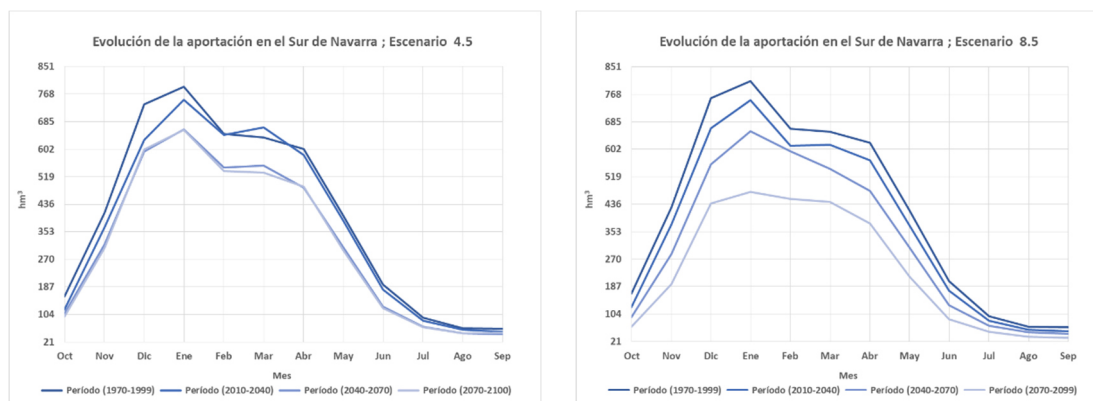


Figura 94 Evolución anual de las aportaciones en la vertiente mediterránea, en el escenario RCP 4.5 y RCP 8.5

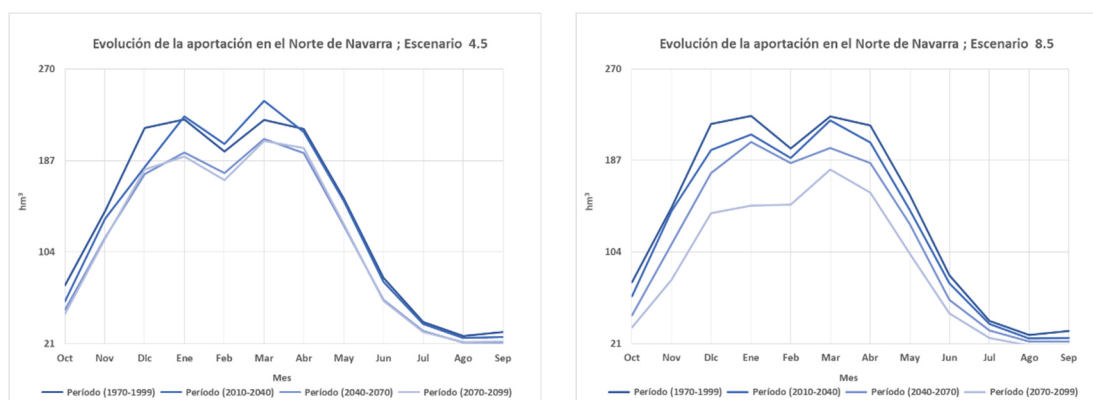


Figura 95 Evolución anual de las aportaciones en la vertiente cantábrica, en el escenario RCP 4.5 y RCP 8.5

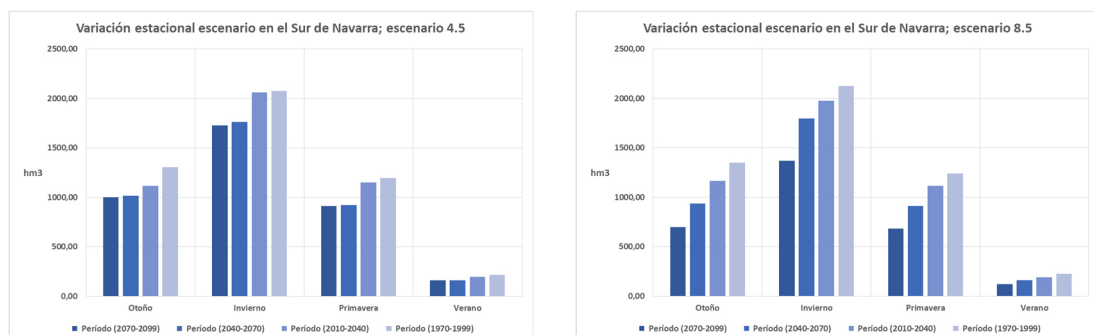


Figura 96 Evolución estacional de las aportaciones la vertiente mediterránea, en los escenarios RCP 4.5 y 8.5.

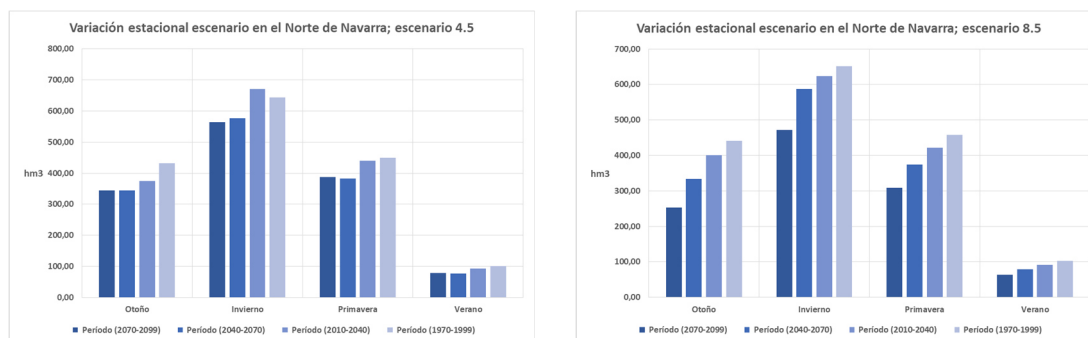


Figura 97 Evolución estacional de las aportaciones en la vertiente cantábrica, en los escenarios RCP 4.5 y 8.5.

## 5.2.2 Vertiente mediterránea

### 5.2.2.1 Río Ega

La media del conjunto de modelos en el río Ega presenta una pendiente negativa con un valor de  $-3,45 \text{ \%/decenio}$  en el escenario RCP 4.5 y  $-6,59 \text{ \%/decenio}$  en el escenario RCP 8.5. Esta cuenca es, dentro de la vertiente mediterránea, una de las que presenta una tendencia negativa más acusada.

Si se comparan estas tendencias con las obtenidas en el primer documento a partir del estudio de Actualización del Banco de datos hidrológico para el periodo 2007-2015 de 2017, se puede observar cómo estos resultados son similares a los que presentan los periodos 1954-2015 y 1970-2015, donde se obtuvieron las tendencias  $-3,8 \text{ \%/decenio}$  y  $-4,1 \text{ \%/decenio}$  respectivamente.

Dentro del conjunto de la cuenca, destaca la subcuenca del río Urederra con una pendiente negativa de  $-3,7 \text{ \%/decenio}$  y  $-6,96 \text{ \%/decenio}$  en los dos escenarios estudiados.

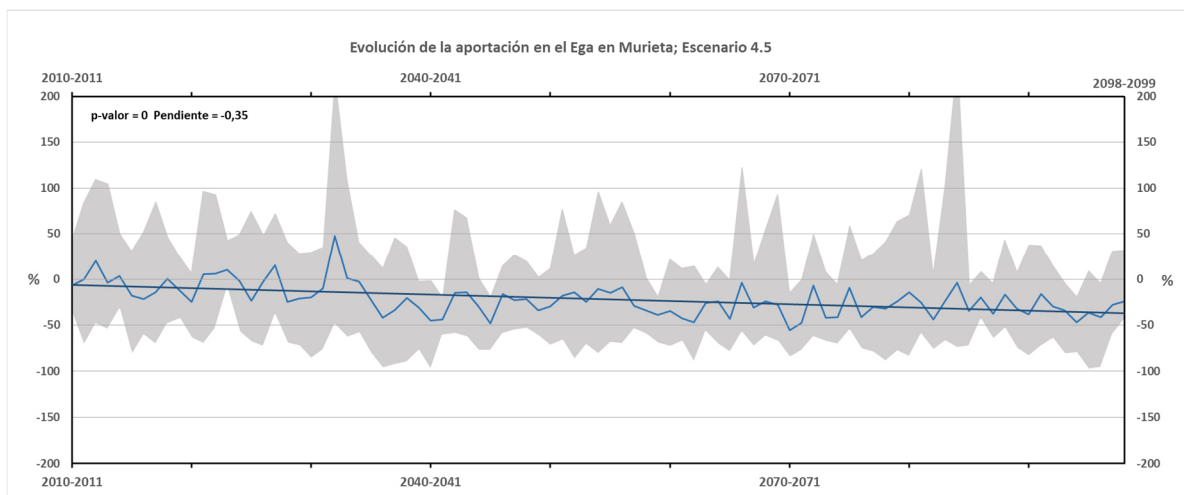


Figura 98 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Ega en Murieta, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

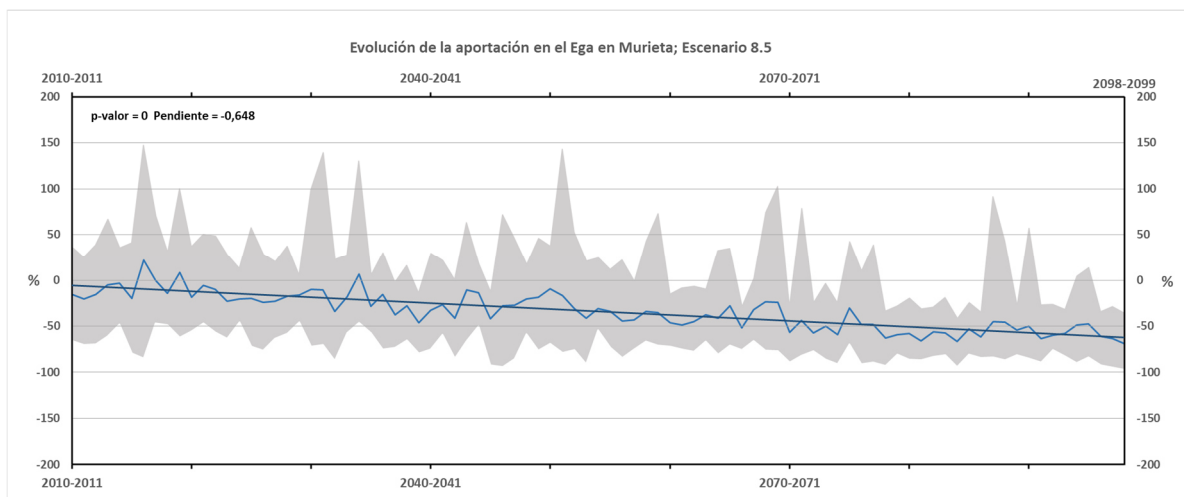


Figura 99 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Ega en Murieta, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

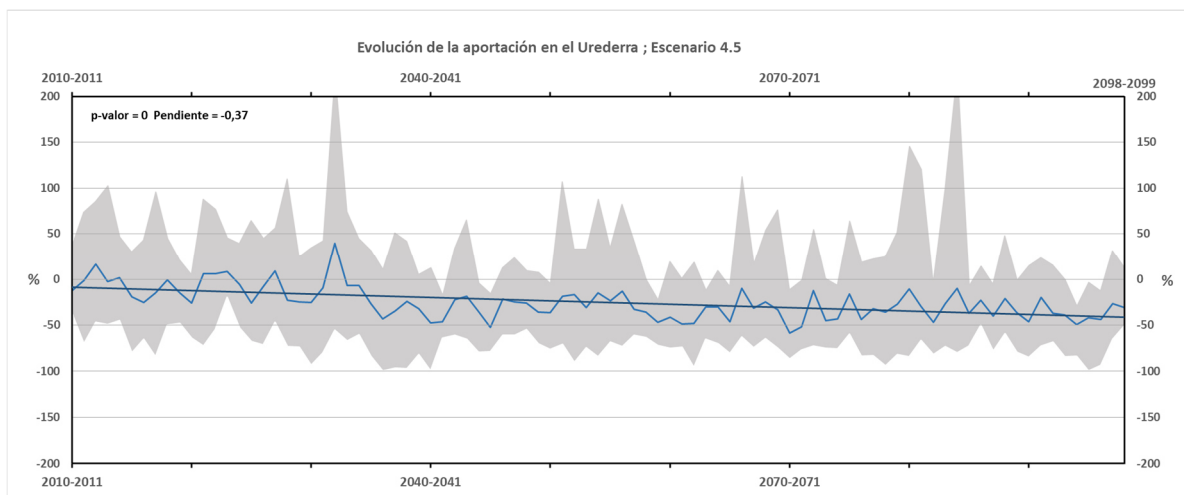


Figura 100 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Urederra, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

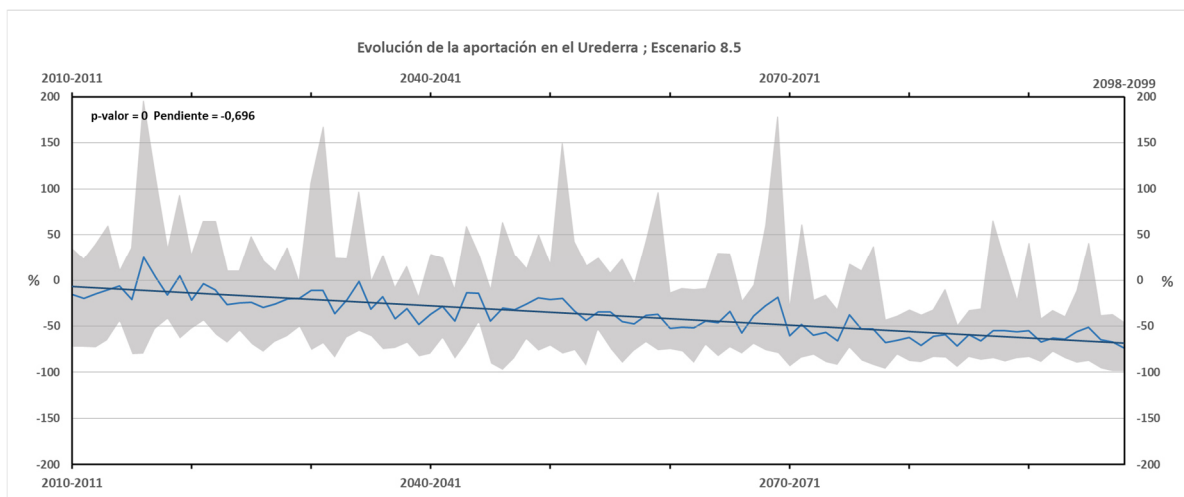


Figura 101 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Urederra, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

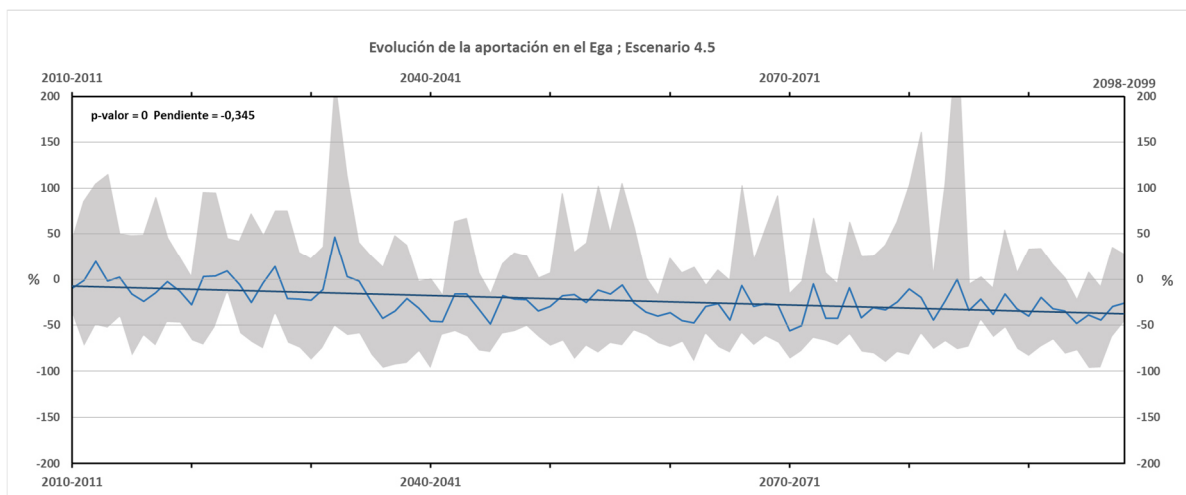


Figura 102 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Ega, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

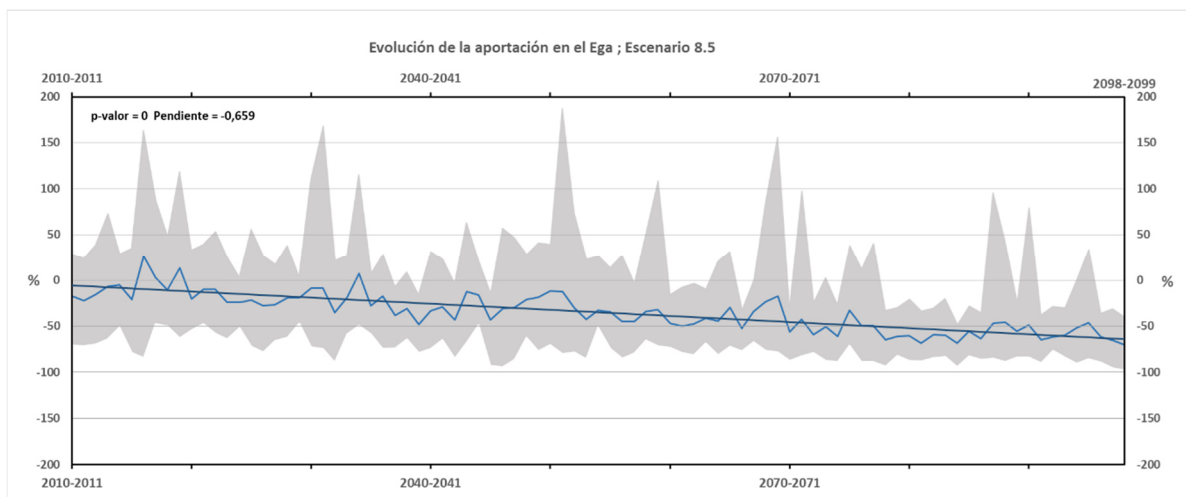


Figura 103 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Ega, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados



### 5.2.2.2 Río Arga

Las aportaciones en la cuenca del río Arga muestran una tendencia negativa para el conjunto de modelos similar a la que se obtiene en la totalidad de la vertiente mediterránea. Los valores obtenidos para la pendiente son  $-2,72\%/decenio$  en el escenario RCP 4.5 y  $-5,46\%/decenio$  en el RCP 8.5. Por otro lado, es interesante observar como los valores de las pendientes obtenidas a partir de los resultados del estudio de 2017 en los periodos 1954-2015 y 1970-2015 son  $-2,9\%$  y  $-4,5\%$  respectivamente.

Entre las subcuencas del río Arga, destaca la del río Salado como aquella donde se obtiene una tendencia negativa más acusada, obteniéndose unos valores de  $-3,7\%/decenio$  y  $-7,01\%/decenio$  en los escenarios RCP 4.5 y 8.5 respectivamente.

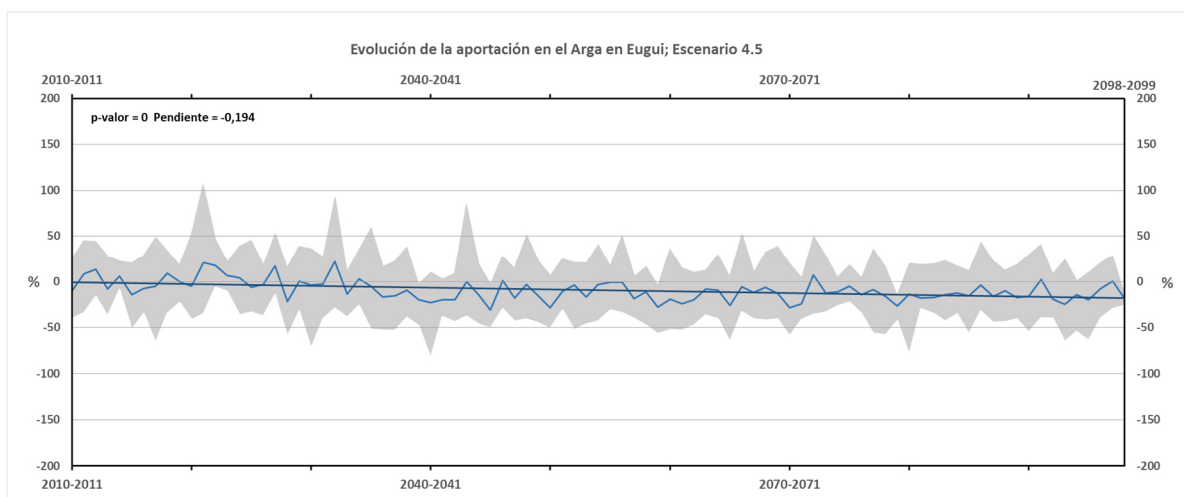


Figura 104 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Arga en Eugui, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

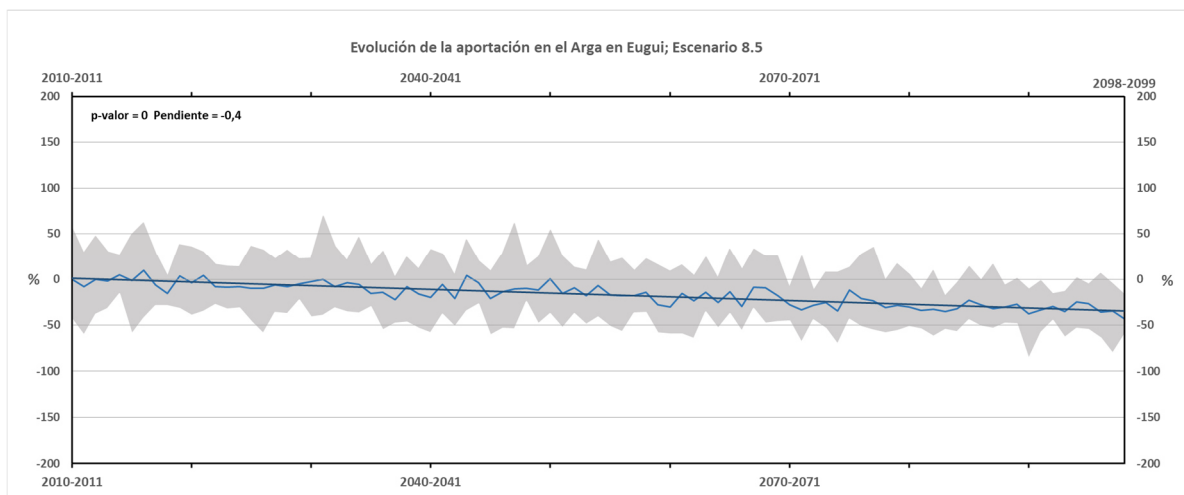


Figura 105 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Arga en Eugui, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

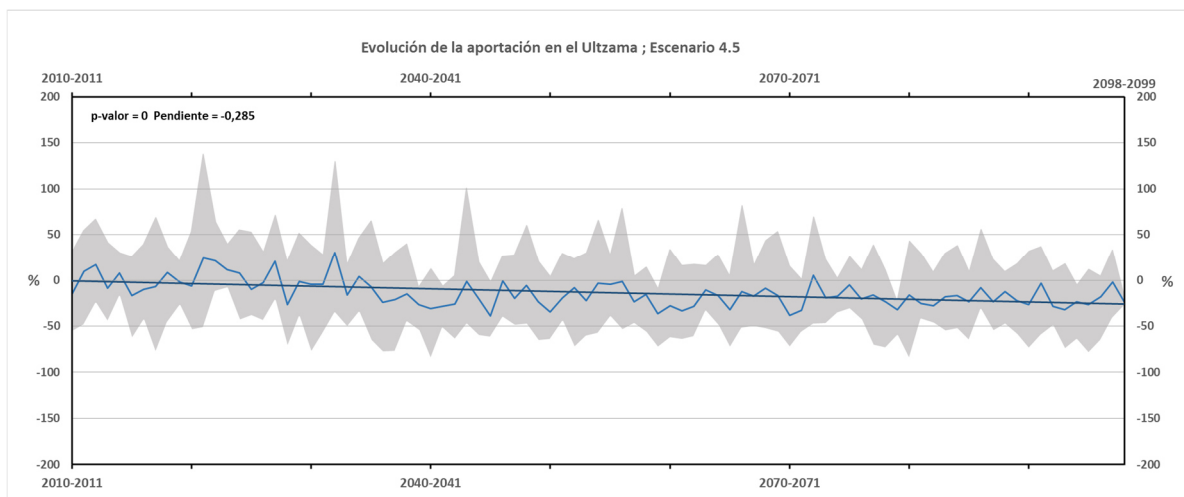


Figura 106 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Ultzama, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

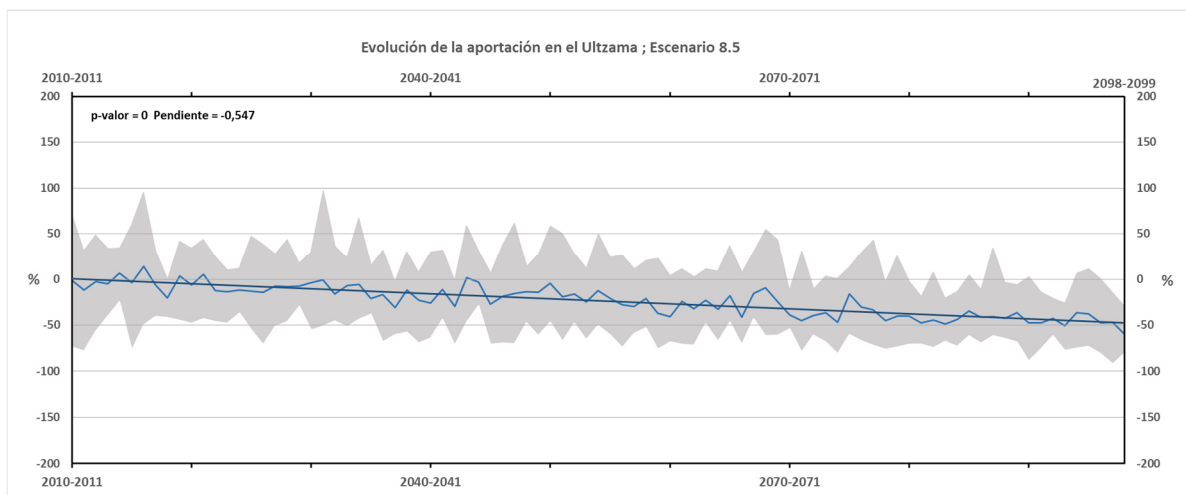


Figura 107 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Ultzama, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

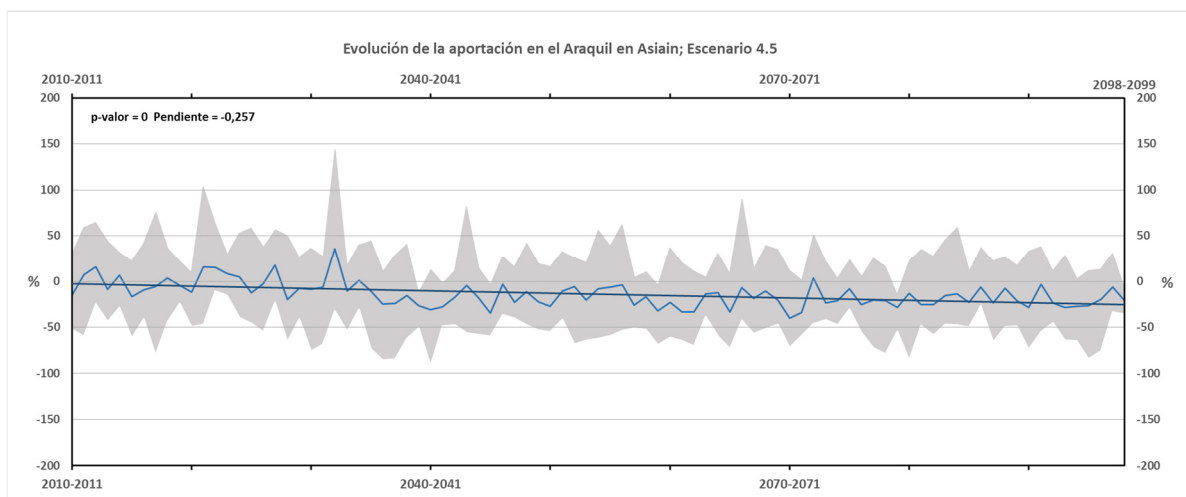


Figura 108 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Araquil en Asiain, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

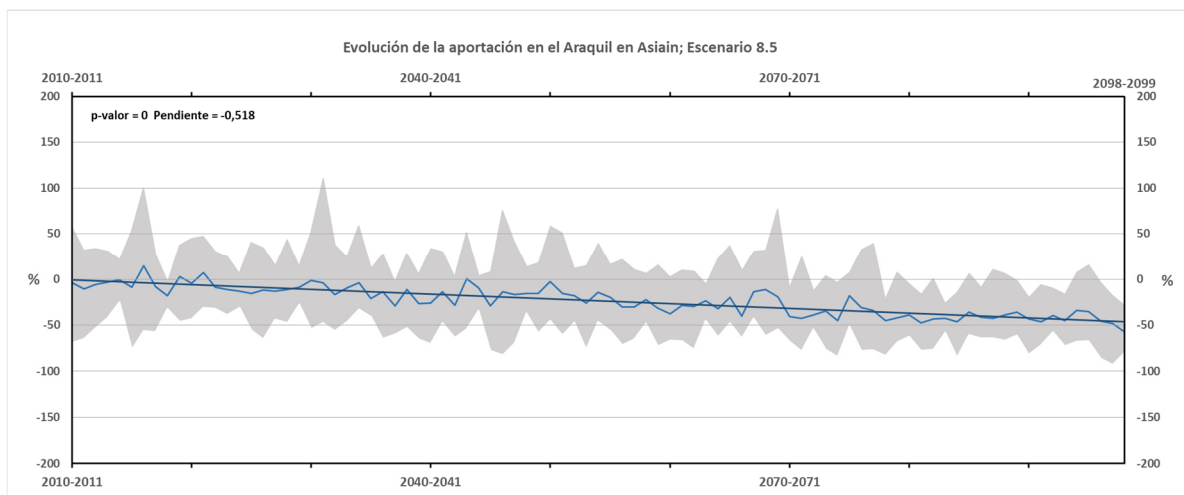


Figura 109 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Araquil en Asiain, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

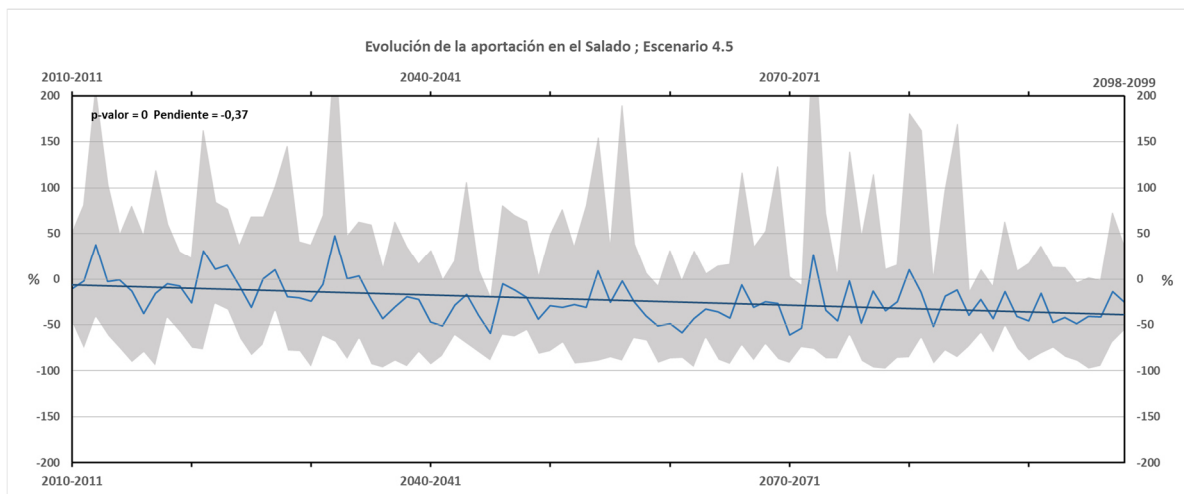


Figura 110 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Salado, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

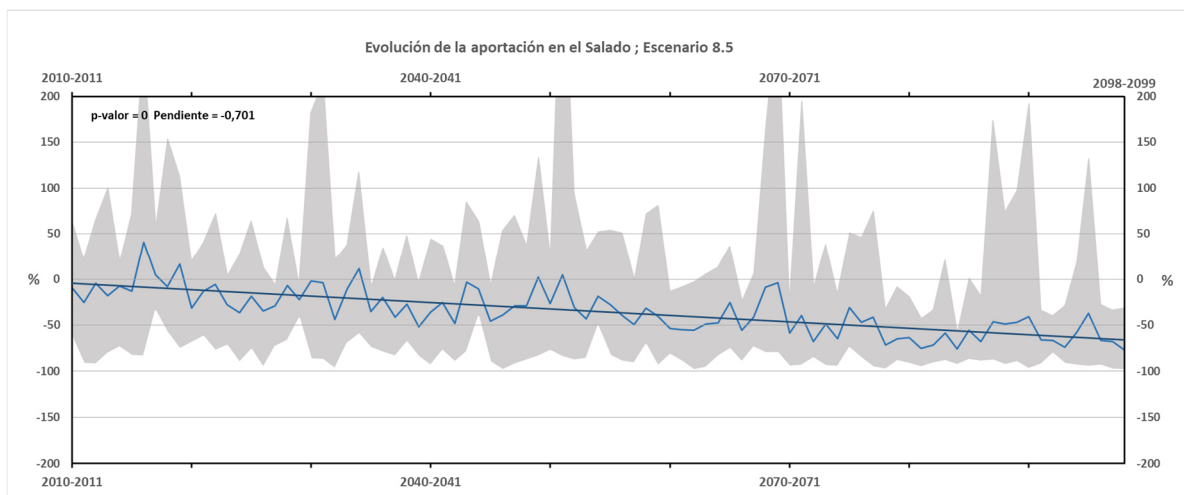


Figura 111 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Salado, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

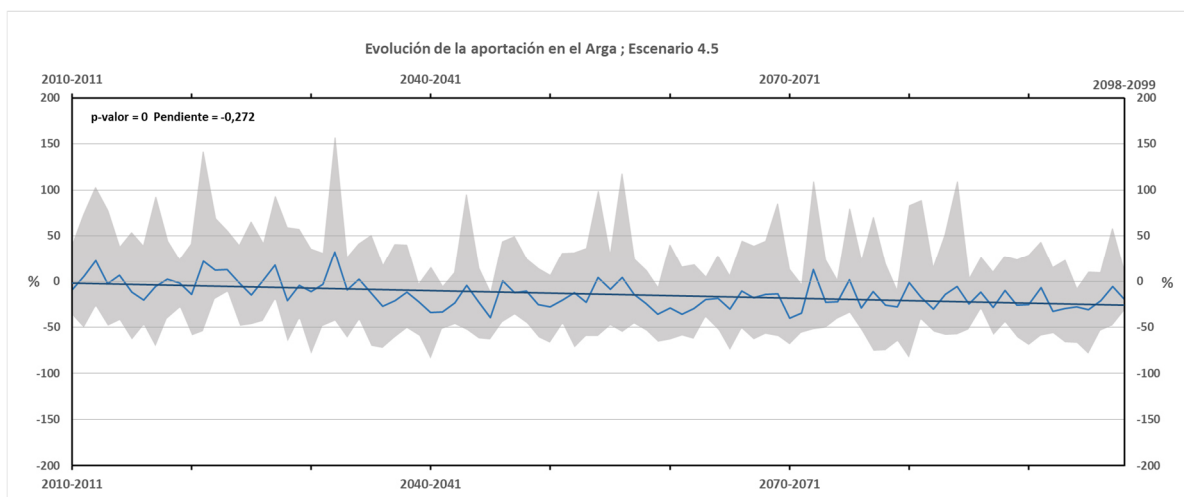


Figura 112 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Arga. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

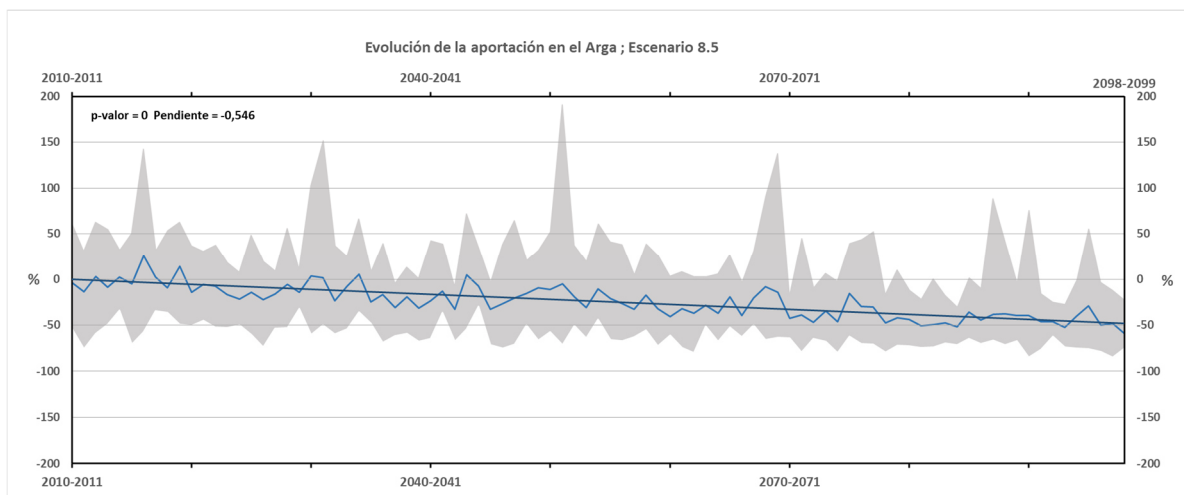


Figura 113 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Arga. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

### 5.2.2.3 Río Aragón

La pendiente que muestra la línea de tendencia para el conjunto de la cuenca del río Aragón es de -2,12%/decenio en el escenario RCP 4.5 y -4,8%/decenio en el escenario RCP 8.5. Estos valores de las tendencias están en consonancia con los obtenidos para el conjunto de la vertiente mediterránea. Las tendencias obtenidas en el primer documento de este estudio y obtenidas a partir de los datos de las aportaciones del estudio del año 2017 son -2,1%/decenio en el periodo 1954-2015 y 3,6%/decenio en el periodo 1970-2015. Cuando se comparan ambos valores se puede observar que todos estos valores están dentro del mismo orden de magnitud.

Entre el conjunto de subcuencas tributarias del río Aragón, destaca por lo acusado de su tendencia negativa, y por tanto por la posible reducción de los recursos disponibles a futuro la cuenca del río Zidacos donde se obtiene una pendiente de -5,36%/decenio en el escenario RCP 4.5 y -9%/decenio en el escenario RCP 8.5. Para esta cuenca el nivel de incertidumbre es muy elevado y por tanto, más si cabe en la mayoría de las cuencas estudiadas. Por tanto, estos resultados deben tomarse con la máxima precaución y debe utilizarse de forma orientativa.

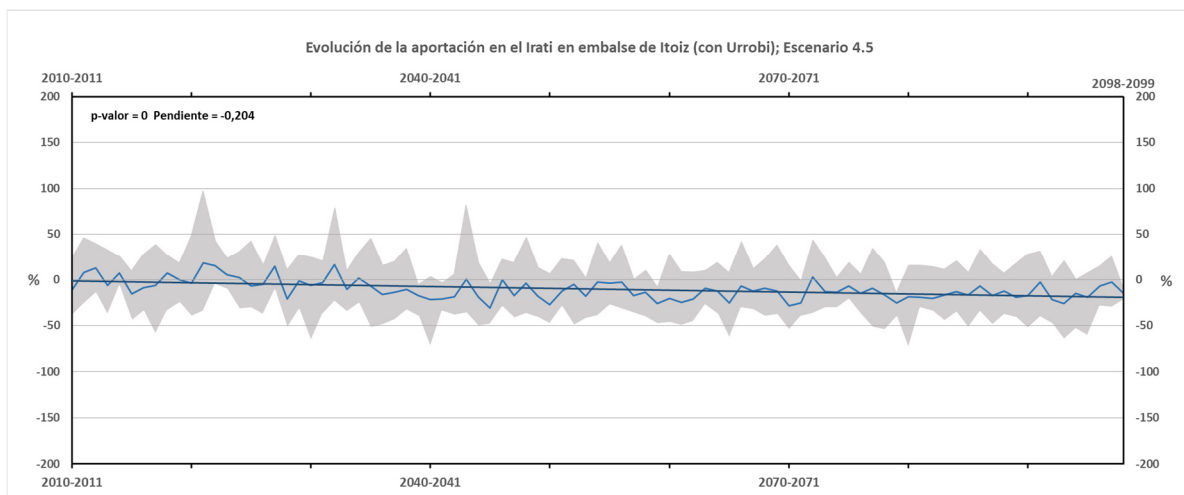


Figura 114 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Irati en embalse de Itoiz, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

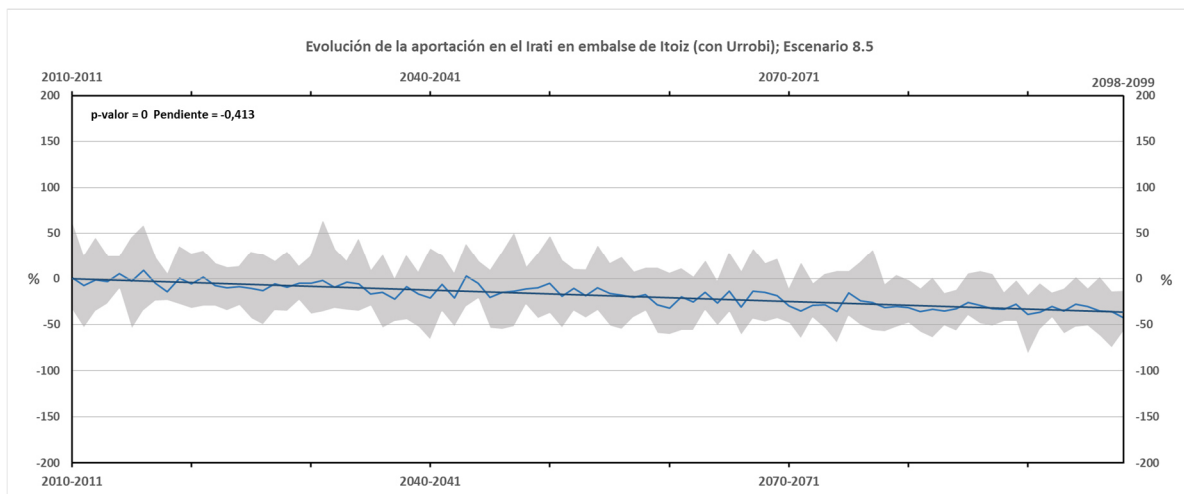


Figura 115 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Irati en embalse de Itoiz, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

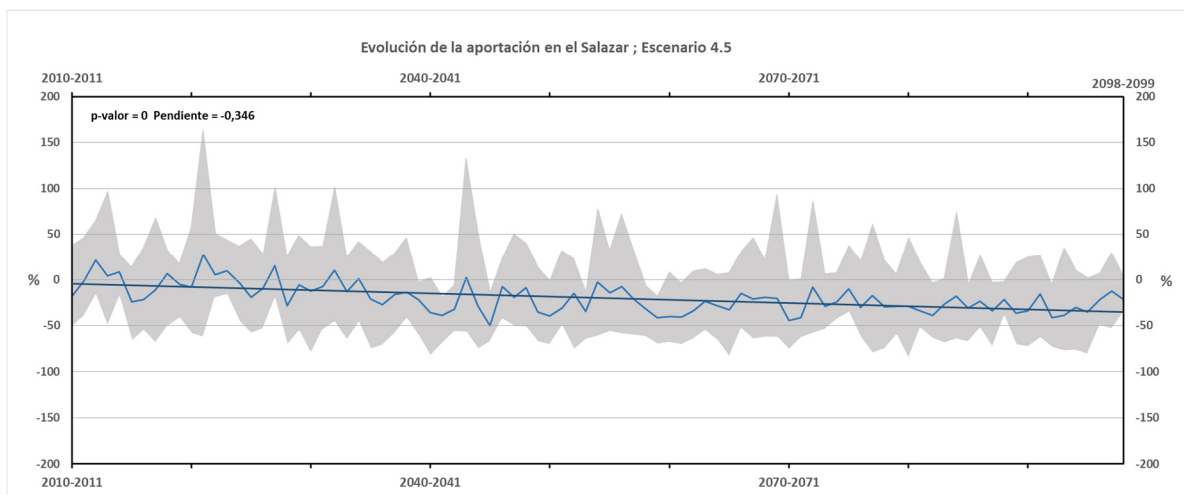


Figura 116 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Salazar, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

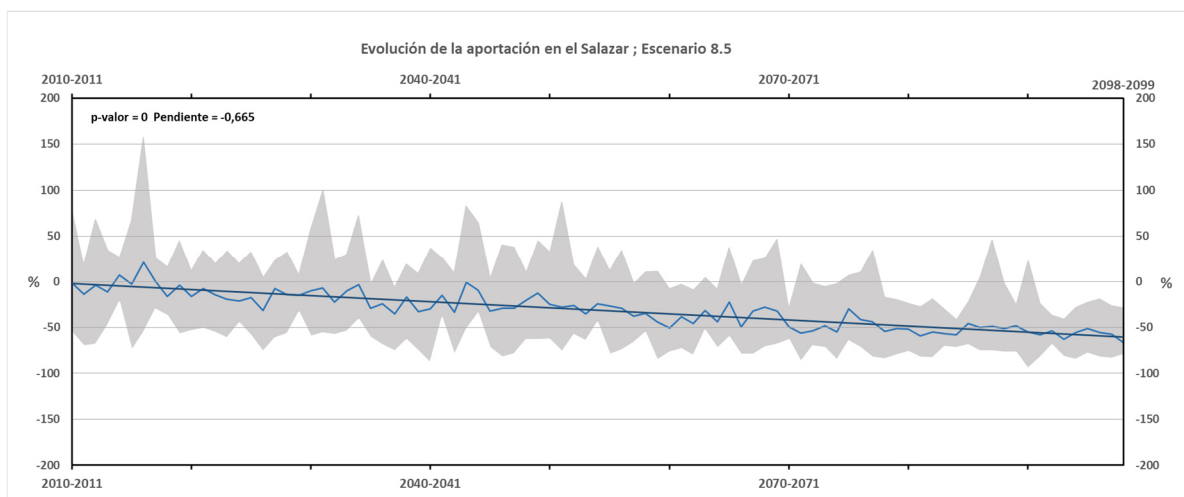


Figura 117 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Salazar, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados



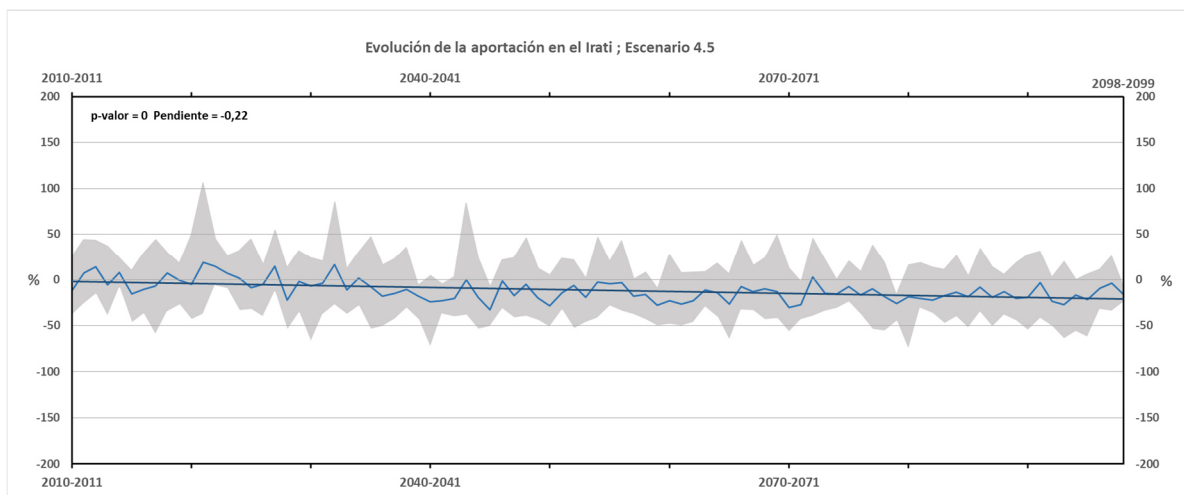


Figura 118 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Irati, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

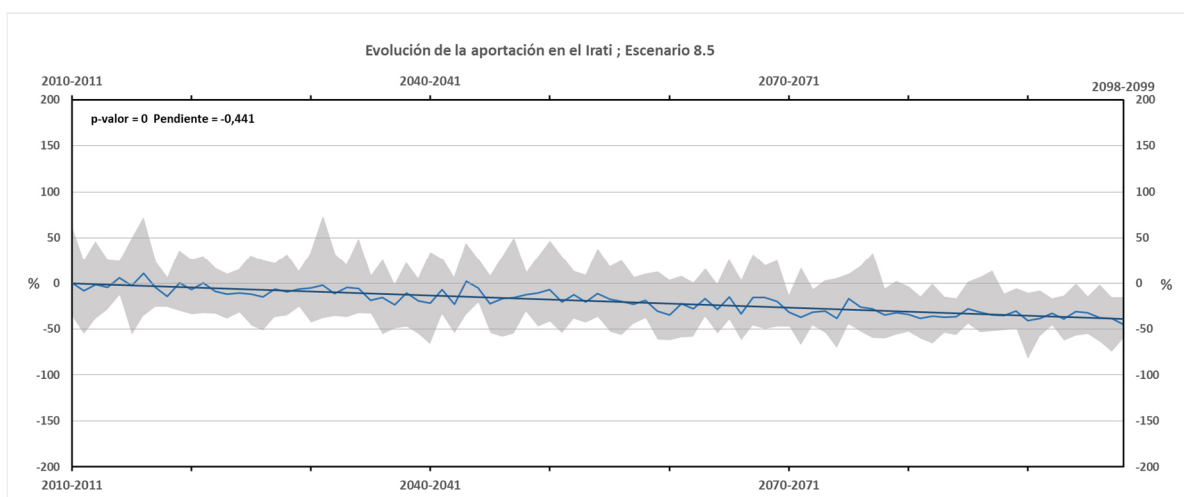


Figura 119 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Irati, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

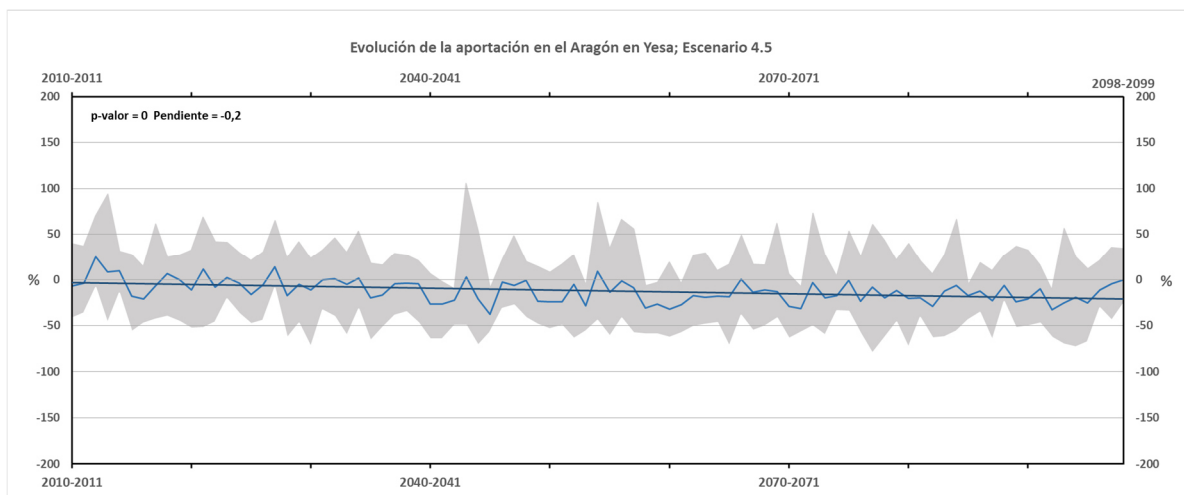


Figura 120 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Aragón en Yesa, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

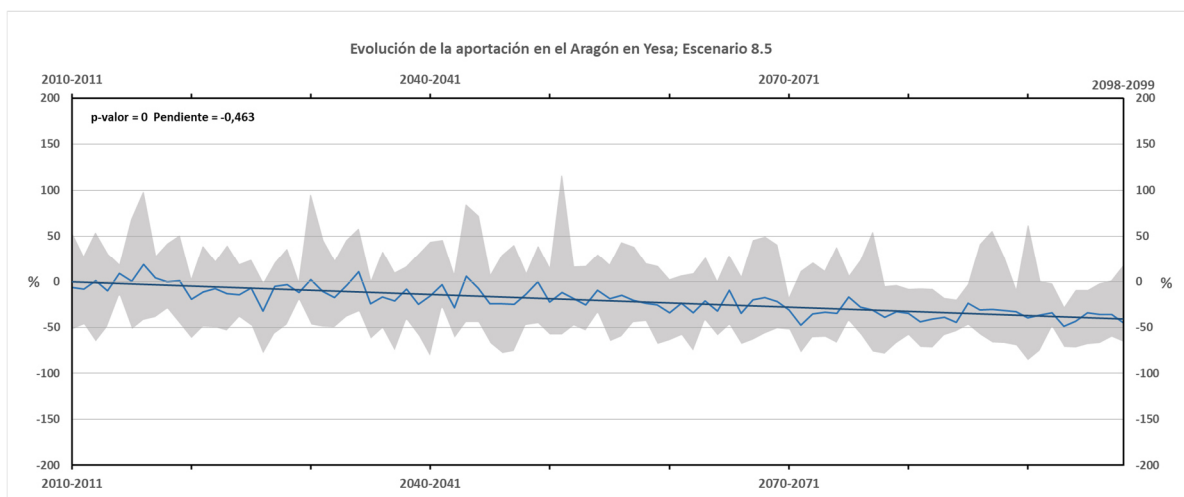


Figura 121 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Aragón en Yesa, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

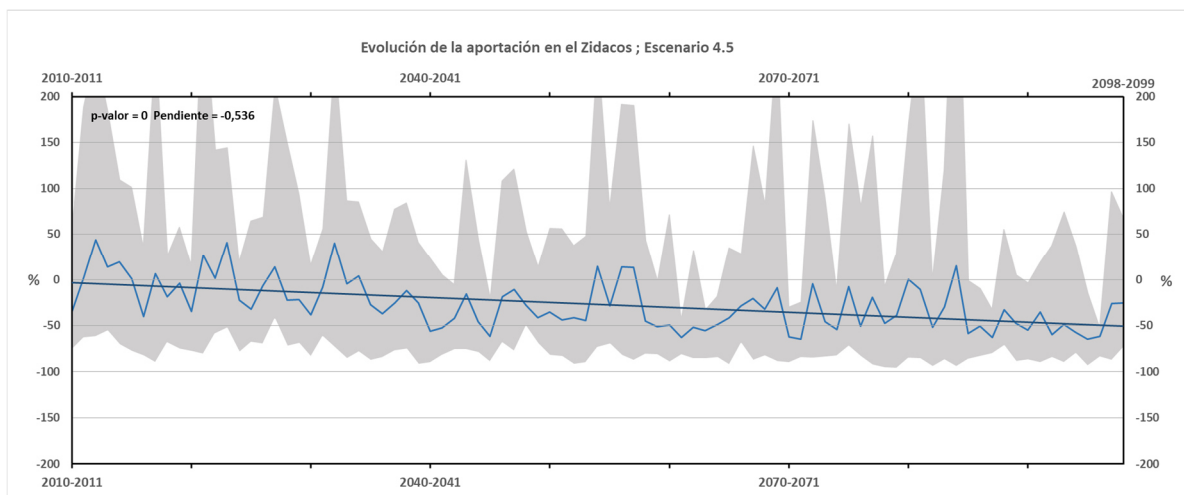


Figura 122 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Zidacos, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

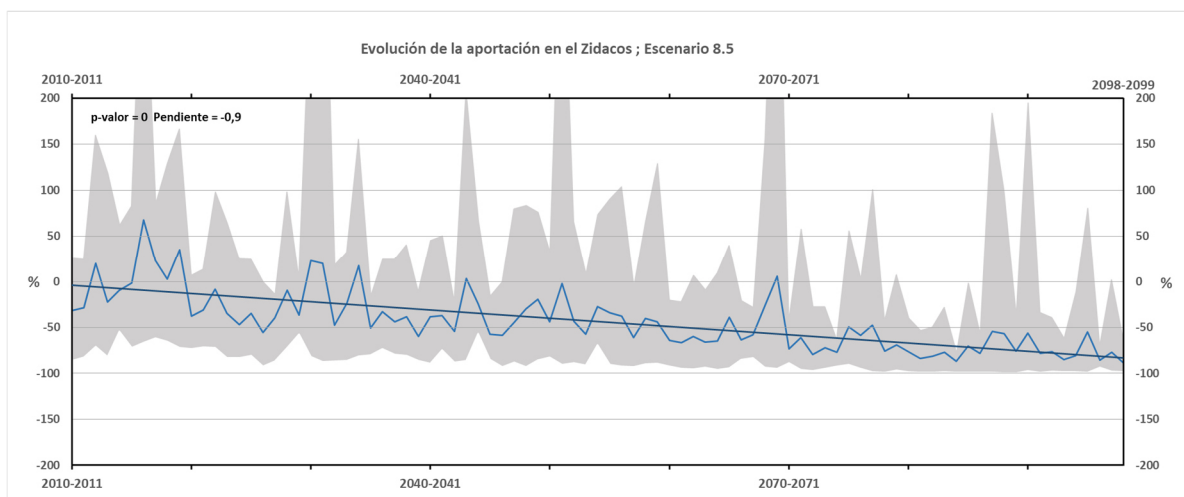


Figura 123 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Zidacos, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

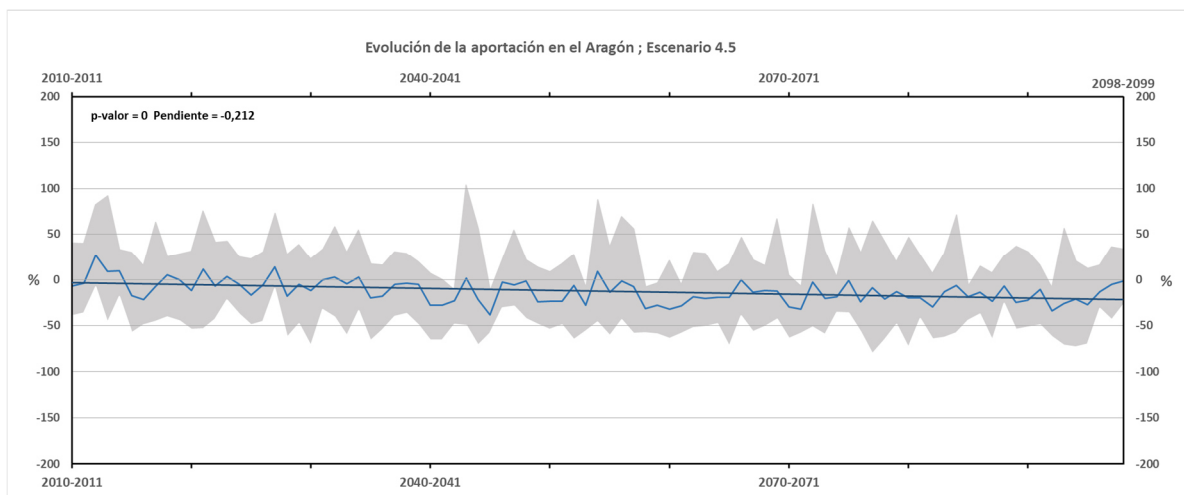


Figura 124 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Aragón, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

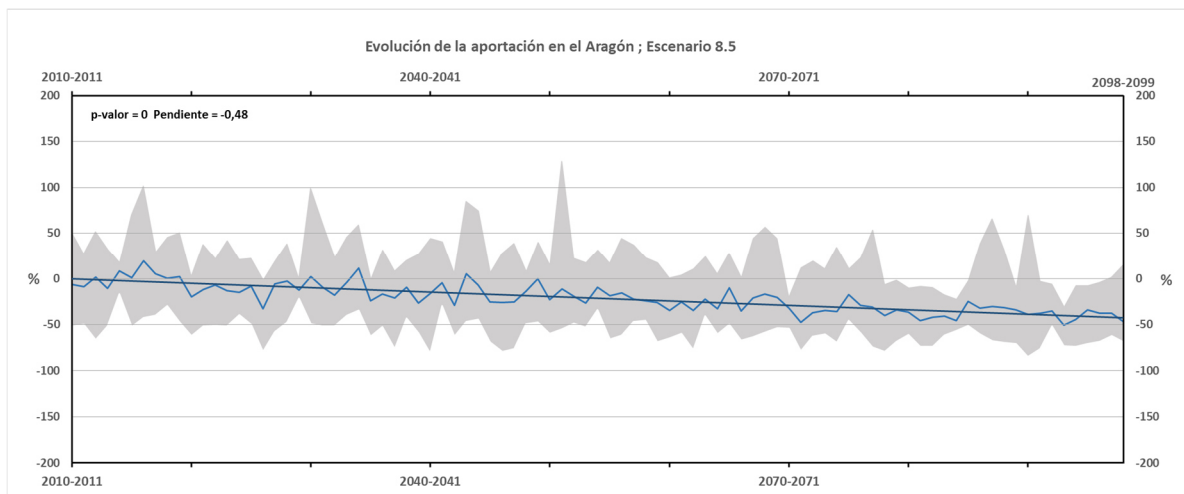


Figura 125 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Aragón, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

#### 5.2.2.4 Río Alhama

La cuenca del río Alhama muestra una tendencia negativa con una pendiente  $-4,25\%$ /decenio en el escenario RCP 4.5 y  $-7,39\%$ /decenio en el escenario RCP 8.5. En esta cuenca destaca la amplitud de la banda de incertidumbre que en algunos casos puede superar el 200% de diferencia. Por tanto, los resultados obtenidos deben ser tomados con suma cautela. Por otro lado, las pendientes obtenidas están dentro del mismo orden de magnitud de las que se obtuvieron en el análisis de los resultados del estudio realizado el año 2017 referente a los recursos actuales, donde las tendencias de las pendientes obtuvieron valores dentro de los mismos ordenes de magnitud,  $-4,9\%$ /decenio en el periodo 1954-2015 y  $-3,7\%$ /decenio en el periodo 1970-2015.

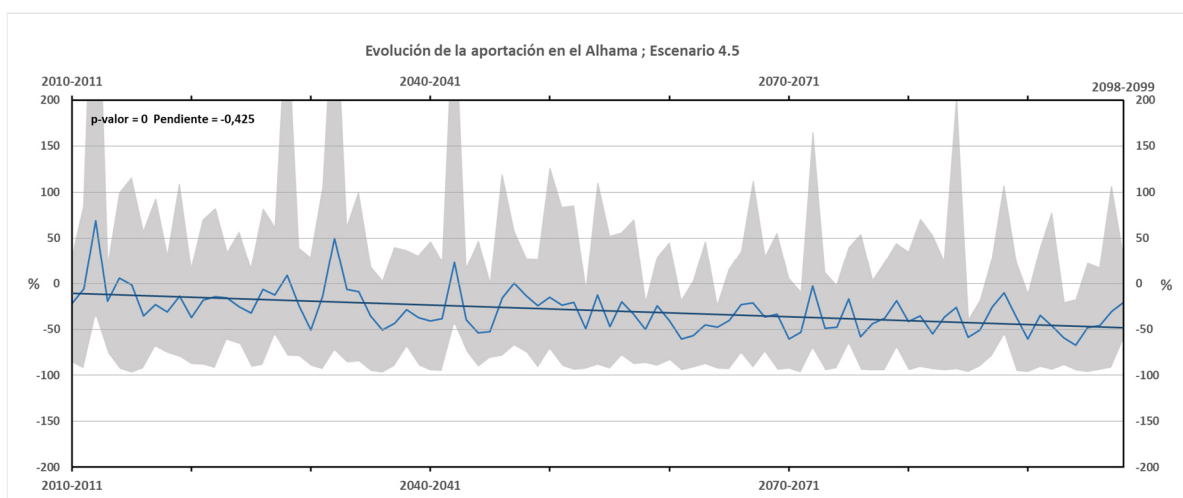


Figura 126 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Alhama, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

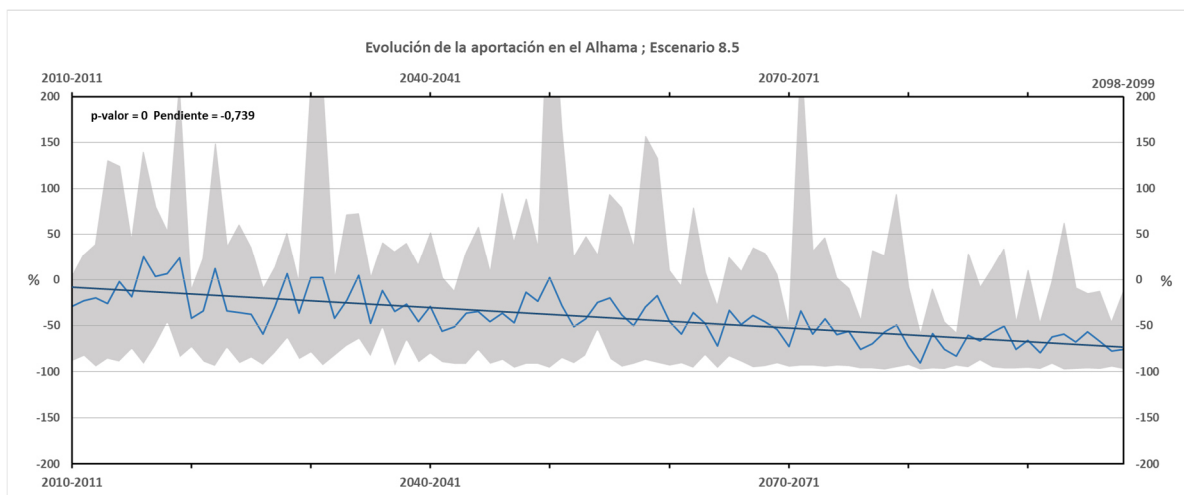


Figura 127 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Alhama, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

#### 5.2.2.5 Río Queiles

La cuenca del Queiles muestra una tendencia con pendiente negativa para la media del conjunto de modelos. Ésta pendiente presenta un valor de -3,5%/decenio en el escenario RCP4.5 y -6,59%/decenio en el escenario RCP 8.5. Nuevamente en esta cuenca se aprecia una gran amplitud de la franja de incertidumbre, alcanzando valores que superan el +200% en determinados años de la proyección.

Las pendientes obtenidas a partir del estudio del año 2017 son -3,6%/decenio en el periodo 1954-2015 y +1,9%/decenio. Por tanto, la media del conjunto de modelos muestra una tendencia inversa a la tendencia que muestran los recursos hídricos en esta cuenca en los últimos 40 años.

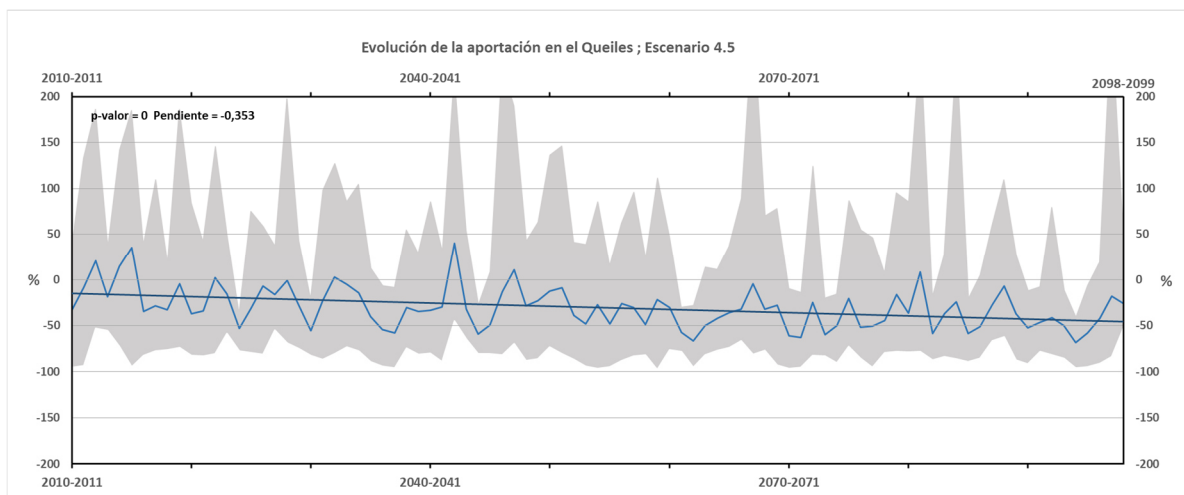


Figura 128 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Queiles, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

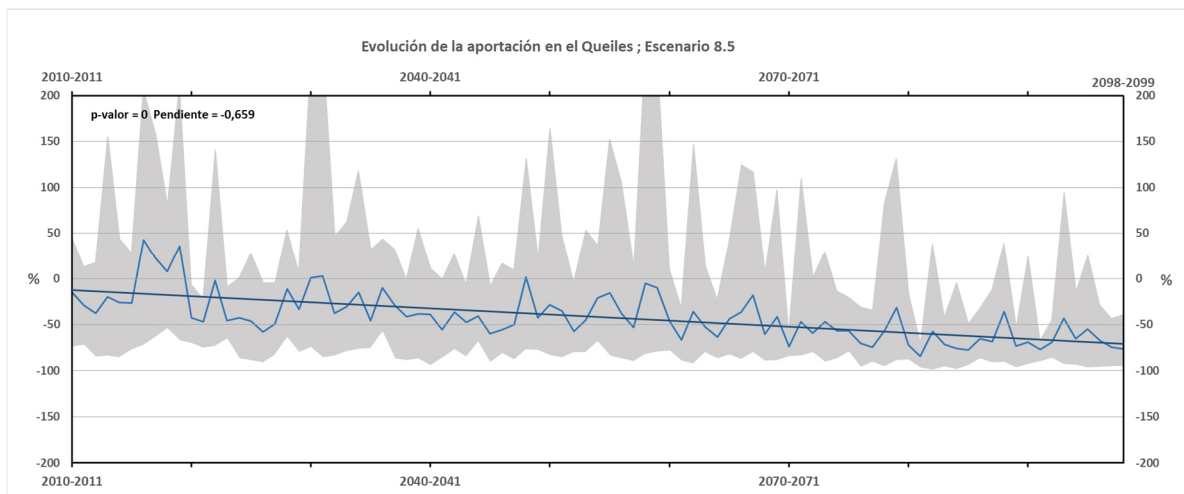


Figura 129 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Queiles, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

### 5.2.2.6 Río Linares

La cuenca del río Linares muestra una tendencia negativa de la media del conjunto de modelos en el periodo de proyección. Las pendientes obtenidas son  $-4,22\%/decenio$  en el escenario RCP 4.5 y  $-7,1\%/decenio$  en el escenario RCP 8.5. El gráfico muestra, nuevamente, una gran amplitud de la franja de incertidumbre, obteniéndose valores anuales que superan el  $+200\%$  de variación.

La tendencia negativa tan acusada que se muestra en el periodo proyectado por la media del conjunto de modelos también ha quedado reflejada en la tendencia obtenida del análisis de las aportaciones calculadas en el estudio de 2017, donde se obtuvieron valores de  $-6,2\%/decenio$  en el periodo 1954-2015 y  $-6,3\%/decenio$  en el periodo 1970-2015.

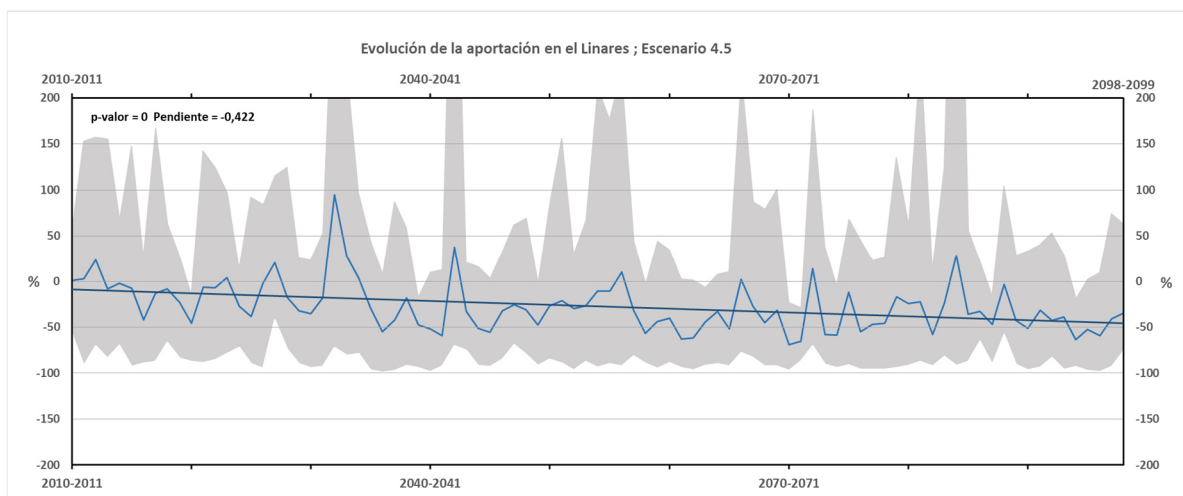


Figura 130 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca completa del río Linares, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados



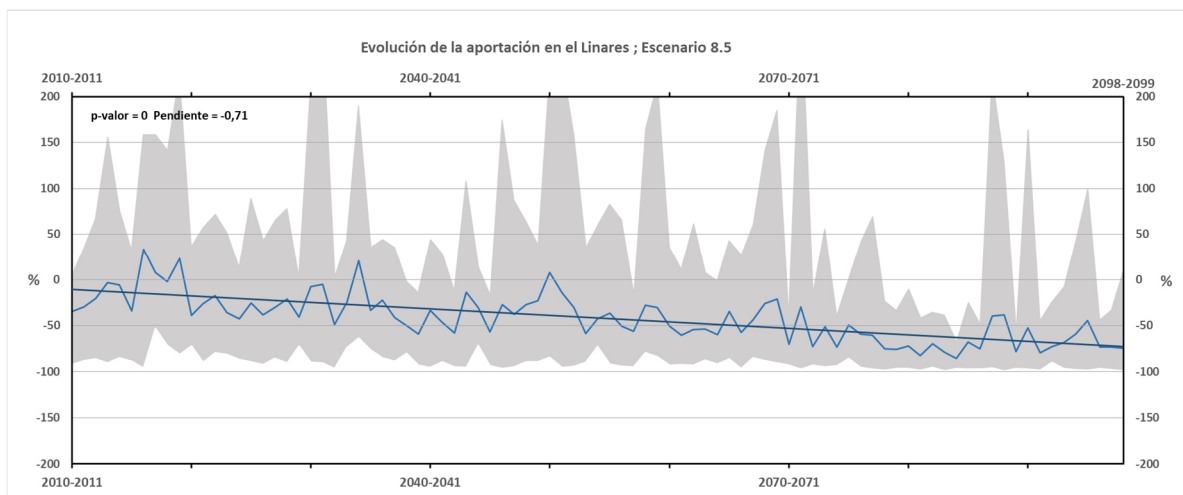


Figura 131 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca completa del río Linares, vertiente Mediterránea. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

## 5.2.3 Vertiente Cantábrica

### 5.2.3.1 *Río Bidasoa*

La cuenca del río Bidasoa muestra una tendencia negativa de la media del conjunto de modelos en el periodo de proyección, la pendiente obtenida es  $-2,23\%/decenio$  en el escenario RCP 4.5 y  $4,45\%/decenio$  en el escenario RCP 8.5. Aunque las incertidumbres siempre son importantes en los resultados ofrecidos, esta cuenca presenta una franja menos amplia que en otras cuencas estudiadas.

Las tendencias que se han obtenido a partir de las aportaciones calculadas en el estudio de 2017 son  $-3\%/decenio$  en el periodo 1954-2017 y  $-4,3\%/decenio$  en el periodo 1970-2017. Aunque están dentro del mismo orden de magnitud, el escenario de mantenimiento de emisiones RCP 4.5 presenta una tendencia inferior que la obtenida considerando los últimos 45 años.

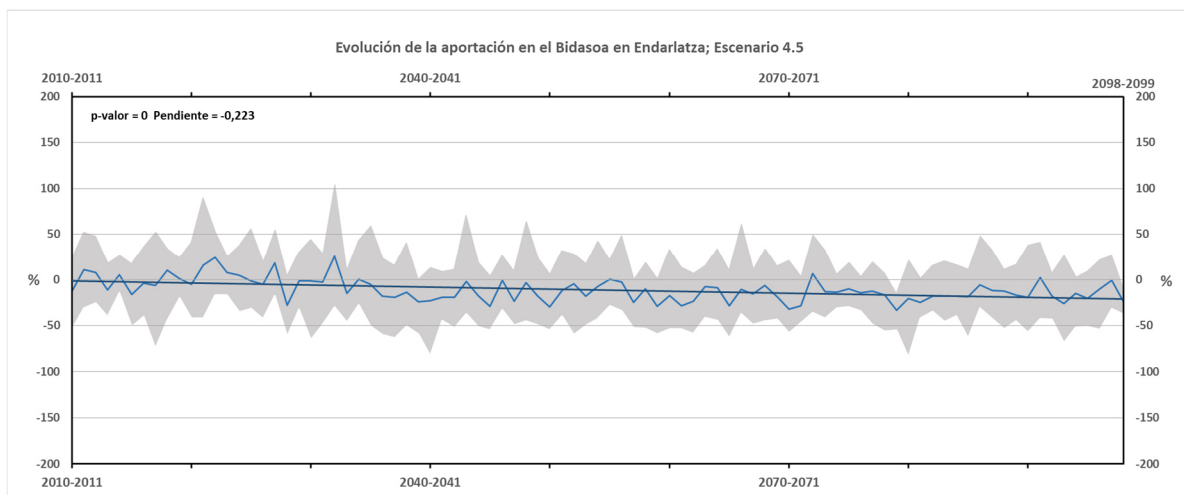


Figura 132 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Bidasoa en Endarlátza, vertiente Cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

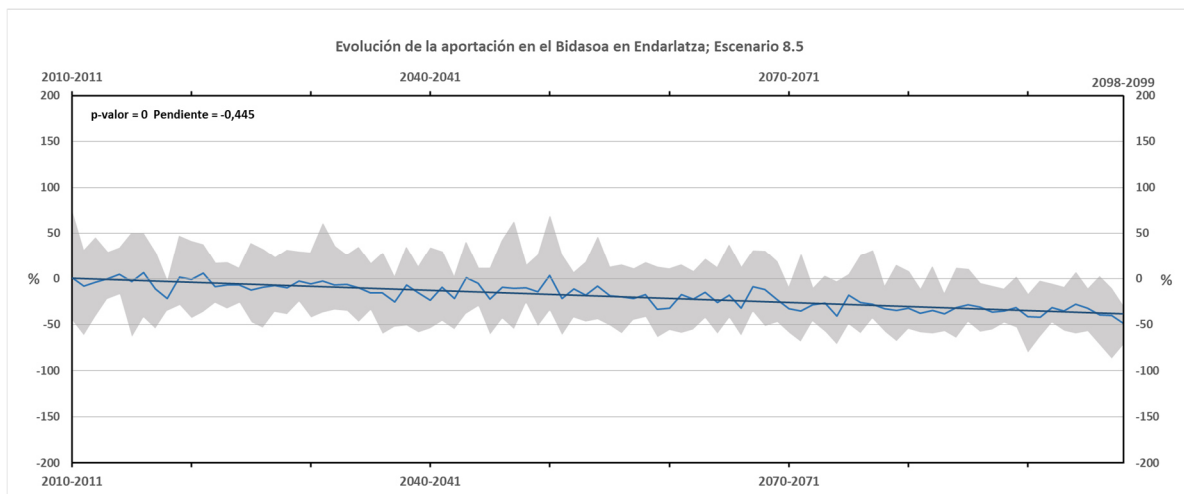
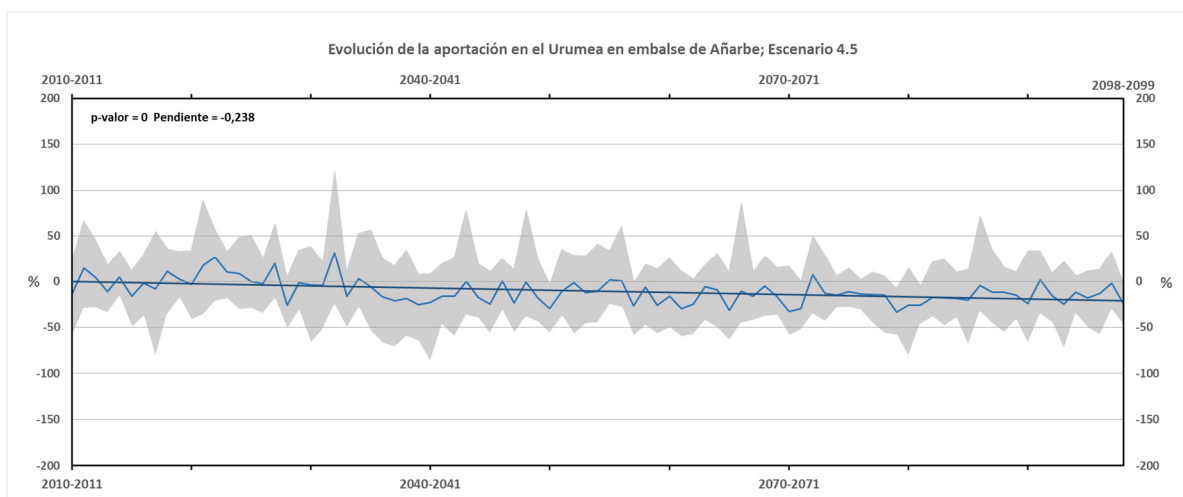


Figura 133 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Bidasoa en Endarlátza, vertiente Cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

### 5.2.3.2 Río Urumea

La tendencia calculada para la evolución de las aportaciones, considerando la media de las aportaciones para el conjunto de los 9 modelos, es de -2,38%/decenio en el escenario RCP 4.5 y -4,48% /decenio en el escenario RCP 8.5. Estos valores son similares a los obtenidos en la cuenca del río Bidasoa y a la del conjunto de la vertiente cantábrica.

Las tendencias obtenidas son algo inferior, en especial la correspondiente al escenario de mantenimiento de emisiones RCP 4.5, a las obtenidas a partir de las aportaciones calculadas en el estudio de 2017 y que fueron analizadas en el primer documento de este estudio. En concreto las pendientes presentaron unos valores de. -3,7%/decenio en el periodo 1954-2015 y -5,1%/decenio en el periodo 1970-2015.



**Figura 134** Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 4.5 en la cuenca del río Urumea en el embalse de Añarbe, vertiente Cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

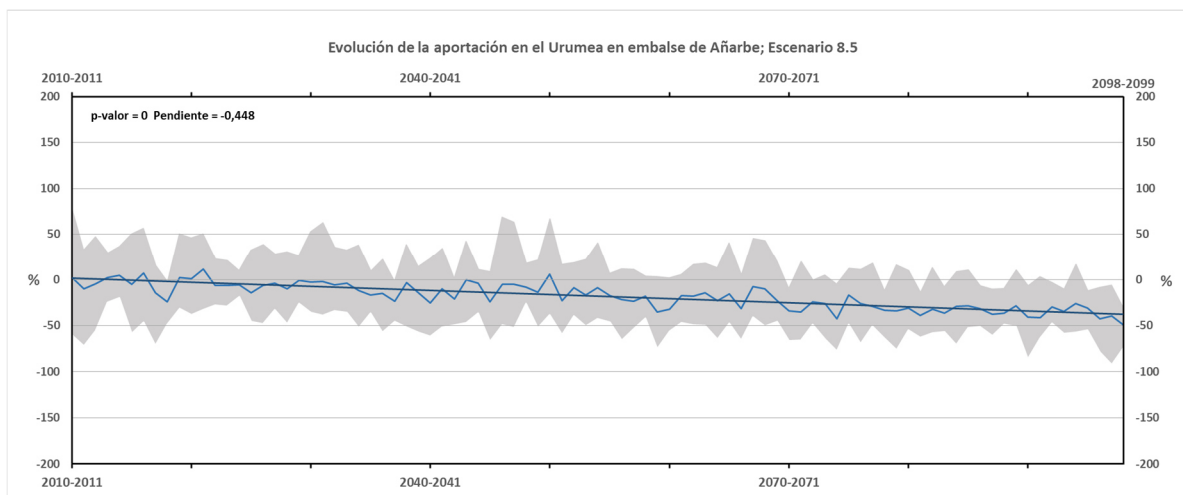


Figura 135 Evolución de las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección para el RCP 8.5 en la cuenca del río Urumea en el embalse de Añarbe, vertiente Cantábrica. La línea de evolución muestra la evolución del % de variación anual de la media del conjunto de los nueve modelos seleccionados

#### 5.2.4 Anomalías de los recursos hídricos para los diferentes modelos y escenarios simulados

En las tablas siguientes se muestran las anomalías de las aportaciones en los periodos de impacto 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100, respecto al periodo de control 1970-2000. Estas anomalías se muestran para los nueve modelos seleccionados, y se muestra además los datos de la media el máximo y el mínimo del conjunto de los modelos. Estos últimos valores permiten conocer el grado de incertidumbre asociada a la proyección futura de los recursos hídricos.

En términos generales, las anomalías obtenidas en los dos escenarios estudiados son negativas. En la vertiente mediterránea, se obtiene una anomalía negativa de -4,5% para el periodo 2010-2040 en el escenario RCP 4.5. En el escenario de altas emisiones RCP 8.5 la anomalía para este mismo periodo es de -9,3%.

En la vertiente cantábrica, se obtienen unas anomalías algo más reducidas que las que se obtienen en el sur. En el periodo de impacto 2010-2040, las anomalías obtenidas para la media del conjunto de los modelos son de -2,0% en el escenario RCP 4.5 y -6,7% en el escenario RCP 8.5.

En el resto de los periodos de impacto las anomalías negativas se van incrementando, llegando a una situación de impacto muy elevado en el periodo 2070-2100, donde en el escenario 4.5 el impacto sería de -20,2% en la vertiente mediterránea y -15,8% en la cantábrica. En el escenario 8.5 este impacto se agrava notablemente alcanzando valores para la media del conjunto de modelos de -40,8% en la vertiente mediterránea y -33,1% en la cantábrica.

En el periodo de impacto 2040-2070 el resultado obtenido es un punto intermedio entre los dos periodos antes descritos, obteniendo un impacto para el escenario 4.5 de -19% en la vertiente mediterránea y -14,8 en la cantábrica. Para el escenario 8.5 estos valores se ven incrementados obteniéndose valores de impacto de -22,0% en la vertiente mediterránea y -16,4% en la cantábrica.

Al analizar las cuencas al detalle, cabe destacar el fuerte impacto que se obtiene en la cuenca del río Ega donde en el escenario RCP 4.5 la media del conjunto de modelos muestra una anomalía de -9,4% y -16,3% en el escenario RCP 8.5. Estos valores son muy superiores a los del conjunto de la vertiente mediterránea. Este fuerte impacto se ve incrementado en la zona más al sur, las cuencas de la margen derecha del río Ebro, cuenca del río Alhama, Queiles y Linares, es en esta zona donde se espera el mayor impacto. En el escenario 4.5 y el periodo 2010-2040 en la cuenca del río Queiles se obtiene una anomalía de -20,8% y en el escenario 8.5 de -22,3%, valores parecidos se obtienen en las cuencas vecinas.

En la vertiente cantábrica, tanto la cuenca del río Bidasoa, como la cuenca del río Urumea, muestran valores similares a las del conjunto de la vertiente. En el río Bidasoa se obtiene una anomalía de -2,1% en el periodo 2010-2040 para el escenario RCP 4.5 y -6,1% en el escenario 8.5. En la cuenca del río Urumea se obtienen valores algo inferiores a los mostrados en la cuenca del río Bidasoa para el mismo periodo de impacto -1,6% en el escenario RCP 4.5 y -6,1% en el RCP 8.5. En el resto de los periodos de impacto esta relación se mantiene y los valores concretos para cada anomalía se pueden consultar en las tablas siguientes.

La distribución espacial de las anomalías se puede observar en la figura 136 y figura 137. En estas imágenes se aprecia una gran homogeneidad en la distribución de las anomalías, destaca en el periodo 2010-2040 donde los mayores impactos son esperables en la zona oriental y sur de la comunidad de Navarra, y de forma más intensa en las cuencas que vierten en la margen derecha del río Ebro.

Los resultados antes enunciados están sujetos a una gran incertidumbre, con valores que pueden superar  $\pm 10\%$  en determinados casos, como es el caso de los valores obtenido en el periodo 2010-2040 para el escenario 4.5 en la vertiente cantábrica, donde el modelo C02 muestra una anomalía de -14,2% y a su vez el modelo C03 un valor que supera +15,2%. Esta

dispersión de resultados entre los resultados obtenidos a partir de los diferentes modelos climáticos utilizados es un reflejo de la misma incertidumbre que los datos climáticos de base reflejaban y que ya han sido comentados en los capítulos anteriores.

**Tabla 7 Anomalías de recursos hídricos en los periodos de impacto estudiado (2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100) respecto al periodo de control 1970-2000 para el escenario RCP 4.5**

| Punto | Descripción            | Período   | • Aportación [%] para el RCP 4.5 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|------------------------|-----------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |                        |           | P01                              | P02   | P03   | P04   | P05   | P06   | C01   | C02   | C03   | Min.  | Med.  | Max.  |
| IX    | Vertiente cantábrica   | 2010-2040 | -3,9                             | -8,1  | -1,9  | -13,7 | -9,4  | 3,6   | 14,0  | -14,2 | 15,2  | -14,2 | -2,0  | 15,2  |
|       |                        | 2040-2070 | -12,5                            | -14,0 | -16,8 | -19,8 | -20,6 | -9,8  | -10,6 | -18,9 | -10,5 | -20,6 | -14,8 | -9,8  |
|       |                        | 2070-2100 | -5,9                             | -14,9 | -17,0 | -23,1 | -15,0 | -11,4 | -18,9 | -22,0 | -13,9 | -23,1 | -15,8 | -5,9  |
| X     | Vertiente mediterránea | 2010-2040 | -8,6                             | -8,2  | -6,8  | -15,7 | -12,5 | 9,9   | 10,0  | -22,1 | 13,7  | -22,1 | -4,5  | 13,7  |
|       |                        | 2040-2070 | -18,2                            | -18,3 | -20,8 | -26,4 | -23,9 | -11,2 | -17,0 | -17,5 | -17,3 | -26,4 | -19,0 | -11,2 |
|       |                        | 2070-2100 | -13,7                            | -20,5 | -23,6 | -32,8 | -23,1 | -12,4 | -20,2 | -17,9 | -17,7 | -32,8 | -20,2 | -12,4 |
| 3100Q | Ega en Murieta         | 2010-2040 | -11,6                            | -12,8 | -8,3  | -29,4 | -20,9 | 10,8  | 13,0  | -31,3 | 15,0  | -31,3 | -8,4  | 15,0  |
|       |                        | 2040-2070 | -28,5                            | -26,7 | -27,6 | -42,1 | -35,6 | -20,2 | -23,7 | -32,8 | -8,8  | -42,1 | -27,3 | -8,8  |
|       |                        | 2070-2100 | -25,7                            | -32,3 | -34,5 | -51,2 | -33,0 | -29,1 | -27,8 | -35,9 | -3,4  | -51,2 | -30,3 | -3,4  |
| 3200K | Urederra               | 2010-2040 | -12,8                            | -15,5 | -11,6 | -30,5 | -24,0 | 10,0  | 10,4  | -36,7 | 11,7  | -36,7 | -11,0 | 11,7  |
|       |                        | 2040-2070 | -31,4                            | -30,1 | -33,2 | -46,4 | -39,3 | -24,3 | -27,8 | -36,6 | -14,9 | -46,4 | -31,6 | -14,9 |
|       |                        | 2070-2100 | -27,7                            | -36,5 | -41,0 | -56,6 | -38,8 | -34,7 | -31,4 | -35,7 | -3,5  | -56,6 | -34,0 | -3,5  |
| 3300D | Ega                    | 2010-2040 | -12,5                            | -13,1 | -9,8  | -30,2 | -22,3 | 11,9  | 11,1  | -37,0 | 17,6  | -37,0 | -9,4  | 17,6  |
|       |                        | 2040-2070 | -29,2                            | -27,2 | -29,4 | -44,0 | -36,5 | -19,8 | -23,4 | -37,6 | -7,9  | -44,0 | -28,3 | -7,9  |
|       |                        | 2070-2100 | -27,2                            | -33,4 | -36,5 | -53,3 | -35,0 | -29,4 | -26,0 | -36,0 | -0,7  | -53,3 | -30,8 | -0,7  |
| 4100H | Arga en Eugui          | 2010-2040 | -2,9                             | -7,0  | -2,4  | -11,1 | -9,4  | 5,6   | 13,7  | -15,2 | 15,0  | -15,2 | -1,5  | 15,0  |
|       |                        | 2040-2070 | -11,0                            | -12,6 | -16,5 | -17,5 | -19,3 | -8,1  | -10,0 | -15,6 | -13,6 | -19,3 | -13,8 | -8,1  |
|       |                        | 2070-2100 | -4,7                             | -13,0 | -16,4 | -20,5 | -14,6 | -7,7  | -14,5 | -18,6 | -14,0 | -20,5 | -13,8 | -4,7  |
| 4200C | Ultzama                | 2010-2040 | -5,7                             | -8,7  | -2,5  | -16,3 | -12,1 | 6,3   | 19,9  | -21,0 | 20,4  | -21,0 | -2,2  | 20,4  |
|       |                        | 2040-2070 | -16,6                            | -17,0 | -23,2 | -25,8 | -25,3 | -13,1 | -11,9 | -20,4 | -18,1 | -25,8 | -19,0 | -11,9 |
|       |                        | 2070-2100 | -10,2                            | -20,7 | -25,2 | -31,8 | -20,4 | -14,9 | -18,2 | -22,8 | -16,3 | -31,8 | -20,1 | -10,2 |
| 4300C | Araquil en Asiain      | 2010-2040 | -5,0                             | -7,7  | -3,1  | -14,9 | -11,0 | 8,2   | 11,4  | -27,4 | 14,8  | -27,4 | -3,9  | 14,8  |
|       |                        | 2040-2070 | -13,9                            | -15,5 | -19,2 | -22,8 | -22,8 | -10,0 | -15,8 | -31,7 | -16,3 | -31,7 | -18,6 | -10,0 |
|       |                        | 2070-2100 | -9,4                             | -16,7 | -22,6 | -28,3 | -17,9 | -12,5 | -23,9 | -31,3 | -17,9 | -31,3 | -20,0 | -9,4  |
| 4500C | Salado                 | 2010-2040 | -13,7                            | -12,0 | -12,3 |       |       | -28,2 | -22,3 | -35,8 | 28,2  | -35,8 | -7,0  | 28,2  |
|       |                        | 2040-2070 | -30,8                            | -28,7 | -36,9 | -45,6 | -39,2 | -20,0 | -24,1 | -35,2 | -17,4 | -45,6 | -30,9 | -17,4 |
|       |                        | 2070-2100 | -28,2                            | -35,1 | -42,1 | -56,6 | -38,7 | -30,8 | -15,2 | -18,8 | -0,8  | -56,6 | -29,6 | -0,8  |
| 4600C | Arga                   | 2010-2040 | -7,2                             | -8,1  | -3,2  | -17,9 | -13,8 | 11,6  | 15,3  | -26,7 | 22,2  | -26,7 | -3,1  | 22,2  |

| Punto | Descripción                            | Período   | • Aportación [%] para el RCP 4.5 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|----------------------------------------|-----------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |                                        |           | P01                              | P02   | P03   | P04   | P05   | P06   | C01   | C02   | C03   | Min.  | Med.  | Max.  |
|       |                                        | 2040-2070 | -17,5                            | -17,2 | -24,4 | -29,0 | -26,9 | -10,7 | -12,7 | -22,8 | -14,8 | -29,0 | -19,6 | -10,7 |
|       |                                        | 2070-2100 | -13,3                            | -21,3 | -26,8 | -36,2 | -23,5 | -14,5 | -15,0 | -18,6 | -9,2  | -36,2 | -19,8 | -9,2  |
| 5300K | Iratí en embalse de Itoiz [con Urrobi] | 2010-2040 | -4,8                             | -7,3  | -3,0  | -11,1 | -9,2  | 6,4   | 11,9  | -14,5 | 11,3  | -14,5 | -2,2  | 11,9  |
|       |                                        | 2040-2070 | -12,8                            | -13,9 | -15,5 | -18,2 | -18,7 | -9,0  | -12,6 | -14,5 | -15,9 | -18,7 | -14,5 | -9,0  |
|       |                                        | 2070-2100 | -7,2                             | -13,8 | -15,9 | -22,1 | -15,3 | -8,6  | -16,7 | -19,1 | -18,2 | -22,1 | -15,2 | -7,2  |
| 5200K | Salazar                                | 2010-2040 | -11,7                            | -11,1 | -10,6 | -20,6 | -15,8 | 8,0   | 18,2  | -26,1 | 14,8  | -26,1 | -6,1  | 18,2  |
|       |                                        | 2040-2070 | -25,0                            | -25,1 | -28,1 | -34,2 | -31,1 | -20,3 | -22,2 | -19,8 | -25,8 | -34,2 | -25,7 | -19,8 |
|       |                                        | 2070-2100 | -19,7                            | -27,1 | -32,5 | -41,6 | -30,8 | -22,1 | -24,9 | -23,8 | -29,0 | -41,6 | -27,9 | -19,7 |
| 5300M | Iratí                                  | 2010-2040 | -5,9                             | -7,9  | -3,3  | -13,2 | -10,4 | 6,9   | 12,6  | -14,7 | 12,4  | -14,7 | -2,6  | 12,6  |
|       |                                        | 2040-2070 | -14,6                            | -15,5 | -16,7 | -21,4 | -21,0 | -10,0 | -13,1 | -13,8 | -16,3 | -21,4 | -15,8 | -10,0 |
|       |                                        | 2070-2100 | -9,2                             | -15,9 | -17,2 | -25,9 | -17,6 | -9,9  | -16,7 | -18,2 | -18,4 | -25,9 | -16,6 | -9,2  |
| 5000B | Aragón en Yesa                         | 2010-2040 | -10,3                            | -6,1  | -8,4  | -11,3 | -10,1 | 11,5  | 9,2   | -20,9 | 12,2  | -20,9 | -3,8  | 12,2  |
|       |                                        | 2040-2070 | -18,4                            | -16,8 | -17,9 | -22,4 | -19,4 | -8,9  | -16,2 | -11,6 | -16,7 | -22,4 | -16,5 | -8,9  |
|       |                                        | 2070-2100 | -13,0                            | -18,1 | -20,1 | -28,2 | -22,3 | -6,7  | -18,1 | -8,5  | -17,3 | -28,2 | -16,9 | -6,7  |
| 5400E | Zidacos                                | 2010-2040 | -18,8                            | -19,0 | -19,7 | -39,8 | -30,2 | 34,3  | 26,5  | -40,9 | 47,5  | -40,9 | -6,7  | 47,5  |
|       |                                        | 2040-2070 | -35,9                            | -35,7 | -51,9 | -65,4 | -46,9 | -17,4 | -15,7 | -26,6 | -10,7 | -65,4 | -34,0 | -10,7 |
|       |                                        | 2070-2100 | -42,5                            | -50,8 | -59,7 | -78,3 | -58,1 | -39,2 | -19,0 | -20,5 | 8,0   | -78,3 | -40,0 | 8,0   |
| 5500F | Aragón                                 | 2010-2040 | -10,5                            | -6,5  | -8,9  | -12,2 | -10,6 | 12,1  | 10,2  | -20,8 | 13,0  | -20,8 | -3,8  | 13,0  |
|       |                                        | 2040-2070 | -18,7                            | -17,6 | -18,5 | -23,9 | -20,4 | -9,1  | -16,1 | -10,7 | -16,4 | -23,9 | -16,8 | -9,1  |
|       |                                        | 2070-2100 | -13,7                            | -19,2 | -21,2 | -30,1 | -23,3 | -7,4  | -17,7 | -8,8  | -17,0 | -30,1 | -17,6 | -7,4  |
| 6000A | Alhama                                 | 2010-2040 | -16,8                            | -14,5 | -28,8 | -23,8 | -22,4 | 15,6  | -27,6 | -19,5 | -5,9  | -28,8 | -16,0 | 15,6  |
|       |                                        | 2040-2070 | -25,1                            | -28,6 | -31,6 | -43,8 | -33,6 | -12,9 | -32,1 | -54,7 | -24,5 | -54,7 | -31,9 | -12,9 |
|       |                                        | 2070-2100 | -35,7                            | -37,3 | -45,1 | -57,8 | -43,1 | -24,9 | -30,6 | -52,4 | -38,0 | -57,8 | -40,5 | -24,9 |
| 7000B | Queiles                                | 2010-2040 | -14,1                            | -18,7 | -26,2 | -34,1 | -15,6 | 7,5   | -28,5 | -43,6 | -13,9 | -43,6 | -20,8 | 7,5   |
|       |                                        | 2040-2070 | -14,8                            | -24,2 | -29,8 | -43,4 | -33,1 | -22,5 | -24,9 | -62,4 | -17,5 | -62,4 | -30,3 | -14,8 |
|       |                                        | 2070-2100 | -34,3                            | -37,1 | -41,8 | -63,9 | -49,8 | -37,8 | -27,3 | -61,0 | -12,0 | -63,9 | -40,6 | -12,0 |
| 2000A | Linares                                | 2010-2040 | -20,9                            | -11,2 | -13,3 | -39,9 | -28,0 | 20,1  | 0,0   | -43,5 | 32,6  | -43,5 | -11,6 | 32,6  |
|       |                                        | 2040-2070 | -36,9                            | -27,3 | -41,5 | -56,5 | -43,4 | -18,9 | -31,1 | -46,5 | 4,5   | -56,5 | -33,1 | 4,5   |
|       |                                        | 2070-2100 | -39,1                            | -38,6 | -48,7 | -64,6 | -44,8 | -33,6 | -22,2 | -49,2 | 2,2   | -64,6 | -37,6 | 2,2   |
| 9400K | Bidasoa en Endarlatza                  | 2010-2040 | -4,0                             | -8,1  | -2,3  | -13,7 | -9,6  | 3,8   | 14,0  | -14,5 | 15,7  | -14,5 | -2,1  | 15,7  |
|       |                                        | 2040-2070 | -12,7                            | -14,8 | -17,9 | -20,1 | -21,4 | -10,3 | -11,3 | -19,6 | -10,3 | -21,4 | -15,4 | -10,3 |
|       |                                        | 2070-2100 | -5,4                             | -15,4 | -17,7 | -23,5 | -15,8 | -11,2 | -19,5 | -23,5 | -13,0 | -23,5 | -16,1 | -5,4  |
| 9520D |                                        | 2010-2040 | -2,9                             | -8,5  | -2,4  | -14,8 | -7,8  | 1,2   | 16,7  | -12,3 | 16,8  | -14,8 | -1,6  | 16,8  |
|       |                                        | 2040-2070 | -12,4                            | -13,6 | -14,9 | -20,2 | -19,2 | -9,7  | -10,5 | -17,8 | -10,4 | -20,2 | -14,3 | -9,7  |

| Punto | Descripción                 | Período   | ▪ Aportación [%] para el RCP 4.5 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-------|-----------------------------|-----------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|       |                             |           | P01                              | P02   | P03   | P04   | P05   | P06   | C01   | C02   | C03   | Min.  | Med.  | Max. |
|       | Urumea en embalse de Añarbe | 2070-2100 | -5,8                             | -15,7 | -16,4 | -23,5 | -14,6 | -12,7 | -20,8 | -23,7 | -14,4 | -23,7 | -16,4 | -5,8 |

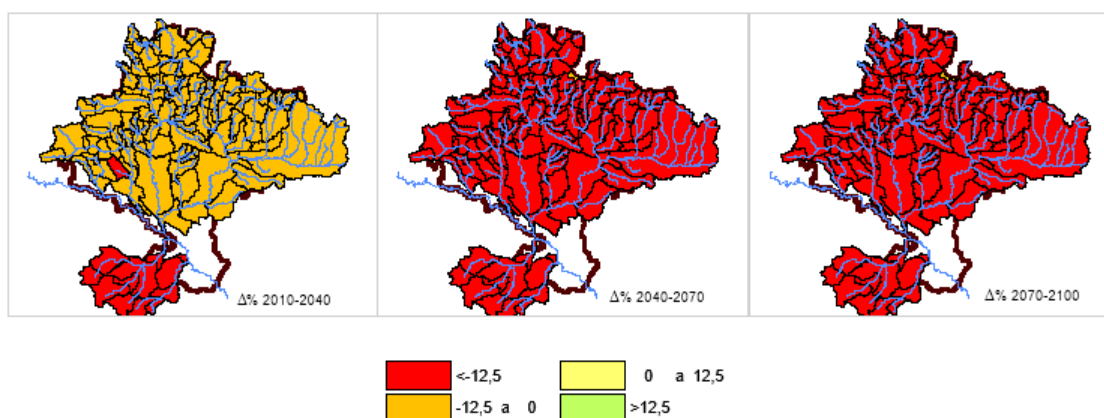


Figura 136 Distribución espacial de las anomalías de las aportaciones para los tres periodos de impacto estudiado en el escenario RCP 4.5

Tabla 8 Anomalías de recursos hídricos en los periodos de impacto estudiado [2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100] respecto al periodo de control 1970-2000 para el escenario RCP 8.5

| Punto | Descripción            | Período   | ▪ Aportación [%] para el RCP 8.5 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|------------------------|-----------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |                        |           | P01                              | P02   | P03   | P04   | P05   | P06   | C01   | C02   | C03   | Min.  | Med.  | Max.  |
| IX    | Vertiente cantábrica   | 2010-2040 | -2,1                             | -15,8 | -9,1  | -14,6 | -12,0 | -2,4  | 0,2   | -13,1 | 8,4   | -15,8 | -6,7  | 8,4   |
|       |                        | 2040-2070 | -14,8                            | -16,4 | -16,8 | -28,0 | -21,6 | -8,0  | -12,1 | -23,1 | -7,3  | -28,0 | -16,4 | -7,3  |
|       |                        | 2070-2100 | -28,5                            | -31,5 | -30,3 | -44,1 | -42,2 | -20,4 | -34,6 | -40,9 | -25,7 | -44,1 | -33,1 | -20,4 |
| X     | Vertiente mediterránea | 2010-2040 | -9,6                             | -13,3 | -15,5 | -16,3 | -14,7 | -5,2  | -0,8  | -12,9 | 5,1   | -16,3 | -9,3  | 5,1   |
|       |                        | 2040-2070 | -22,0                            | -20,1 | -26,9 | -35,1 | -28,7 | -6,0  | -23,1 | -16,7 | -19,4 | -35,1 | -22,0 | -6,0  |
|       |                        | 2070-2100 | -40,1                            | -41,4 | -37,9 | -54,3 | -47,8 | -27,1 | -43,0 | -31,1 | -44,6 | -54,3 | -40,8 | -27,1 |
| 3100Q | Ega en Murieta         | 2010-2040 | -12,8                            | -21,2 | -20,1 | -30,4 | -22,4 | -11,0 | -8,6  | -21,1 | 6,9   | -30,4 | -15,6 | 6,9   |
|       |                        | 2040-2070 | -34,7                            | -33,8 | -37,5 | -54,6 | -42,2 | -22,6 | -22,3 | -26,2 | -15,0 | -54,6 | -32,1 | -15,0 |
|       |                        | 2070-2100 | -56,8                            | -58,3 | -50,6 | -76,4 | -64,8 | -46,1 | -51,2 | -44,6 | -48,4 | -76,4 | -55,2 | -44,6 |
| 3200K | Urederra               | 2010-2040 | -14,8                            | -22,8 | -26,6 | -32,6 | -25,6 | -12,7 | -11,9 | -25,1 | 11,6  | -32,6 | -17,8 | 11,6  |
|       |                        | 2040-2070 | -38,1                            | -35,4 | -44,3 | -58,2 | -46,6 | -24,1 | -26,9 | -29,9 | -17,5 | -58,2 | -35,7 | -17,5 |



| Punto | Descripción                            | Período   | • Aportación [%] para el RCP 8.5 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|----------------------------------------|-----------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |                                        |           | P01                              | P02   | P03   | P04   | P05   | P06   | C01   | C02   | C03   | Min.  | Med.  | Max.  |
|       |                                        | 2070-2100 | -61,5                            | -63,5 | -57,2 | -80,3 | -71,3 | -50,4 | -55,3 | -50,2 | -52,8 | -80,3 | -60,3 | -50,2 |
| 3300D | Ega                                    | 2010-2040 | -13,7                            | -20,9 | -22,1 | -31,2 | -23,3 | -11,2 | -8,0  | -25,5 | 9,3   | -31,2 | -16,3 | 9,3   |
|       |                                        | 2040-2070 | -36,0                            | -34,5 | -39,8 | -56,5 | -43,9 | -22,0 | -23,5 | -26,9 | -13,7 | -56,5 | -33,0 | -13,7 |
|       |                                        | 2070-2100 | -58,5                            | -59,8 | -52,7 | -78,1 | -66,1 | -47,1 | -52,7 | -43,7 | -51,2 | -78,1 | -56,7 | -43,7 |
| 4100H | Arga en Eugui                          | 2010-2040 | -1,8                             | -13,7 | -9,6  | -12,0 | -10,8 | -2,4  | -0,2  | -10,7 | 6,9   | -13,7 | -6,0  | 6,9   |
|       |                                        | 2040-2070 | -13,2                            | -13,8 | -16,8 | -25,2 | -20,0 | -5,0  | -12,8 | -18,1 | -10,5 | -25,2 | -15,0 | -5,0  |
|       |                                        | 2070-2100 | -25,2                            | -28,8 | -29,6 | -40,0 | -37,8 | -17,9 | -32,1 | -30,8 | -29,1 | -40,0 | -30,1 | -17,9 |
| 4200C | Ultzama                                | 2010-2040 | -4,9                             | -17,4 | -14,3 | -18,0 | -14,5 | -5,5  | 0,7   | -13,9 | 10,0  | -18,0 | -8,6  | 10,0  |
|       |                                        | 2040-2070 | -19,6                            | -20,1 | -25,4 | -35,7 | -27,4 | -9,1  | -15,3 | -23,0 | -14,8 | -35,7 | -21,2 | -9,1  |
|       |                                        | 2070-2100 | -37,5                            | -41,4 | -43,1 | -57,7 | -50,8 | -29,1 | -39,8 | -38,8 | -37,2 | -57,7 | -41,7 | -29,1 |
| 4300C | Araquil en Asiain                      | 2010-2040 | -3,8                             | -16,2 | -12,6 | -16,7 | -12,4 | -4,3  | -2,9  | -21,5 | 8,7   | -21,5 | -9,1  | 8,7   |
|       |                                        | 2040-2070 | -17,3                            | -18,3 | -23,9 | -33,0 | -25,8 | -8,6  | -17,1 | -31,4 | -15,6 | -33,0 | -21,2 | -8,6  |
|       |                                        | 2070-2100 | -33,3                            | -36,0 | -38,2 | -51,7 | -46,8 | -25,5 | -42,7 | -50,1 | -42,3 | -51,7 | -40,7 | -25,5 |
| 4500C | Salado                                 | 2010-2040 | -16,7                            | -19,5 | -30,0 | -29,4 | -23,8 | -13,7 | -5,2  | -20,5 | 15,3  | -30,0 | -15,9 | 15,3  |
|       |                                        | 2040-2070 | -36,9                            | -33,3 | -48,2 | -57,8 | -47,7 | -16,6 | -26,3 | -12,4 | -10,0 | -57,8 | -32,1 | -10,0 |
|       |                                        | 2070-2100 | -62,8                            | -64,9 | -60,4 | -81,9 | -70,3 | -50,5 | -55,9 | -29,5 | -51,6 | -81,9 | -58,6 | -29,5 |
| 4600C | Arga                                   | 2010-2040 | -6,4                             | -16,2 | -15,8 | -20,2 | -16,3 | -5,9  | 1,8   | -16,7 | 12,0  | -20,2 | -9,3  | 12,0  |
|       |                                        | 2040-2070 | -21,9                            | -20,8 | -29,1 | -40,9 | -31,6 | -7,1  | -19,5 | -16,6 | -11,4 | -40,9 | -22,1 | -7,1  |
|       |                                        | 2070-2100 | -40,6                            | -44,4 | -42,7 | -61,3 | -53,0 | -30,7 | -41,7 | -26,9 | -38,6 | -61,3 | -42,2 | -26,9 |
| 5300K | Irati en embalse de Itoiz (con Urrobi) | 2010-2040 | -4,9                             | -13,0 | -9,7  | -12,1 | -10,8 | -3,4  | -1,0  | -9,7  | 3,8   | -13,0 | -6,8  | 3,8   |
|       |                                        | 2040-2070 | -14,8                            | -15,0 | -17,1 | -25,3 | -20,3 | -5,6  | -16,6 | -19,2 | -15,7 | -25,3 | -16,6 | -5,6  |
|       |                                        | 2070-2100 | -27,7                            | -29,8 | -28,5 | -39,4 | -37,2 | -19,4 | -34,2 | -33,1 | -35,1 | -39,4 | -31,6 | -19,4 |
| 5200K | Salazar                                | 2010-2040 | -14,5                            | -16,3 | -20,8 | -21,4 | -19,2 | -9,8  | -1,1  | -15,1 | 3,7   | -21,4 | -12,7 | 3,7   |
|       |                                        | 2040-2070 | -29,3                            | -26,5 | -36,3 | -42,7 | -36,9 | -11,9 | -30,1 | -23,5 | -31,7 | -42,7 | -29,9 | -11,9 |
|       |                                        | 2070-2100 | -51,7                            | -52,3 | -52,3 | -66,5 | -59,8 | -40,1 | -50,7 | -41,2 | -58,1 | -66,5 | -52,5 | -40,1 |
| 5300M | Irati                                  | 2010-2040 | -6,3                             | -13,8 | -10,7 | -14,5 | -12,2 | -4,2  | -0,9  | -9,3  | 4,6   | -14,5 | -7,5  | 4,6   |
|       |                                        | 2040-2070 | -17,2                            | -17,0 | -18,8 | -29,3 | -23,2 | -6,2  | -17,1 | -18,2 | -16,6 | -29,3 | -18,2 | -6,2  |
|       |                                        | 2070-2100 | -31,3                            | -33,3 | -30,6 | -44,2 | -40,8 | -21,8 | -34,8 | -32,0 | -36,8 | -44,2 | -33,9 | -21,8 |
| 5000B | Aragón en Yesa                         | 2010-2040 | -12,9                            | -8,5  | -15,4 | -10,3 | -12,7 | -3,2  | 1,3   | -9,4  | 1,4   | -15,4 | -7,7  | 1,4   |
|       |                                        | 2040-2070 | -21,0                            | -16,6 | -25,1 | -28,1 | -24,8 | -0,4  | -25,6 | -9,5  | -22,2 | -28,1 | -19,2 | -0,4  |
|       |                                        | 2070-2100 | -38,8                            | -37,7 | -32,1 | -46,8 | -40,8 | -20,3 | -39,2 | -22,3 | -43,0 | -46,8 | -35,7 | -20,3 |
| 5400E | Zidacos                                | 2010-2040 | -23,2                            | -18,7 | -42,0 | -46,2 | -31,7 | -17,5 | 6,1   | -20,7 | 38,8  | -46,2 | -17,2 | 38,8  |
|       |                                        | 2040-2070 | -48,5                            | -45,2 | -67,2 | -79,5 | -63,1 | -14,9 | -33,9 | -16,3 | -7,8  | -79,5 | -41,8 | -7,8  |
|       |                                        | 2070-2100 | -80,4                            | -81,6 | -78,7 | -96,2 | -85,3 | -74,7 | -59,7 | -25,5 | -66,3 | -96,2 | -72,0 | -25,5 |

| Punto | Descripción                 | Período   | • Aportación [%] para el RCP 8.5 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-----------------------------|-----------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |                             |           | P01                              | P02   | P03   | P04   | P05   | P06   | C01   | C02   | C03   | Min.  | Med.  | Max.  |
| 5500F | Aragón                      | 2010-2040 | -13,0                            | -8,7  | -15,9 | -11,4 | -13,2 | -3,6  | 1,6   | -8,6  | 2,3   | -15,9 | -7,8  | 2,3   |
|       |                             | 2040-2070 | -21,8                            | -17,6 | -26,4 | -30,2 | -26,2 | -0,5  | -25,4 | -8,4  | -21,7 | -30,2 | -19,8 | -0,5  |
|       |                             | 2070-2100 | -40,3                            | -39,5 | -33,5 | -49,3 | -42,7 | -21,9 | -39,6 | -20,8 | -43,8 | -49,3 | -36,8 | -20,8 |
| 6000* | Alhama                      | 2010-2040 | -22,3                            | -3,5  | -32,4 | -22,7 | -24,9 | -13,4 | -6,3  | -43,4 | -3,1  | -43,4 | -19,1 | -3,1  |
|       |                             | 2040-2070 | -43,6                            | -35,6 | -55,7 | -58,6 | -48,3 | -14,0 | -35,5 | -31,3 | -24,9 | -58,6 | -38,6 | -14,0 |
|       |                             | 2070-2100 | -73,2                            | -69,4 | -56,4 | -81,6 | -61,4 | -57,8 | -63,5 | -50,7 | -69,9 | -81,6 | -64,9 | -50,7 |
| 7000B | Queiles                     | 2010-2040 | -18,5                            | -4,0  | -33,1 | -34,0 | -24,2 | -20,1 | -5,7  | -63,9 | 2,7   | -63,9 | -22,3 | 2,7   |
|       |                             | 2040-2070 | -47,7                            | -35,7 | -59,3 | -62,2 | -46,8 | -30,5 | -29,0 | -38,9 | -10,4 | -62,2 | -40,1 | -10,4 |
|       |                             | 2070-2100 | -71,6                            | -72,4 | -53,8 | -82,7 | -60,1 | -60,9 | -52,6 | -64,1 | -56,7 | -82,7 | -63,9 | -52,6 |
| 2000* | Linares                     | 2010-2040 | -23,3                            | -20,1 | -28,2 | -39,8 | -30,0 | -10,8 | -16,3 | -39,1 | 10,8  | -39,8 | -21,9 | 10,8  |
|       |                             | 2040-2070 | -48,2                            | -38,1 | -54,5 | -70,3 | -55,4 | -20,9 | -33,5 | -23,7 | -2,7  | -70,3 | -38,6 | -2,7  |
|       |                             | 2070-2100 | -70,7                            | -69,7 | -67,2 | -90,0 | -77,8 | -59,1 | -61,2 | -39,0 | -56,2 | -90,0 | -65,7 | -39,0 |
| 9400K | Bidasoa en Enderlatza       | 2010-2040 | -2,2                             | -15,9 | -9,7  | -14,6 | -12,5 | -2,5  | -0,2  | -13,6 | 8,9   | -15,9 | -6,9  | 8,9   |
|       |                             | 2040-2070 | -14,8                            | -16,4 | -17,6 | -28,3 | -22,3 | -7,9  | -13,1 | -23,9 | -6,3  | -28,3 | -16,7 | -6,3  |
|       |                             | 2070-2100 | -28,8                            | -32,2 | -31,7 | -44,7 | -43,3 | -20,9 | -36,0 | -41,7 | -25,0 | -44,7 | -33,8 | -20,9 |
| 9520D | Urumea en embalse de Añarbe | 2010-2040 | -1,6                             | -16,7 | -7,7  | -14,4 | -10,7 | -1,0  | 1,2   | -13,4 | 9,5   | -16,7 | -6,1  | 9,5   |
|       |                             | 2040-2070 | -14,6                            | -16,4 | -15,0 | -26,3 | -19,1 | -9,6  | -11,6 | -24,1 | -7,3  | -26,3 | -16,0 | -7,3  |
|       |                             | 2070-2100 | -27,2                            | -29,6 | -28,1 | -43,8 | -42,7 | -19,9 | -37,2 | -46,0 | -26,3 | -46,0 | -33,4 | -19,9 |

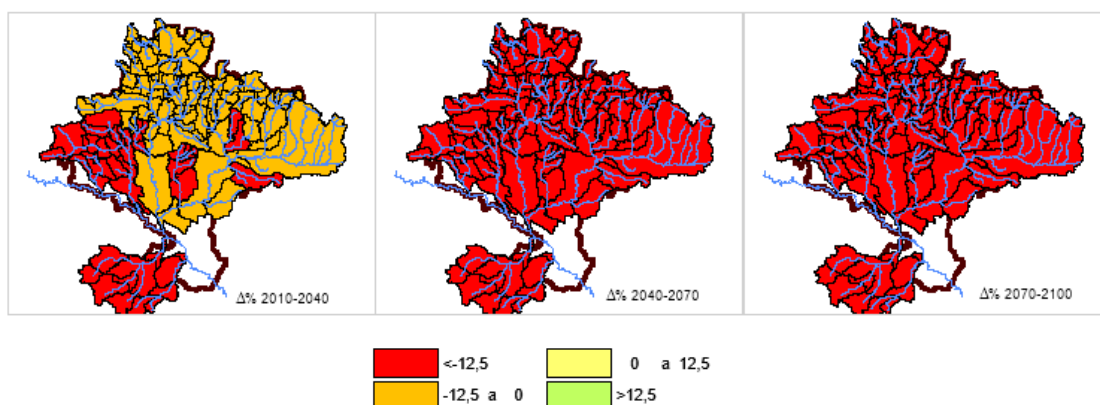


Figura 137 Distribución espacial de las anomalías de las aportaciones para los tres periodos de impacto estudiado en el escenario RCP 8.5

## 6 Eventos extremos

El estudio de los eventos extremos, sequías e inundaciones, se ha realizado a partir del análisis de la proyección de la variable de la precipitación. En el caso de las sequías se ha calculado el indicador SPI a 12 meses y en el caso de las inundaciones se han estudiado la evolución de los cuantiles considerando los diferentes periodos de impacto. A continuación, se desarrolla el estudio de cada uno de estos apartados.

### 6.1.1 Evolución de las sequías

El análisis de la evolución de las precipitaciones mínimas se ha realizado en base al estudio de las sequias acaecidas durante el periodo de proyección considerado la media del conjunto de los nueve modelos estudiados.

Entre las diferentes tipologías de sequías a analizar se ha optado por estudiar la sequía meteorológica a través del índice de sequía normalizado [SPI]. Entre los diferentes índices meteorológicos existentes se ha seleccionado éste por ser considerado por la OMM como punto de partida del estudio de sequias [GWP & WMO, 2016], por su fácil manejo y por la existencia de diferentes aplicativos informáticos que facilitan su cálculo.

El SPI puede obtenerse para diferentes pasos de agregación [1, 3, 6, 9, 12, ... meses], lo cual permite evaluar la duración de las condiciones de sequía y superávit para diferentes escalas de tiempo. En este estudio se ha optado por calcular el SPI a 12 meses ya que es el que mejor se vincula a cauces fluviales, niveles de embalses y reservas de aguas subterráneas pues se caracterizan por escalas temporales más largas [Organización Meteorológica Mundial - OMM, 2012].

El cálculo del SPI se ha realizado mediante la utilización del programa *SPI generator* generado por el *National Drought Mitigation Center* - UNL

El indicador SPI se ha calculado en los puntos de interés expuestos en la tabla 2. A partir del dato de SPI de 12 meses se ha realizado un análisis de las sequias considerando la siguiente clasificación propuesta por [Mckee, Doesken, & Kleist, 1993].

**Tabla 9 Categorías de sequía obtenidas después de realizar el análisis de las estaciones de Colorado en los Estados Unidos. Fuente: [Mckee et al., 1993]**

| SPI          | Categoría       |
|--------------|-----------------|
| 0 a 0,99     | Sequía leve     |
| -1,00 a 1,49 | Sequía moderada |
| -1,5 a -1,99 | Sequía severa   |
| <-2,00       | Sequía extrema  |

Teniendo en consideración la clasificación de la tabla 9 y para poder observar la evolución de las sequías durante el periodo de proyección, se ha procedido a contabilizar el número de sequías. Se considera el inicio de la sequía a partir del momento que supera el umbral de sequía moderada, valor -1 de SPI, se establece como fin de la sequía en el momento que se retorna al valor de normalidad, valor 0 de SPI. Este proceso se ha realizado en los dos escenarios estudiados RCP 4.5 y RCP 8.5 y el resultado se muestra en la tabla 10 y la tabla 11.

En ambos escenarios se aprecia como existe un aumento considerable de las sequías a medida que se progresa en el periodo de proyección y se acerca al año 2100. Destaca especialmente en el escenario 4.5 como el mayor número de sequías se produce en el periodo de impacto 2040-2070, contabilizándose 9 sequías en la vertiente mediterránea y 8 en la cantábrica. A su vez, la duración media de las sequías es sensiblemente más importante en el último periodo de impacto analizado, 21 meses en la vertiente mediterránea y 29 meses en la cantábrica. Por tanto, no solo a medida que se avanza en el periodo de proyección se aprecia un aumento en la frecuencia de las sequías, sino que también aumenta progresivamente su duración.

La evolución del índice SPI en la vertiente mediterránea y la cantábrica que se muestra en la figura 138 y figura 139, respectivamente, permite identificar como en el escenario 4.5 existe un claro aumento de las sequías, donde a partir de la década del 2040 la intensidad de las sequías aumenta.

Tabla 10 Cuantificación de las sequías moderadas que superan el umbral del valor 1 del SPI, en el escenario RCP 4.5. Cálculo realizado en los diferentes periodos de impacto y el periodo de control

| Punto de análisis | Sequías moderadas entre 1970-2000 | Duración media de las sequías en el periodo 1970-2000 | Sequías moderadas entre 2010-2040 | Duración media de las sequías en el periodo 2010-2040 | Sequías moderadas entre 2040-2070 | Duración media de las sequías en el periodo 2040-2070 | Sequías moderadas entre 2070-2100 | Duración media de las sequías en el periodo 2070-2100 |
|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| XB                | 2                                 | 11                                                    | 4                                 | 16                                                    | 9                                 | 19                                                    | 6                                 | 21                                                    |
| IXB               | 3                                 | 10                                                    | 4                                 | 23                                                    | 8                                 | 25                                                    | 4                                 | 29                                                    |
| 2000A-B           | 2                                 | 10                                                    | 4                                 | 21                                                    | 5                                 | 33                                                    | 8                                 | 18                                                    |
| 3100Q-B           | 1                                 | 11                                                    | 5                                 | 15                                                    | 9                                 | 22                                                    | 6                                 | 24                                                    |
| 3200K-B           | 1                                 | 11                                                    | 5                                 | 17                                                    | 8                                 | 23                                                    | 7                                 | 21                                                    |
| 3300D-B           | 2                                 | 11                                                    | 4                                 | 20                                                    | 8                                 | 22                                                    | 7                                 | 21                                                    |
| 4100H-B           | 2                                 | 11                                                    | 4                                 | 23                                                    | 7                                 | 32                                                    | 4                                 | 30                                                    |
| 4200C-B           | 2                                 | 10                                                    | 4                                 | 23                                                    | 9                                 | 23                                                    | 6                                 | 23                                                    |
| 4300C-B           | 1                                 | 11                                                    | 6                                 | 15                                                    | 7                                 | 31                                                    | 6                                 | 28                                                    |
| 4500C-B           | 1                                 | 9                                                     | 4                                 | 16                                                    | 9                                 | 21                                                    | 7                                 | 21                                                    |
| 4600C-B           | 2                                 | 9                                                     | 5                                 | 14                                                    | 9                                 | 19                                                    | 7                                 | 18                                                    |
| 5000B-B           | 2                                 | 11                                                    | 3                                 | 16                                                    | 8                                 | 28                                                    | 6                                 | 20                                                    |
| 5200K-B           | 2                                 | 11                                                    | 6                                 | 7                                                     | 7                                 | 32                                                    | 6                                 | 18                                                    |
| 5300K-B           | 2                                 | 12                                                    | 4                                 | 23                                                    | 8                                 | 26                                                    | 4                                 | 32                                                    |
| 5300M-B           | 2                                 | 12                                                    | 3                                 | 27                                                    | 8                                 | 26                                                    | 4                                 | 32                                                    |
| 5400E-B           | 3                                 | 9                                                     | 6                                 | 15                                                    | 7                                 | 22                                                    | 8                                 | 16                                                    |
| 5500F-B           | 2                                 | 11                                                    | 3                                 | 16                                                    | 8                                 | 28                                                    | 6                                 | 20                                                    |
| 6000A-B           | 2                                 | 11                                                    | 5                                 | 18                                                    | 5                                 | 26                                                    | 8                                 | 21                                                    |
| 7000B-B           | 2                                 | 7                                                     | 8                                 | 15                                                    | 6                                 | 21                                                    | 9                                 | 17                                                    |
| 9400K-B           | 3                                 | 10                                                    | 4                                 | 23                                                    | 8                                 | 26                                                    | 4                                 | 30                                                    |
| 9520D-B           | 3                                 | 9                                                     | 4                                 | 23                                                    | 8                                 | 24                                                    | 5                                 | 18                                                    |

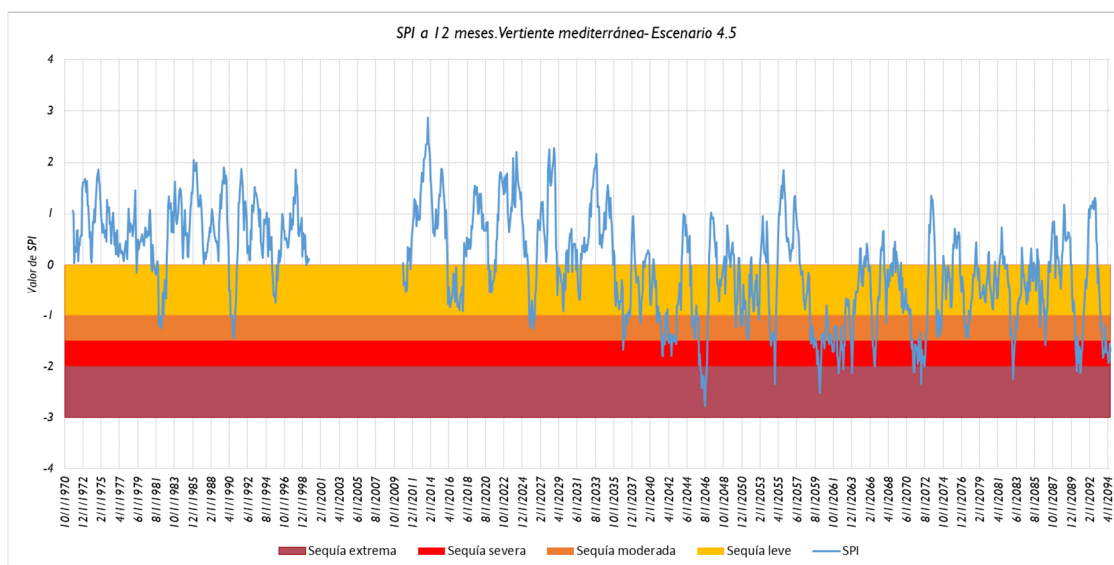
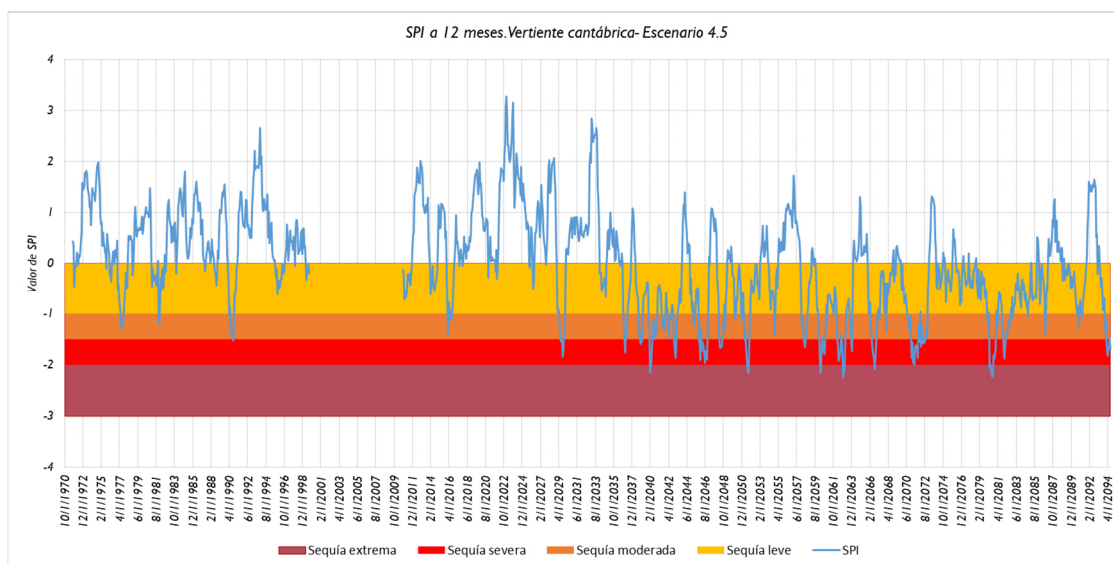


Figura 138 Evolución del índice SPI en la vertiente mediterránea en el escenario RCP 4.5



**Figura 139 Evolución del índice SPI en la vertiente cantábrica en el escenario RCP 4.5**

En el escenario 8.5 la situación descrita anteriormente se ve agudizada. El indicador SPI es muy sensible a la tendencia de la serie debido a que analiza la desviación existente sobre la media a través de la normalización de la serie de precipitación. La fuerte reducción de la precipitación que se produce en el escenario 8.5 condiciona la media de forma extraordinaria y provoca por tanto que en el inicio de la serie no se identifiquen sequías moderadas. Tanto en la Figura 140 como en la Figura 141 se puede apreciar como existe una enorme tendencia del índice, mostrando por tanto una clara no estacionariedad de la variable de la precipitación.

Teniendo en consideración lo anterior, en la tabla 11 se aprecia como nuevamente el periodo 2040-2070 es el que se produce mayor número de sequías con un valor de 5 tanto en la vertiente mediterránea como en la cantábrica, aunque cabe señalar que en el último periodo 1970-2100 el número de sequías disminuye pero aumenta su duración, permaneciendo prácticamente durante todo el período en sequía, y aumenta también la intensidad registrando valores de SPI, sensiblemente inferiores a -2. En consecuencia, se aprecia un cambio drástico de las condiciones de precipitación a partir de 2049 en este escenario.

Tabla 11 Cuantificación de las sequías moderadas que superan el umbral del valor 1 del SPI, en el escenario RCP 8.5. Cálculo realizado en los diferentes periodos de impacto y el periodo de control

| Estación | Sequías moderadas entre 1970-2000 | Duración media de las sequías en el periodo 1970-2000 | Sequías moderadas entre 2010-2040 | Duración media de las sequías en el periodo 2010-2040 | Sequías moderadas entre 2040-2070 | Duración media de las sequías en el periodo 2040-2070 | Sequías moderadas entre 2070-2100 | Duración media de las sequías en el periodo 2070-2100 |
|----------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| XC       | 0                                 | 11                                                    | 2                                 | 9                                                     | 5                                 | 18                                                    | 1                                 | 59                                                    |
| IXC      | 0                                 | 35                                                    | 1                                 | 12                                                    | 5                                 | 27                                                    | 1                                 | 14                                                    |
| 2000A-C  | 0                                 |                                                       | 2                                 | 11                                                    | 4                                 | 13                                                    | 3                                 | 22                                                    |
| 3100Q-C  | 0                                 | 11                                                    | 2                                 | 13                                                    | 5                                 | 14                                                    | 1                                 | 60                                                    |
| 3200K-C  | 0                                 |                                                       | 2                                 | 12                                                    | 4                                 | 17                                                    | 1                                 | 59                                                    |
| 3300D-C  | 0                                 | 11                                                    | 2                                 | 12                                                    | 5                                 | 16                                                    | 1                                 | 58                                                    |
| 4100H-C  | 0                                 | 2                                                     | 1                                 | 12                                                    | 3                                 | 27                                                    | 1                                 | 63                                                    |
| 4200C-C  | 0                                 | 13                                                    | 1                                 | 16                                                    | 4                                 | 20                                                    | 1                                 | 61                                                    |
| 4300C-C  | 0                                 | 17                                                    | 2                                 | 14                                                    | 3                                 | 45                                                    | 0                                 | 6                                                     |
| 4500C-C  | 0                                 | 10                                                    | 2                                 | 12                                                    | 4                                 | 21                                                    | 1                                 | 58                                                    |
| 4600C-C  | 0                                 | 12                                                    | 2                                 | 11                                                    | 4                                 | 20                                                    | 1                                 | 58                                                    |
| 5000B-C  | 1                                 | 12                                                    | 3                                 | 8                                                     | 5                                 | 17                                                    | 2                                 | 31                                                    |
| 5200K-C  | 0                                 | 10                                                    | 2                                 | 9                                                     | 4                                 | 18                                                    | 1                                 | 59                                                    |
| 5300K-C  | 0                                 | 11                                                    | 1                                 | 12                                                    | 4                                 | 19                                                    | 1                                 | 60                                                    |
| 5300M-C  | 0                                 | 27                                                    | 1                                 | 11                                                    | 4                                 | 18                                                    | 1                                 | 60                                                    |
| 5400E-C  | 0                                 |                                                       | 2                                 | 10                                                    | 4                                 | 25                                                    | 5                                 | 29                                                    |
| 5500F-C  | 1                                 | 8                                                     | 4                                 | 8                                                     | 5                                 | 18                                                    | 3                                 | 36                                                    |
| 6000A-C  | 1                                 | 10                                                    | 2                                 | 12                                                    | 8                                 | 15                                                    | 7                                 | 31                                                    |
| 7000B-C  | 1                                 | 5                                                     | 2                                 | 21                                                    | 5                                 | 18                                                    | 8                                 | 24                                                    |
| 9400K-C  | 0                                 | 9                                                     | 1                                 | 12                                                    | 5                                 | 28                                                    | 1                                 | 14                                                    |
| 9520D-C  | 0                                 | 18                                                    | 2                                 | 10                                                    | 5                                 | 29                                                    | 1                                 | 14                                                    |

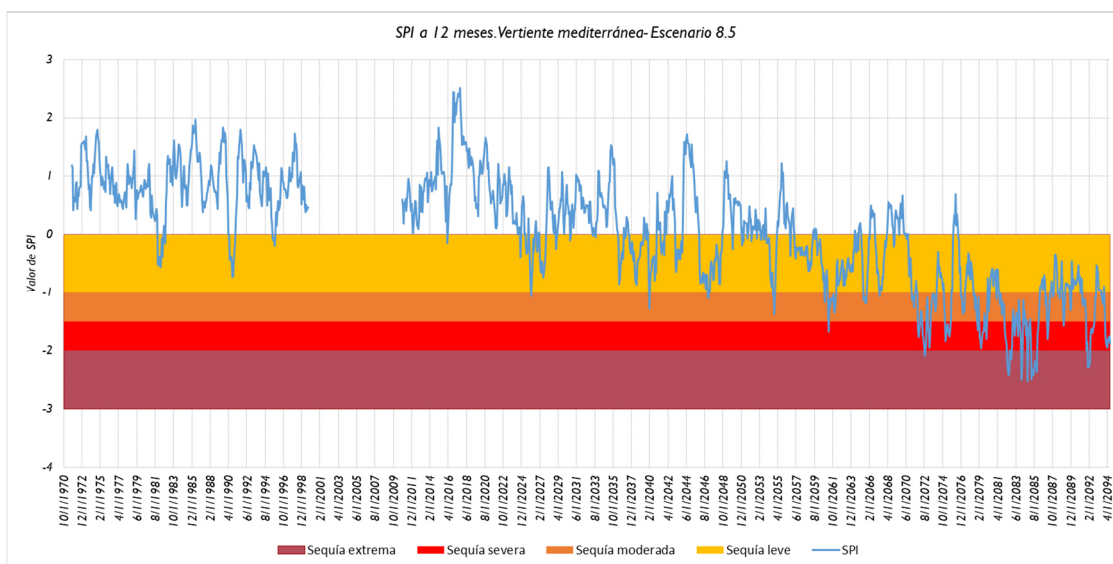


Figura 140 Evolución del índice SPI en la vertiente mediterránea en el escenario RCP 8.5

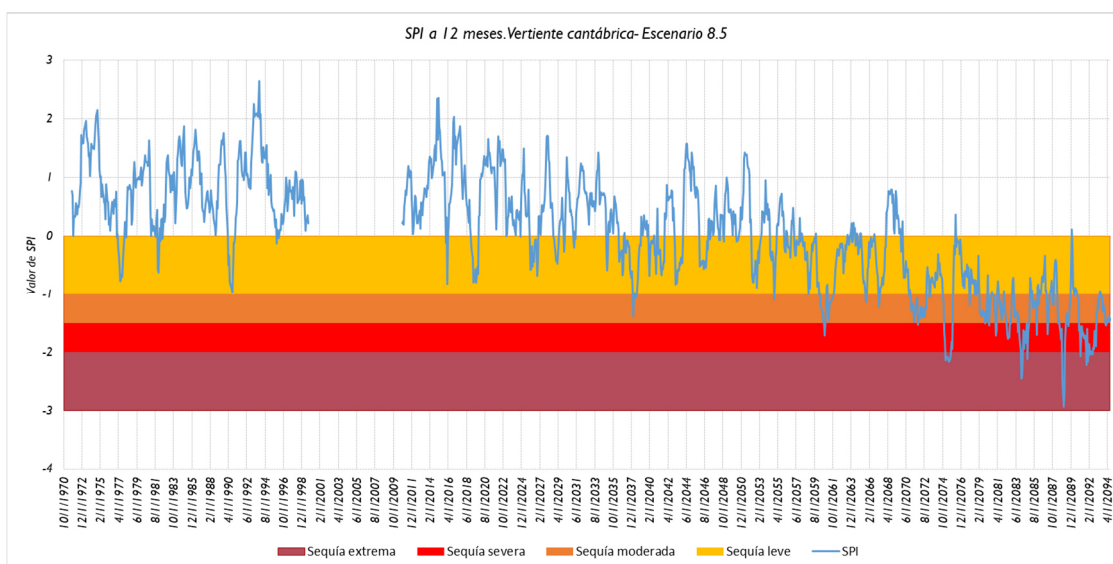


Figura 141 Evolución del índice SPI en la vertiente cantábrica en el escenario RCP 8.5



### 6.1.2 Evolución de las precipitaciones máximas

El estudio de precipitaciones máximas se ha realizado obteniendo los cuantiles de excedencia para 10, 50, 100 y 500 años de período de retorno para cada uno de los modelos estudiados, utilizado como serie los intervalos correspondientes a los periodos de impacto 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100. A su vez se han calculado estos mismos cuantiles en el periodo de control 1970-2000, con el fin de tener una base comparativa.

Para estos períodos se ha aplicado la distribución General para Valores Extremos [GEV] en base a L-momentos, ley ampliamente utilizada en diversos lugares del mundo [Garijo & Mediero, 2019][Svensson & Jones, 2010] y concretamente en España [Polo & López, 1994]. El resultado obtenido está sujeto a una gran incertidumbre, la cual va asociada a la propia distribución escogida y a la longitud de la serie analizada. Debido a la incertidumbre comentada, se muestra como resultado la anomalía o incremento y no el resultado del cuantil.

De forma previa, se ha realizado un análisis comparativo en el periodo 1970- 2000, donde se han calculado la media, la desviación estándar y el coeficiente de sesgo sobre los máximos anuales de los nueve modelos seleccionados y los datos registrados en el BDH, estos últimos datos procedentes del tratamiento de los registros de las estaciones meteorológicas, además se han calculado los cuantiles en este mismo periodo para, de esta forma, poder seleccionar aquellos modelos que mejor ajuste presentan con los datos registrados.

El resultado del análisis de los parámetros estadísticos se presenta en la **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se aprecia de forma clara como los modelos Cordex, C01, C02 y C03 presentan unos parámetros estadísticos similares a los de los datos registrados en el BDH, tanto al nivel de la media, la desviación estándar y el coeficiente de sesgo. Así mismo, los cuantiles calculados en el periodo de control 1970-2000 en los modelos Cordex presentan valores similares a los obtenidos con los datos registrados en el BDH, tal y como se muestra en la tabla 13.

Por otro lado, los modelos puntuales del P01 al P06 presentan una desviación estándar y un coeficiente de sesgo anormalmente bajos, mostrando, por tanto, poca variabilidad interdiaria, mostrándose, por tanto, no adecuados para el cálculo de los cuantiles. Por ese motivo el cálculo de los cuantiles se realiza, únicamente, con las precipitaciones máximas diarias de los modelos Cordex.

Tabla 12 media, desviación estándar y coeficiente de sesgo considerando los valores máximos diarios de precipitación en el periodo 1970-2000.

|                        | Modelos | Media | Desv. Estándar | Coef. Sesgo |
|------------------------|---------|-------|----------------|-------------|
| Vertiente Cantábrica   | BDH     | 66,39 | 13,65          | 0,28        |
|                        | C01     | 65,87 | 22,71          | 1,47        |
|                        | C02     | 51,86 | 17,48          | 1,71        |
|                        | C03     | 64,11 | 23,42          | 2,23        |
|                        | P01     | 42,56 | 6,50           | 0,00        |
|                        | P02     | 42,95 | 7,91           | -0,11       |
|                        | P03     | 38,80 | 6,61           | 0,39        |
|                        | P04     | 45,87 | 6,38           | -0,03       |
|                        | P05     | 44,32 | 8,26           | 0,73        |
|                        | P06     | 42,48 | 7,84           | 0,25        |
| Vertiente Mediterránea | BDH     | 31,88 | 8,08           | 0,94        |
|                        | C01     | 33,56 | 10,18          | 1,54        |
|                        | C02     | 30,69 | 10,07          | 2,67        |
|                        | C03     | 31,47 | 5,92           | 0,78        |
|                        | P01     | 18,79 | 3,59           | 0,19        |
|                        | P02     | 18,70 | 3,68           | -0,59       |
|                        | P03     | 15,64 | 2,98           | 0,25        |
|                        | P04     | 18,43 | 3,42           | 0,03        |
|                        | P05     | 18,56 | 4,38           | 0,75        |
|                        | P06     | 17,88 | 4,17           | 0,66        |

Tabla 13 Cuantiles calculados para los diferentes modelos en el periodo de control 1970-2000, en la vertiente cantábrica y mediterránea.

|                        | Modelos | Tr=10 años | Tr= 50 años | Tr= 100 años | Tr = 500 años |
|------------------------|---------|------------|-------------|--------------|---------------|
| Vertiente Cantábrica   | BDH     | 84,2       | 95,7        | 99,5         | 106,5         |
|                        | C01     | 93,6       | 133,8       | 154,5        | 212,4         |
|                        | C02     | 74,0       | 96,2        | 105,7        | 128,0         |
|                        | C03     | 86,1       | 137,3       | 170,6        | 291,3         |
|                        | P01     | 52,0       | 56,7        | 58,0         | 60,3          |
|                        | P02     | 53,4       | 58,5        | 60,0         | 62,4          |
|                        | P03     | 47,7       | 56,1        | 59,6         | 67,6          |
|                        | P04     | 54,3       | 59,4        | 61,0         | 63,9          |
|                        | P05     | 55,5       | 68,1        | 73,8         | 88,2          |
|                        | P06     | 53,8       | 60,1        | 62,2         | 65,9          |
| Vertiente Mediterránea | BDH     | 42,7       | 52,8        | 56,9         | 66,1          |
|                        | C01     | 46,1       | 61,5        | 68,7         | 87,2          |
|                        | C02     | 40,6       | 59,7        | 71,0         | 108,1         |
|                        | C03     | 39,9       | 48,9        | 52,9         | 62,7          |

|  | Modelos | Tr=10<br>años | Tr= 50<br>años | Tr= 100<br>años | Tr = 500<br>años |
|--|---------|---------------|----------------|-----------------|------------------|
|  | P01     | 23,9          | 26,7           | 27,6            | 29,2             |
|  | P02     | 23,2          | 24,8           | 25,2            | 25,7             |
|  | P03     | 19,8          | 22,6           | 23,5            | 25,4             |
|  | P04     | 23,0          | 25,3           | 26,0            | 27,2             |
|  | P05     | 24,4          | 31,2           | 34,3            | 42,2             |
|  | P06     | 23,7          | 29,0           | 31,2            | 36,3             |

Los datos de los modelos Cordex se han comparado con los obtenidos en el período de referencia 1970-2000 respecto a los cuantiles obtenidos en los diferentes periodos de impacto, 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100 para de esta forma poder obtener el valor de las anomalías expresado como ( $\Delta T$ ) [Garijo & Mediero, 2019]. Este valor es adimensional e indica la relación entre el periodo de control y los periodos seleccionados.

$$\Delta T = \left( \frac{P_{T,i} - P_{T,con}}{P_{T,con}} \right)$$

En la tabla 14 y la

tabla 15 se muestran los resultados para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 respectivamente, tanto en la vertiente cantábrica como en la vertiente mediterránea.

De la observación de los resultados se puede apreciar en el escenario RCP 4.5 como existe una sensible tendencia a la reducción de los cuantiles en la vertiente cantábrica. En la vertiente mediterránea existe un aumento y una disminución de los cuantiles a lo largo del tiempo sin apreciar un patrón de comportamiento claro.

En el escenario 8.5, se distinguen dos patrones claramente definidos. En la vertiente cantábrica se aprecia una sensible reducción de los cuantiles que se va reduciendo a lo largo del tiempo. En la vertiente mediterránea, se aprecia un aumento de los cuantiles en todos los periodos, aunque no se distingue una tendencia a lo largo del tiempo.

Los resultados y conclusiones obtenidas hay que tomarlos con suma prudencia ya que están sujetos a una gran incertidumbre que emana tanto de la propia distribución de frecuencia seleccionada, de la longitud de la serie escogida, que para los periodos de retorno de baja recurrencia puede ser corta. Además, hay que tener en consideración que la variabilidad interdiaria en modelos climáticos regionales suele ser poco representativa.

Tabla 14 Variación de los cuantiles respecto al periodo de control en el escenario RCP 4.5

| Periodo   |                        | Tr=10<br>años | Tr= 50<br>años | Tr= 100<br>años | Tr = 500<br>años |
|-----------|------------------------|---------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2010-2040 | Vertiente cantábrica   | -0,06         | -0,21          | -0,29           | -0,53            |
|           | Vertiente mediterránea | 0,04          | -0,09          | -0,16           | -0,41            |
| 2040-2070 | Vertiente cantábrica   | -0,09         | -0,29          | -0,42           | -0,84            |
|           | Vertiente mediterránea | 0,12          | 0,17           | 0,19            | 0,22             |
| 2070-2100 | Vertiente cantábrica   | -0,10         | -0,35          | -0,50           | -0,99            |
|           | Vertiente mediterránea | 0,09          | 0,01           | -0,04           | -0,20            |

Tabla 15 Variación de los cuantiles respecto al periodo de control en el escenario RCP 8.5

| Periodo   |                        | Tr=10<br>años | Tr= 50<br>años | Tr= 100<br>años | Tr = 500<br>años |
|-----------|------------------------|---------------|----------------|-----------------|------------------|
| 2010-2040 | Vertiente cantábrica   | -0,03         | -0,09          | -0,12           | -0,21            |
|           | Vertiente mediterránea | 0,10          | 0,13           | 0,15            | 0,17             |
| 2040-2070 | Vertiente cantábrica   | -0,04         | -0,14          | -0,19           | -0,31            |
|           | Vertiente mediterránea | 0,15          | 0,17           | 0,17            | 0,16             |
| 2070-2100 | Vertiente cantábrica   | -0,11         | -0,27          | -0,37           | -0,70            |
|           | Vertiente mediterránea | 0,16          | 0,15           | 0,14            | 0,11             |

## 7 Síntesis y Conclusiones

El objetivo principal del presente estudio es la evaluación de los efectos del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural en las cuencas hidrográficas de la Comunidad Foral de Navarra. Asimismo, el estudio se completa con el análisis del efecto del cambio climático en los fenómenos extremos: precipitaciones máximas y sequías.

Para poder dar respuesta a estos objetivos se cuenta con el trabajo realizado en las dos fases anteriores, que han permitido tener un adecuado registro histórico almacenado en el Banco de Datos Hidrológico de la comunidad de Navarra (BDH), con el que se han podido realizar las comparaciones estadísticas necesarias para poder seleccionar los modelos de proyección climática. Este proceso de selección se ha llevado a cabo en la segunda fase de este estudio y se obtuvo un conjunto de nueve modelos que se pueden consultar en la tabla 1.

Con toda esta información el estudio realizado en esta fase se puede diferenciar en diferentes etapas las cuales se enumeran a continuación:

1. En la primera se ha realizado un análisis de tendencia e impacto de las variables climáticas, precipitación y temperatura. Este proceso se ha realizado para los nueve modelos individualmente, y a su vez se ha estudiado la tendencia del resultado de la obtención de la media de los nueve. Lo primero que destaca de este resultado es la gran incertidumbre que se muestra al analizar el conjunto de modelos, ya que la dispersión de los resultados obtenidos tanto en precipitación como en temperatura es muy elevada. También, destaca como la media del conjunto de modelos presenta unas tendencias con una elevada significancia estadística, tanto para la temperatura como para la precipitación. Esto no quiere decir que esta misma significancia se presente en los modelos individualmente.

Teniendo en consideración esto último, en la **temperatura media diaria** se puede observar el siguiente comportamiento:

- En el escenario RCP 4.5 se obtiene una tendencia **+0,21 °C/decenio** en la vertiente mediterránea y **+0,18 °C/decenio** en la vertiente cantábrica. Se aprecia una sensible diferencia en la vertiente cantábrica con una menor tendencia. Cabe señalar que las tendencias obtenidas para este escenario son similares a las obtenidas en la primera fase del estudio si se comparan con el intervalo 1954-2015.
- Para el escenario de altas emisiones RCP 8.5 la tendencia se incrementa notablemente con **+0,49 °C/decenio** en la vertiente mediterránea y **+0,43 °C/decenio** en la vertiente cantábrica

- De forma individual cabe destacar la **cuenca del río Aragón** donde se aprecia una **tendencia positiva algo superior a la del conjunto de la vertiente mediterránea**, y esto se aprecia de forma **más sensible** en la cabecera de la cuenca, **en la zona oriental de la Comunidad de Navarra y cabecera del río Aragón**. Un comportamiento parecido se apreciaba en la primera fase del estudio, cuando en la zona pirenaica [estación de Canfranc] se obtenía una tendencia positiva de temperatura media más pronunciada. Para el resto de las cuencas estudiadas al detalle, el comportamiento es similar al conjunto de las vertientes estudiadas.
- Del estudio de anomalías realizado en los periodos de impacto, en el **escenario RCP 4.5** se observa como existe un mayor calentamiento en la **vertiente mediterránea**, donde se obtiene un valor de **2,2 °C** para la media del conjunto de modelos en el **periodo 2070-2100**, y **2 °C** en la **vertiente cantábrica** en este mismo periodo.
- En el escenario RCP 8.5, los impactos se intensifican alcanzando unas anomalías de temperatura de **4,1 °C en la vertiente mediterránea y 3,6 °C en la vertiente cantábrica para el período 2070-2100**. Nuevamente se aprecia una notable diferencia entre las dos vertientes.
- Del análisis detallado de las cuencas, destaca nuevamente la cuenca del río Aragón, donde en el periodo de impacto 2070-2100 el valor de las anomalías obtenidas es de **2,4 °C** en el escenario RCP 4.5 y **4,4 °C** en el escenario RCP 8.5. Sensiblemente superior a la del conjunto de la vertiente mediterránea.

Este mismo trabajo de análisis se ha realizado para la variable de la **precipitación diaria**, en este caso se ha analizado la **tendencia de las anomalías de la PRT anual respecto al periodo de control**, observándose el comportamiento siguiente:

- En el periodo proyectado se aprecia una **tendencia negativa en la evolución del porcentaje de precipitación**. En el escenario RCP 4.5, en la vertiente cantábrica de la comunidad de Navarra se aprecia mayor pendiente negativa que en la vertiente mediterránea, **-0,99 %/decenio en la vertiente cantábrica**, por **-0,86%/decenio en la vertiente mediterránea**.
- En el escenario **RCP 8.5** las pendientes se agudizan, mostrando nuevamente una ligera diferencia entre ambas vertientes de la comunidad de **Navarra**, **-2,1%/decenio en la vertiente cantábrica y -2,05%/decenio en la vertiente mediterránea**.
- De la observación de las cuencas de forma individual, se aprecia una gran homogeneidad en las dos vertientes analizadas, aunque se puede destacar una cierta mayor tendencia negativa en la cuenca del Arga en la vertiente mediterránea y la cuenca del río Bidasoa en Endarlatza en la vertiente cantábrica.

- De estudio de anomalías realizado se puede observar como en el **escenario RCP 4.5** en ambas vertientes se aprecia una anomalía, para el valor de la media, **del -6% en el periodo 2070-2100**. En cambio, en el **periodo 2010-2040** en la **vertiente cantábrica**, se aprecia un leve aumento de la precipitación del **+0,3%** respecto al periodo de control, comportamiento que no se ve reflejado en la **vertiente mediterránea**, que muestra una **anomalía negativa de -0,7%**. En el **periodo 2040-2070** es donde se obtiene una mayor reducción de la precipitación con valores cercanos al **-6,5% en ambas regiones**.
- Observando las cuencas de los **cursos principales**, destaca la gran reducción que se obtiene en la **cuenca del río Ega**, con una anomalía negativa en el periodo de **2070-2100 de -6,2%**, destaca la subcuenca **del río Urederra** con una reducción para este mismo periodo de **-6,6%**. Poniendo especial énfasis en el **período 2010-2040**, más orientado para la planificación de los recursos hídricos, destaca la anomalía en la cuenca **del río Queiles o del río Alhama**, que **supera el -2%**.
- En el **escenario 8.5**, en el **periodo 2070-2100** se obtiene una anomalía del **-14,8% en la vertiente cantábrica y -14,7% en la vertiente mediterránea**, tal y como se puede apreciar, en ambas regiones se obtienen valores muy similares. **En el periodo 2010-2040** el resultado obtenido para el promedio de los nueve modelos es de **-2,1% en la vertiente cantábrica y -2,5% en la vertiente mediterránea**, aunque los valores son muy parecidos se aprecia una mayor reducción de la precipitación en la vertiente mediterránea.
- Analizando las subcuencas de forma más detallada, destaca la anomalía negativa en la cuenca del **río Ega**, donde en el periodo **2070-2100** se obtiene una anomalía de precipitación del **-14,9%**. En esta misma cuenca este valor se ve incrementado en la cuenca del río Urederra donde se obtiene una anomalía para este mismo periodo de **-15,7%**. En el periodo **2010-2040** las anomalías más importantes de precipitación se obtienen en las cuencas del **río Queiles y del río Alhama** presentando una anomalía de **-3,1%**. Para el resto de las cuencas analizadas los valores de las anomalías estudiadas oscilan entre **-2,5% y el -3%**.

## N

2. En la segunda etapa de esta fase del estudio se han calculado las aportaciones en régimen natural en el periodo de proyección, desde el año 1970 al año 2100, utilizando las variables climáticas obtenidas de los nueve modelos seleccionados y en los dos escenarios de forzamiento radiativo escogidos RCP 4.5 y RCP 8.5. El cálculo de las aportaciones se ha realizado mediante la utilización del modelo de transformación precipitación- escorrentía *Sacramento Soil Moisture Accounting Model*, conocido como el modelo Sacramento. Los parámetros físicos utilizados en el modelo vienen definidos durante el proceso de calibración realizado en el estudio de Actualización del Banco de datos hidrológico para el periodo 2007-2015 realizado por el gobierno de Navarra en el año 2017.

Una vez ejecutado el modelo Sacramento se disponen de 18 series diarias de aportaciones que han sido analizadas para conocer su tendencia en el periodo de proyección 2010-2100, que como en el caso de la precipitación se ha analizado en base la tendencia de la evolución de las anomalías anuales respecto al periodo de control. Además, se han estudiado las anomalías derivadas del cambio climático utilizando los mismos periodos de impacto antes descritos, 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100, respecto al periodo de control 1970-2000.

El estudio se ha realizado en los nueve modelos individualmente, extrayendo las principales conclusiones del resultado de la media del conjunto de los modelos, durante el análisis de tendencia se ha comprobado que para la media de conjunto de modelos las tendencias obtenidas presentan una elevada significancia estadística, cosa que no tiene por qué suceder cuando se analizan los modelos de forma individual.

Teniendo en consideración el trabajo realizado se observa el comportamiento siguiente:

- La **tendencia general** que se observa para el conjunto de la Comunidad de Navarra es **claramente negativa**. Esta tendencia negativa es mucho más acusada en la **vertiente mediterránea**, donde en el **escenario RCP 4.5** la pendiente obtenida es de **-2,49%/decenio**. En la **vertiente cantábrica** se obtiene una pendiente negativa de **-2,18%/ decenio**. En el escenario de altas emisiones **RCP 8.5**, las pendientes son mucho más pronunciadas, **-4,46%/decenio en la vertiente cantábrica** y **-5,23%/decenio en la vertiente mediterránea**.
- La distribución intermensual de las aportaciones se mantiene invariable en los periodos de impacto seleccionados, **produciéndose los máximos y mínimos prácticamente durante los mismos meses del año**.
- A nivel **estacional**, no se observa, en ningún caso, un **desplazamiento de los estiajes o de la época húmeda**.
- Si se analizan las cuencas con mayor detalle destaca la cuenca **del río Ega** en la vertiente mediterránea con un valor de **-3,45 %/decenio** en el escenario RCP 4.5 y **-6,59 %/decenio** en el escenario RCP 8.5. El resto de cuencas presentan unas tendencias similares a las obtenidas en cada una de las vertientes en su conjunto.
- En términos generales, las anomalías obtenidas en los dos escenarios estudiados son negativas. En la **vertiente mediterránea**, se obtiene una anomalía negativa de **-4,5%** en el periodo **2010-2040** para el escenario **RCP 4.5**. En el escenario de altas emisiones **RCP 8.5** la **anomalía** para este mismo periodo es de **-9,3%**. En la **vertiente cantábrica**, se obtienen unas anomalías algo más reducidas. En el periodo de impacto 2010-2040, las anomalías obtenidas para la media del



conjunto de los modelos son de **-2,0% en el escenario RCP 4.5** y **-6,7% en el escenario RCP 8.5**.

- En el periodo de impacto **2040-2070** se obtiene un impacto para el escenario 4.5 de **-19% en la vertiente mediterránea** y **-14,8% en la cantábrica**. Para el **escenario 8.5** estos valores se ven incrementados obteniéndose valores de impacto de **-22,0% en la vertiente mediterránea** y **-16,4% en la cantábrica**.
  - En periodo **2070-2100 en el escenario 4.5** el impacto es de **-20,2% en la vertiente mediterránea** y **-15,8% en la cantábrica**. En el **escenario 8.5** este impacto se agrava notablemente alcanzando valores para la media del conjunto de modelos de **-40,8% en la vertiente mediterránea** y **-33,1% en la vertiente cantábrica**
3. En la tercera etapa de esta fase del estudio se han analizado los eventos extremos sequías y precipitaciones máximas. Las sequías se han estudiado utilizando la evolución del índice de precipitación estandarizado, contabilizando el número o frecuencia de sequías que se producen en los tres periodos de impacto y la duración media de las sequías en cada periodo. A partir de este análisis se observa:
- En el escenario RCP 4.5 y 8.5 **se aprecia un aumento considerable de las sequías a medida que se progresa en el periodo de proyección y se acerca al año 2100**. Destaca especialmente en el escenario 4.5 como el mayor número de sequías se produce en el periodo de impacto 2040-2070, contabilizándose 9 sequías en la vertiente mediterránea y 8 en la cantábrica.
  - **La duración media de las sequías es sensiblemente más importante en el último periodo de impacto analizado**, 21 meses en la vertiente mediterránea y 29 meses en la cantábrica.
  - En el **escenario 8.5 la situación descrita anteriormente se ve agudizada y el resultado se ve condicionado por la fuerte pendiente que presenta el indicador** en este escenario, hecho que provoca que no se contabilicen sequías al inicio de la serie.

El estudio de precipitaciones máximas se ha realizado mediante el estudio del incremento de los cuantiles de las precipitaciones máximas diarias en cada periodo de impacto, comparando el resultado obtenido con los cuantiles que se obtienen en el periodo de control.

Para poder realizar este proceso se han seleccionado los modelos climáticos que presentan una mayor semejanza estadística con la serie de máximos diarios anuales registrada en el BDH. Como resultado de este proceso se obtiene:

- Los modelos que presentan un mejor comportamiento estadístico en relación a los máximos diarios anuales son los modelos de rejilla Cordex, C01, C02 y C03, los modelos puntuales no presentan una adecuada variabilidad interdiaria, impidiendo, por tanto, su utilización en el cálculo de los cuantiles.
- Se puede apreciar en el escenario RCP 4.5 **como existe una sensible tendencia a la reducción de los cuantiles en la vertiente cantábrica. En la vertiente mediterránea existe un aumento y una disminución de los cuantiles** a lo largo del tiempo sin apreciar un patrón de comportamiento claro.
- En el escenario 8.5, se distinguen dos patrones claramente definidos, en la **vertiente cantábrica se aprecia una sensible reducción de los cuantiles** que se va reduciendo a lo largo del tiempo. **En la vertiente mediterránea se aprecia un aumento de los cuantiles en todos los periodos**, aunque no se distingue una tendencia a lo largo del tiempo.
- **Los resultados y conclusiones obtenidas hay que tomarlos con suma prudencia ya que están sujetos a una gran incertidumbre** que emana tanto de la propia distribución de frecuencia seleccionada, de la longitud de la serie escogida, que para los periodos de retorno de baja recurrencia puede ser corta. Además, hay que tener en consideración que la variabilidad interdiaria en modelos climáticos regionales suele ser poco representativa.

## 8 Referencias

- CEDEX. [2017]. Evaluación del impacto del Cambio Climático en los recursos hídricos y sequías en España, 320. Retrieved from <http://publicacionesoficiales.boe.es/escase>
- Garijo, C., & Mediero, L. [2019]. Assessment of Changes in Annual Maximum Precipitations in the Iberian Peninsula under Climate Change.
- Gobierno de Navarra. [2017]. Actualización del Banco de datos hidrológico para el periodo 2007-2015.
- GWP, & WMO. [2016]. *Manual de indicadores e índices de sequía [M. Svoboda y B.A. Fuchs]. Programa de gestión integrada de sequías, Serie 2 de herramientas y directrices para la gestión integrada de sequías.*
- Kendall, M. G. [1956]. Rank Correlation Methods. *British Journal of Statistical Psychology*, 9[1], 68-68. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1956.tb00172.x>
- Mckee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. [1993]. *THE RELATIONSHIP OF DROUGHT FREQUENCY AND DURATION TO TIME SCALES. Eighth Conference on Applied Climatology.*
- Organizacion Meteorológica Mundial - OMM. [2012]. *Índice normalizado de precipitación - Guía del usuario.*
- Polo, J. F., & López, L. A. [1994]. Análisis estadístico de las series anuales de máximas lluvias diarias en España. *Revista Digital Del Cedex*, 0[95 SE-Artículos]. Retrieved from <http://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/1008>
- Svensson, C., & Jones, D. A. [2010, December 1]. Review of rainfall frequency estimation methods. *Journal of Flood Risk Management*. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2010.01079.x>