



**Deliverable 6.2.1:**  
**ESTUDIO DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA**  
**Informe sobre las áreas climáticas de**  
**Navarra y las condiciones generales del**  
**clima previsto en Navarra**

*Action 6.2*

Grant Agreement n°. 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 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 checked="" type="checkbox"/> |

Autor: NASUVINSA, con la Asistencia Técnica de TECNALIA:

- N** Maialen Martija, Tecnalia Research and Innovation
- N** Sheila Carreño, Tecnalia Research and Innovation
- N** Roberto Hernandez, Tecnalia Research and Innovation



## Table of contents

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 0.    | EXECUTIVE SUMMARY / RESUMEN.....  | 9  |
| 0.1   | EXECUTIVE SUMMARY.....  | 9  |
| 0.2   | RESUMEN EJECUTIVO.....  | 14 |
| 1.    | ANÁLISIS METODOLÓGICO DE LA ADAPTACIÓN DE LOS DATOS CLIMATOLÓGICOS<br>DISPONIBLES A LA REALIDAD NAVARRA DE DATOS HISTÓRICOS Y PROYECTADOS.....                                  | 19 |
| 1.1   | Análisis metodológico de históricos.....  | 19 |
| 1.1.1 | Fuente de datos históricos y del presente.....  | 19 |
| 1.1.2 | Red manual y red automática.....  | 21 |
| 1.1.3 | Gestión de las estaciones y de las series de datos.....   | 23 |
| 1.1.4 | Control de calidad.....   | 26 |
| 1.1.5 | Homogeneización.....  | 26 |
| 1.1.6 | Series mensuales y anuales.....   | 28 |
| 1.2   | Análisis metodológico proyecciones.....   | 28 |
| 1.2.1 | Proyecciones en estaciones puntuales.....   | 28 |
| 1.2.2 | Proyecciones en rejilla.....  | 34 |
| 2.    | ESTABLECIMIENTO DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS NECESARIAS PARA DEFINIR LOS<br>“CLIMAS PASADOS Y FUTUROS DE NAVARRA” MEDIANTE CLASIFICACIONES E ÍNDICES<br>CLIMÁTICOS ESTÁNDAR..... | 40 |
| 2.1   | Datos en estaciones.....  | 40 |
| 2.2   | Datos en rejilla.....   | 42 |
| 2.3   | Índices climáticos y bioclimáticos.....   | 43 |
| 2.3.1 | La clasificación climática de Koeppen.....  | 44 |
| 2.3.2 | Índices de aridez.....  | 47 |
| 2.3.3 | Índices de continentalidad / oceanidad.....   | 50 |
| 2.4   | Índices de extremos climáticos.....   | 53 |
| 3.    | ESTUDIO CLIMÁTICO (RESÚMENES CLIMÁTICOS POR PERIODOS CLIMÁTICOS) DE UNA<br>SERIE DE ESTACIONES Y MODELOS.....   | 81 |
| 3.1   | Normales climáticas.....  | 81 |
| 3.2   | Resúmenes climáticos.....   | 82 |
| 3.2.1 | Fichas climáticas.....  | 82 |
| 3.2.2 | Diagramas bioclimáticos.....  | 84 |
| 3.2.3 | Balances hídricos.....  | 90 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 3.3   | Mapas climáticos.....  | 98  |
| 4.    | CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE NAVARRA SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN<br>105  |     |
| 4.1   | Definición de los climas de referencia según el CTE .....  | 105 |
| 4.1.1 | Severidad climática de invierno:.....  | 105 |
| 4.1.2 | Severidad climática de verano:.....  | 106 |
| 4.2   | Metodología para el cálculo de las severidades climáticas de Navarra según el CTE<br>bajo escenarios de cambio climático.....                                    | 107 |
| 4.2.1 | Consideraciones metodológicas previas.....   | 107 |
| 4.2.2 | Cálculo.....   | 108 |
| 4.3   | Resultados.....  | 109 |
| 4.3.1 | Clasificación climática según el CTE para Pamplona.....  | 109 |
| 4.3.2 | Clasificación climática según el CTE para Navarra.....   | 111 |
| 4.4   | Resultados gráficos: Clasificación climática de Navarra según el CTE .....   | 111 |
| 4.4.1 | Clasificación climática según el CTE para el conjunto de Navarra .....   | 112 |
| 4.4.2 | Clasificación climática según el CTE para las entidades de población de<br>Navarra 112   |     |
| 4.4.3 | Clasificación climática según el CTE para los municipios Navarra.....  | 113 |
| 5.    | PREDIAGNÓSTICO QUE PERMITIRÁ ESTABLECER ÁREAS CLIMÁTICAS PARA LAS QUE SE<br>ESTABLECERÁN LAS MEDIDAS DE GESTIÓN ADAPTATIVA DEL PAISAJE Y MEDIO CONSTRUIDO<br>114 |     |
| 5.1   | Variables climáticas temperatura y precipitación .....   | 114 |
| 5.2   | Índices climáticos y bioclimáticos .....   | 115 |
| 5.3   | Índices de extremos climáticos.....  | 116 |
| 5.4   | Resúmenes climáticos.....  | 117 |
| 5.5   | Clasificación climática según el CTE .....   | 117 |
| 6.    | CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y PRÓXIMOS PASOS.....  | 118 |
| 6.1   | Análisis metodológico proyecciones .....   | 118 |
| 6.2   | Análisis de resultados del estudio climático .....   | 119 |
| 6.3   | Próximos pasos.....  | 120 |
| 7.    | BIBLIOGRAFÍA.....  | 122 |
| 8.    | ANEXO 1. MAPAS CLIMÁTICOS MENSUALES .....  | 126 |
| 8.1   | Red de estaciones meteorológicas de Navarra .....  | 126 |
| 8.2   | Puntos de rejilla de los modelos numéricos AdapteCCa en Navarra.....   | 128 |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 8.3  | Temperatura media.....                            | 131 |
| 8.4  | Temperatura máxima media .....                    | 137 |
| 8.5  | Temperatura mínima media .....                    | 143 |
| 8.6  | Temperatura media de las mínimas absolutas .....  | 149 |
| 8.7  | Precipitación total .....                         | 155 |
| 8.8  | ETP.....  | 160 |
| 9.   | ANEXO 2. MAPAS DE ÍNDICES DE ARIDEZ.....          | 167 |
| 9.1  | De Martonne.....                                  | 167 |
| 9.2  | Emberger .....                                    | 168 |
| 9.3  | Lang .....  | 169 |
| 9.4  | Rivas-Martínez.....                               | 170 |
| 10.  | ANEXO 3. MAPAS DE ÍNDICES DE CONTINENTALIDAD..... | 171 |
| 10.1 | Amann.....  | 171 |
| 10.2 | Gorczyński.....                                   | 172 |
| 10.3 | Rivas-Martínez.....                               | 173 |
| 11.  | ANEXO 4. FICHAS CLIMÁTICAS.....                   | 174 |
| 12.  | ANEXO 5. DIAGRAMAS OMBROTÉRMICOS .....            | 186 |
| 13.  | ANEXO 6. DIAGRAMAS DE BALANCE HÍDRICO .....       | 198 |
| 14.  | ANEXO 7. MAPAS DE MEDIAS ANUALES .....            | 210 |

## Tables

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Tabla 1-1 | Estaciones disponibles en AdapteCCa. En verde los modelos utilizados.....  | 29 |
| Tabla 1-2 | Estaciones disponibles en AdapteCCa.....   | 30 |
| Tabla 1-3 | Modelos regionales de AdapteCCa a los que se les ha agregado institución, GCM [modelo global de origen] y la técnica de regionalización estadística utilizada.....           | 33 |
| Tabla 1-4 | Proyecciones en rejilla disponibles en AdapteCCa.....  | 34 |
| Tabla 1-5 | Listado de modelos utilizados junto con la descripción del centro al que pertenecen. También se indica cuáles son los modelos global y regional utilizados en cada caso..... | 35 |
| Tabla 1-6 | Selección de modelos adecuado [verde], intermedio [amarillo] y descartados [rojo] de cada variable tmax, tmin, pcp.....  | 38 |
| Tabla 2-1 | Temperaturas medias [°C] de datos observados y modelos regionales de AdapteCCa para diferentes periodos climatológicos normales.....   | 40 |
| Tabla 2-2 | Precipitaciones totales [mm] de datos observados y modelos regionales de AdapteCCa para diferentes periodos climatológicos normales.....                                     | 41 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 2-3 Sistema de clasificación de Koeppen.....  | 45  |
| Tabla 2-4 Clasificación de Koeppen de datos observados y modelos regionales de AdapteCCa para diferentes periodos climatológicos normales.....                    | 45  |
| Tabla 2-5 Índice de aridez de Rivas-Martínez de datos observados y modelos regionales de AdapteCCa para diferentes periodos climatológicos normales.....          | 48  |
| Tabla 2-6 Índice de continentalidad de Rivas-Martínez de datos observados y modelos regionales de AdapteCCa para diferentes periodos climatológicos normales..... | 50  |
| Tabla 2-7 Selección de índices básicos de ET-SCI calculados [según lo acordado en julio de 2011; nombres y definiciones actualizados en mayo de 2016].            | 56  |
| Tabla 2-8 Índice tmm [temperatura media].   | 63  |
| Tabla 2-9 Índice fd [días de helada].   | 64  |
| Tabla 2-10 Índice id [días de hielo].   | 65  |
| Tabla 2-11 Índice su [días de verano].  | 66  |
| Tabla 2-12 Índice tr [noches tropicales].   | 67  |
| Tabla 2-13 Índice gsl [longitude de la estación de crecimiento].  | 68  |
| Tabla 2-14 Índice wsdí [indicador de duración del period de calentamiento, 6 días].   | 69  |
| Tabla 2-15 Índice csdi [indicador de duración del periodo de enfriamiento, 6 días].   | 70  |
| Tabla 2-16 Índice hwn [indicador de número de olas de calor].   | 71  |
| Tabla 2-17 Índice prcptot [indicador de precipitación total].   | 72  |
| Tabla 3-1 Ficha de Pamplona para el periodo 1991-2017.....  | 82  |
| Tabla 3-2 Parametros y sus abreviaturas.....  | 83  |
| Tabla 3-3: Ficha climática del punto 39 de rejilla [≈ Pamplona] para el periodo 2021-2050.....  | 83  |
| Tabla 3-4: Ficha climática del punto 39 de rejilla [≈ Pamplona] para el periodo 2051-2080.....  | 84  |
| Tabla 4-1 Clasificación climática de Pamplona para los periodos normales establecidos.....  | 110 |
| Tabla 4-2 Clasificación climática para Navarra en función de altura que establece el CTE para los periodos normales establecidos.....                             | 111 |

## Illustrations

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 1 Repositorio de datos meteorológicos del Gobierno de Navarra: <a href="http://meteo.navarra.es/estaciones/descargardatos.cfm">http://meteo.navarra.es/estaciones/descargardatos.cfm</a> .....                                   | 20 |
| Ilustración 2 Ejemplo de ficheros descargados del repositorio de datos meteorológicos del Gobierno de Navarra. Arriba: estación manual, abajo: estación automática.....  | 21 |
| Ilustración 3 Página web de consulta de datos meteorológicos del Gobierno de Navarra: <a href="http://meteo.navarra.es/estaciones/mapadeestaciones.cfm">http://meteo.navarra.es/estaciones/mapadeestaciones.cfm</a> .....                    | 23 |
| Ilustración 4 Página web de consulta de estaciones meteorológicas del Gobierno de Navarra: <a href="http://meteo.navarra.es/estaciones/estacion.cfm?IDestacion=274">http://meteo.navarra.es/estaciones/estacion.cfm?IDestacion=274</a> ..... | 24 |

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 5 Distribución geográfica de las estaciones disponibles en AdapteCCa. Precipitación en azul y temperatura en rojo.....  | 31 |
| Ilustración 6 Diferencias de media, P5 y P95 entre la opción de tener en cuenta todos los modelos o solo los 6 modelos seleccionados de la variable temperatura máxima, para el periodo proyectado.....   | 33 |
| Ilustración 7 Mapa con la orografía de rejilla de Spain02 girada en la zona de la Comunidad Foral de Navarra y alrededores.....   | 35 |
| Ilustración 8 Diferencias entre modelos y Spain02 de medias, percentil 5 y percentil 95 en periodos de 10 años para el periodo 1971-2000. Para cada variable de estudio, tmax, tmin y pcp.....  | 36 |
| Ilustración 9 Diferencias entre Spain02 y los modelos MOHC-HadGEM2-ES-CLMcom-CCLM4-8-17-rcp85-r1i1p1 y CNRM-CERFACS-CNRM-CM5-CNRM-ALADIN53-rcp85-r1i1p1 para la media y percentiles 5 y 95 en el periodo 1971-2000 para todo el año [sin diferenciar en las estaciones del año].....              | 37 |
| Ilustración 10 Diferencias entre Spain02 y los modelos MOHC-HadGEM2-ES-CLMcom-CCLM4-8-17-rcp85-r1i1p1 y CNRM-CERFACS-CNRM-CM5-CNRM-ALADIN53-rcp85-r1i1p1 para la media, percentil 5 y percentil 95 en el periodo 1971-2000 para las estaciones del año [invierno, primavera, verano y otoño]..... | 37 |
| Ilustración 11 Mapas de Koeppen.....  | 46 |
| Ilustración 12 Mapas del índice de aridez de Rivas-Martínez.....  | 49 |
| Ilustración 13 Mapas del índice de continentalidad de Rivas-Martínez.....   | 52 |
| Ilustración 14 Series de cajas de precipitación, temperatura máxima, mínima y oscilación térmica diarias en la estación de Pamplona, con datos observados solapados por los modelos ANALOGOS-bcc-csm1-1-rcp85 [izq.] y SDSM-bcc-csm1-1-m-rcp85 [dcha.].....                                       | 62 |
| Ilustración 15. Indicadores derivados de la temperatura mínima.....   | 75 |
| Ilustración 16. Indicadores derivados de la temperatura máxima.....   | 76 |
| Ilustración 17. Indicadores derivados de la temperatura media, olas de calor.....   | 77 |
| Ilustración 18. Indicadores derivados de la temperatura media, estación de crecimiento.....   | 77 |
| Ilustración 19. indicadores derivados de la precipitación, número de días con precipitación. 78   |    |
| Ilustración 20. indicadores derivados de la precipitación, máximas en 1 y 5 días. ....  | 79 |
| Ilustración 21. indicadores derivados de la precipitación, días secos consecutivos. ....  | 80 |
| Ilustración 22. Diagramas ombrotérmicos de Arizkun para los periodos normales: 1991-2017 [arriba], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].....  | 85 |
| Ilustración 23. Diagramas ombrotérmicos de Pamplona para los periodos normales: 1961-1990 [arriba izq], 1991-2017 [arriba drcha.], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].....  | 86 |
| Ilustración 24. Diagramas ombrotérmicos de Buñuel para los periodos normales: 1961-1990 [arriba izq.], 1991-2017 [arriba dcha.], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.]. 87   |    |
| Ilustración 25. diagramas ombrotérmicos del punto 59 de rejilla [≈ Arizkun] para los periodos 2021-2050 [izq.] y 2051-2080 [dcha.]. ....  | 88 |
| Ilustración 26. Diagramas ombrotérmicos del punto 39 de rejilla [≈ Pamplona] para los periodos 2021-2050 [izq.] y 2051-2080 [dcha.].....  | 89 |



|  |     |
|--|-----|
| Ilustración 27. Diagramas ombrotérmicos del punto 31 de rejilla (≈ Buñuel) para los periodos 2021-2050 [izq.] y 2051-2080 [dcha.].....   | 89  |
| Ilustración 28. Diagramas de balance hídrico de Arizkun para los periodos normales: 1991-2017 [arriba], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].....                                    | 93  |
| Ilustración 29. Diagramas de balance hídrico de Pamplona para los periodos normales: 1961-1990 [arriba izq.], 1991-2017 [arriba dcha.], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].....    | 94  |
| Ilustración 30. Diagramas de balance hídrico de Buñuel para los periodos normales: 1961-1990 [arriba izq.], 1991-2017 [arriba dcha.], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].....      | 95  |
| Ilustración 31. diagramas de balance hídrico del punto 59 de rejilla (≈ Arizkun) para los periodos 2021-2050 [izq.] y 2051-2080 [dcha.].....   | 96  |
| Ilustración 32. diagramas de balance hídrico del punto 39 de rejilla (≈ Pamplona) para los periodos 2021-2050 [izq.] y 2051-2080 [dcha.].....  | 96  |
| <b>Ilustración 33.</b> diagramas de balance hídrico del punto 31 de rejilla (≈ Buñuel) para los periodos 2021-2050 [izq.] y 2051-2080 [dcha.].....   | 97  |
| Ilustración 34. Mapas de precipitación total.....  | 99  |
| Ilustración 35. Mapas de temperatura media.....  | 100 |
| Ilustración 36. Mapas de temperatura máxima media.....   | 101 |
| Ilustración 37. Mapas de temperatura mínima media.....   | 102 |
| Ilustración 38. Mapas de temperatura de las mínimas absolutas.....   | 103 |
| Ilustración 39. Mapas de ETP (Thorntwaite).....  | 104 |
| Ilustración 40. Valores de grados día de invierno en los periodos normales de estudio utilizados para el cálculo.....  | 108 |
| Ilustración 41. Valores de grados día de verano en los periodos normales de estudio utilizados para el cálculo.....  | 108 |
| Ilustración 42. Valores de horas de sol/horas de sol máxima observados en la estación de Pamplona para los años disponibles.....   | 109 |
| Ilustración 43. Clasificación climática de Navarra según el CTE para el presente [izquierda], el periodo futuro próximo [centro] y finales de siglo [derecha].....                               | 112 |
| Ilustración 44. Clasificación climática de las entidades de población de Navarra según el CTE para el presente [izquierda], el periodo futuro próximo [centro] y finales de siglo [derecha]..... | 112 |
| Ilustración 45. clasificación climática de los municipios Navarra según el CTE para el presente [izquierda], el periodo futuro próximo [centro] y finales de siglo [derecha].....                | 113 |
| Ilustración 46. Flujo de las fases de trabajo y relación de entregables.....   | 120 |



## 0. EXECUTIVE SUMMARY / RESUMEN

### 0.1 EXECUTIVE SUMMARY

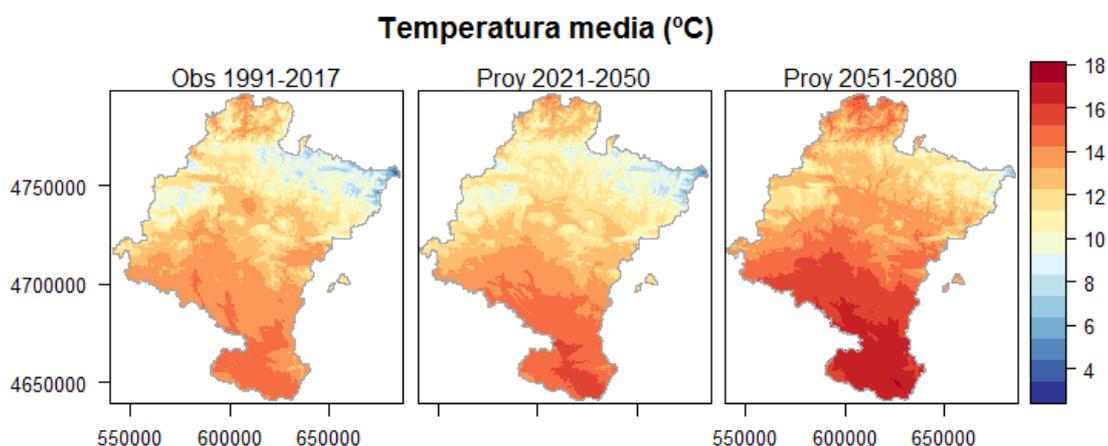
The current study “Climate variability. Areas of intervention for the adaptive management of landscape and built environment in Navarra” corresponds to the phase 1 of the Technical Assistance “Climate Change and measures for the adaptative management of landscape and built environment in Navarra”.

The study analyses the evolution of temperature, precipitation and evapotranspiration patterns in Navarra. .

The study period has been defined based on historical data and future climate projections. Two analysis has been undertaken in that connection:

- i) the analysis of historical data series to set the baseline of the past climate conditions. The historical data series cover from 1961 to 2017 and it has been divided into two sub-periods: the first period goes from 1961 to 1990, and it is used as control period, and the second period covers from 1991 to 2017.
- ii) the analysis of future projections to establish the distribution of climate areas in Navarra until the end of the 21<sup>st</sup> century. For the future projections, two sub-periods are considered, the first one between 2021 and 2050, corresponding to the horizon of the HCCN-KLINA roadmap, and the second from 2051 to 2080.

The analysis of the climate maps for the evolution of the mean **temperatures**, shows that there is a clear positive trend throughout the study period. This increase is homogeneous distributed along the territory, although it could be more significant in the east of the Pyrenees, in the Sakana and towards Ribera. When comparing the maps corresponding to the observed and the projected data for the overlap period 2006-2017, it seems that the latter underestimates the temperature increase, mainly due to the bigger anomaly of the maximum temperatures.



**Illustration 35** Mean temperature maps of the normal observed period 1991-2017 and projected 2021-2050, 2051-2080.

Regarding the analysis of the minimum temperature it can be assumed that the number of frost days would be reduced by almost half in the period 2021-2050, and tropical nights would increase according to the increase of the percentage of warm nights (they would double in the second projected period 2051-2080).

A similar pattern can be observed in the analysis of the indicators related to maximum temperature. The number of days would decrease and the number of summer days would increase for the study period. The percentage of cold and warm days indicate that the southern regions of Navarre would suffer the highest temperature variation.

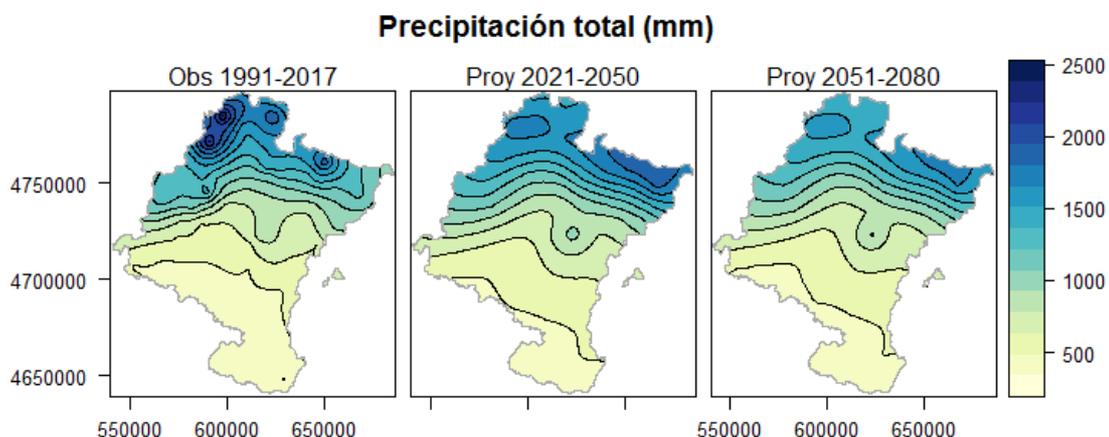
The results related to the analysis of heat waves strengthen the mentioned trend. Both frequency and magnitude of the heat waves would significantly increase. The duration of the biggest heat wave increases from 15 days in 1991-2017 to 30 and 40 days in the future projected periods, mainly in the region of the Ribera. According to the increase of mean temperatures, the growing period of vegetation would also increase.

In the case of **precipitation**, the analysis shows a progressive increase, and particularly high in the second projected period. Making a comparison between the observed and projected maps of the overlap period 2006-2017, it can be shown that the latter overestimate precipitation.

Regarding the number of wet days, it seems that they would decrease along the second half of the 21st century. The same could happen with the number of days of severe rainfalls ( $\geq 10$  mm). Finally, the number of days of heavy rainfalls ( $\geq 20$  mm) would increase in the future. The increase of the maximum rainfall both in one day and in five days would be more evident.

The indicator of consecutive dry days, as the index of the number of rainy days  $\geq 1$  mm, increases slightly in the period 2051-2080.

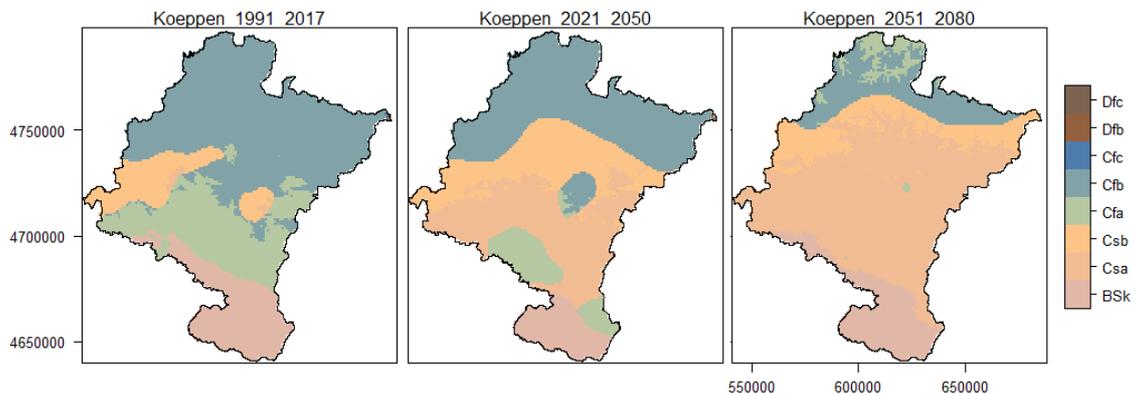
To summarize, the results seem to indicate that in the future, mainly in the second half of the 21st century, rainfall events would be more intense, followed by longer periods of drought.



**Illustration 34** Total precipitation maps for the normal observed period of 1991-2017 and the projected periods 2021-2050 and 2051-2080.

The **potential evapotranspiration** [ETP] has been obtained from the mean temperature values using the Thornthwaite method. Thus, the ETP would increase along the 21st century as the evolution of the thermal anomaly.

Regarding the Köppen classification, it is undeniable that the oceanic climate [Cfb] gradually moves toward North, and it is replaced by the Mediterranean climate of fresh summers [Csb] and the Mediterranean [Csa]. The humid subtropical climate [Cfa] also reduces significantly its presence, retreating to the Ribera Alta in the period 2021-2050, and by then disappearing in the following period, jumping to reappearing in the north of Navarra, combining with the oceanic climate. In turn, the cold steppe climate [BSk] is the most stable, characterizing the southern half of the Ribera. Although anecdotic, group D, the continental climate of very cold winters also disappears, that is currently typical in the surroundings of La mesa de los Tres Reyes. The results for the future are not totally reliable attending to the comparison of maps in the overlap period 2006-2017. In a general way, the Csa climate is not identified correctly because its place is occupied by Cfa. Besides, BSk climate appears too displaced towards the south of the Ribera.



**Illustration 11** Köppen maps of the normal observed period 1991-2017 and projected 2021-2050, 2051-2080.

Concerning the **aridity**, it seems that it changes progressively towards lower values, with the increase of dry and semiarid categories. This is especially noticeable in the period 2051-2080, when the changes are more significant, deepening towards more arid values. The results for the future seem fairly reliable attending to the comparison of maps in the overlap period 2006-2017, with the exception of the Pyrenees area, where the index is overestimated.

Regarding **oceanity**, the progressive trend to lose that character, within an oceanic context, is evident. Indeed, the south of the Autonomous Community is approaching towards the semi continental category. The results for the future seem reasonably reliable attending to the comparison of maps in the overlap period 2006-2017, although somewhat softened.

To conclude, it is highlighted that the differences among the climate models of the meteorological stations are important. The models based on the lineal regression technique [SDSM] project higher temperatures and lower precipitations than the ones based on analogous.

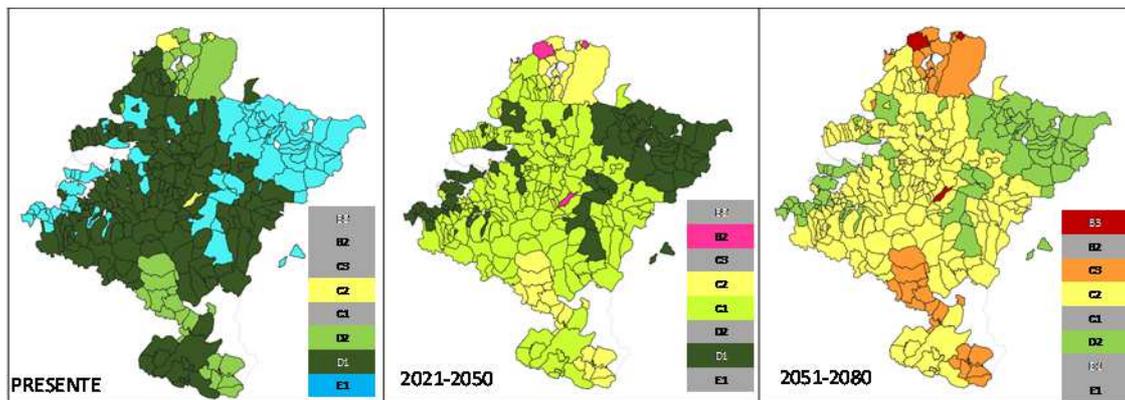
Those based on the SDSM technique project higher temperatures and lower precipitations than those based on analogues. In particular, the differences in precipitation are more than

noticeable. Perhaps it would have been a good option to discard those models for that variable.

However, important differences among the climate models of the stations are to be considered. In general, it is noted that the models based on lineal regression project higher temperatures and lower precipitations than the ones based on analogous.

In addition to the climate study, the temperature projections under climate change scenarios have been used to assess the climate classification of Navarra according to the Technical Building Code. The increase of temperatures [in accordance with the projections of climate change] will cause a change in the climate zone of Pamplona, and as a consequence also in the rest of the municipalities of Navarra, in accordance with climate zones that establish the Technical Building Code. Pamplona would change from the current climate zone "D" for winter in the period 2021/2050 to zone "C". For summer, Pamplona would move from the current zone "1", to zone "2" in the period 2051/2080, and to zone "3" in the last decade of this period.

Attending to figure 4, it can be seen that in the present period the classifications range goes from E1 to C2, in the period 2021-2050 the classifications ranges from D1 to B2 and by the end of the century from D2 to B3.



**Illustration 15.** Climatic classification according to the CTE for the municipalities of Navarra in the normal observed period 1991-2017 and projected 2021-2050, 2051-2080.

The methodological process carried out in this climate study of Navarra has been analogous to the one of AdapteCCA<sup>1</sup> platform, which takes data from two main data sources from Scenarios-PNACC 2017: i) point projections, obtained by applying statistical regionalisation techniques to data from local series and ii) grid projections, coming from the dynamic regionalisations generated in the international Euro-CORDEX initiative, which provide data in a grid of approximately 10 km resolution.

<sup>1</sup> Platform for the exchange and consultation of information on adaptation to climate change in Spain.



Therefore, complementary climatological products have been generated. Those carried out with punctual projections have been presented in tables and graphs. Spatial estimation has been not made to produce the maps because there are not many points in Navarra. Those carried out with grid projections have been presented in maps. Climatic sheets, ombrothermic and hydric balance diagrams have also been elaborated for each points of the grid.

The future climate projections have been made under the RCP 8.4 emissions scenario<sup>2</sup> as established the fifth IPCC report<sup>3</sup>, which represents the most pessimistic scenario and at the same time close to current emission trends.

The conclusions provided of the present and future climate situation of Navarra have been obtained from the treatment and processing of the observed and projected information. Firstly, it is important to consider that the analysis has been carried out with two types of information sources for the future, therefore the abovementioned disparities are unavoidable. [for example, between climate sheets and temperature and precipitation maps].

---

<sup>2</sup> Representative Concentration Pathway

<sup>3</sup> Intergovernmental Panel of Climate Change

## 0.2 RESUMEN EJECUTIVO

El presente “Estudio de variabilidad climática. Áreas de intervención para la gestión adaptativa del paisaje y medio construido en Navarra” corresponde a la Fase 1 de la asistencia técnica, de “Cambio Climático y medidas de gestión adaptativa del paisaje y medio construido en Navarra”. El estudio comprende el análisis de series históricas para establecer una línea base del clima pasado en Navarra, y el análisis de proyecciones futuras para dibujar cómo se distribuirán las áreas climáticas en Navarra hasta finales de siglo.

El periodo histórico comprende desde el año 1961 a 2017, y se divide en dos sub-periodos, uno de control ente el 1961 y 1990 y otro hasta la actualidad que comprende de 1991 a 2017. En el futuro se establecen dos periodos, el primero entre 2021-2050 que se corresponde con el horizonte de la hoja de ruta HCCN-KLINA y el segundo ente 2051 y 2080.

Del análisis de los mapas climáticos se deduce que, en el caso de las **temperaturas** medias, hay una clara tendencia positiva a lo largo de todo el periodo de estudio. Este incremento sería bastante homogéneo espacialmente, aunque algo más marcado quizá al este de Pirineos, en la Sakana y hacia la Ribera. El contraste de los mapas de datos observados y proyectados en el periodo de solape 2006-2017 señala que estos últimos están algo subestimados, debido en mayor medida a la mayor anomalía de las temperaturas máximas.

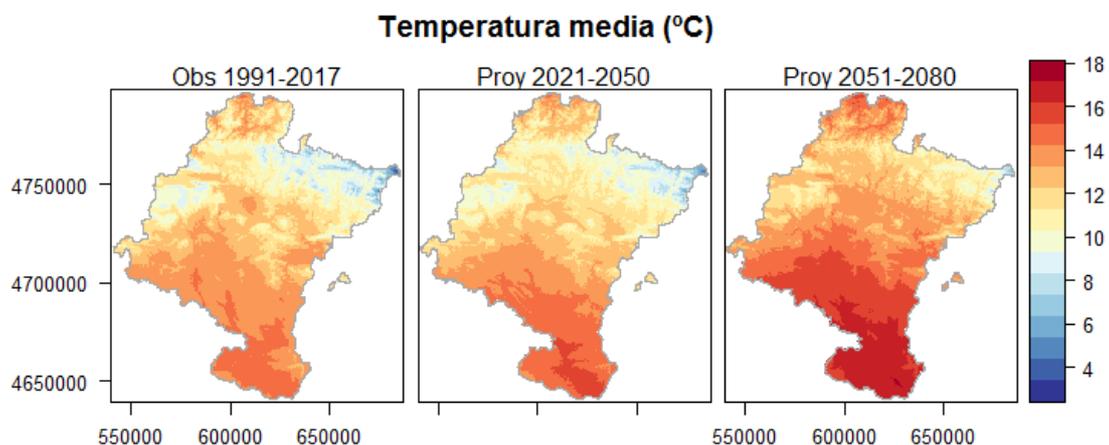


Ilustración 34: mapas de temperatura media del periodo normal observado 1991-2017 y proyectados 2021-2050, 2051-2080.

De los indicadores de temperaturas mínimas se deduce que los días de helada se reducirían, hasta prácticamente la mitad en el periodo 2021-2050, y las noches tropicales aumentarían, en consonancia con el aumento del porcentaje de noches cálidas [pasarían a doblarse en el segundo periodo proyectado].

Otro tanto se puede decir de los indicadores asociados a las temperaturas máximas. De este modo, disminuirían los días de hielo y aumentarían los días de verano. El porcentaje de días fríos y de días cálidos nos señalaría que las comarcas del sur de Navarra serían las que experimentarían una mayor tasa de cambio.

Las olas de calor reforzarían esa última idea. Aumentaría significativamente tanto la frecuencia de las olas de calor, como su magnitud. La duración de la mayor ola de calor pasaría de 15 días en 1991-2017 a unos 30 y 40 días en los periodos proyectados, que golpearían a la comarca de la Ribera. En consonancia con el incremento en las temperaturas medias, el periodo de tiempo en el cual las plantas pueden crecer también aumentaría.

En el caso de la **precipitación**, el cambio es progresivo, más acentuado en el segundo periodo proyectado. En la comparación entre los mapas de datos observados y proyectados del periodo de solape 2006-2017 se observa que estos últimos sobreestiman la precipitación.

En cuanto al número de días húmedos, parece que descienden a medida que avanza la segunda mitad el siglo XXI. Otro tanto sucedería con el número de días de precipitaciones abundantes ( $\geq 10$  mm). Finalmente, el número de días de precipitaciones intensas ( $\geq 20$  mm) aumentaría en el futuro. Más evidente sería el aumento de las precipitaciones máximas en un día y en cinco días.

El indicador de días secos consecutivos, al igual que en el índice del número de días con lluvia  $\geq 1$  mm, en el periodo 2051-2080 sí que se aprecia un ligero aumento.

En definitiva, estos resultados parecen indicar que en el futuro, sobre todo en la segunda mitad del siglo XXI, cabría esperar episodios de precipitaciones más intensas, seguidos de periodos de sequía ligeramente más largos.

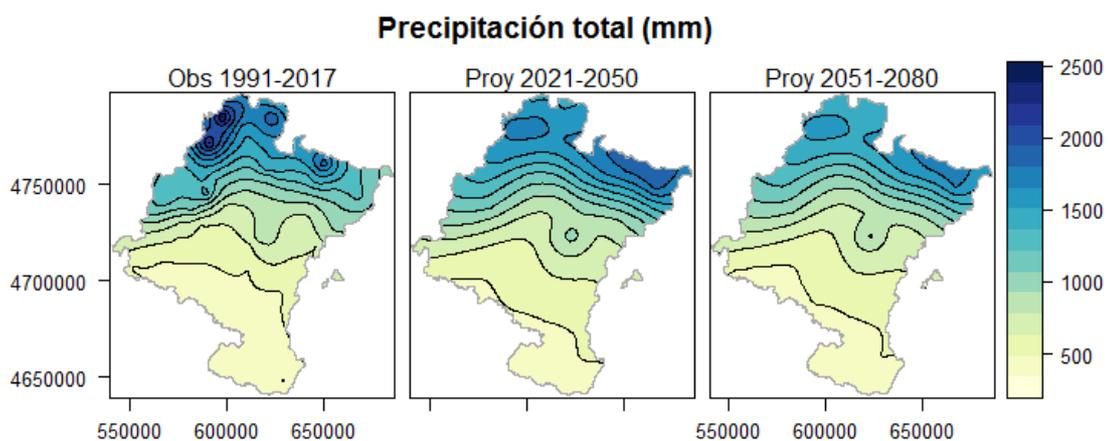


Ilustración 35: Total precipitation maps for the normal observed period of 1991-2017 and the projected periods 2021-2050 and 2051-2080.

La **evapotranspiración potencial** [ETP] se ha obtenido de a partir de los valores de temperatura media, mediante el método de Thornthwaite. Así, al igual que ocurriera con la

evolución de la anomalía térmica, también cabría esperar un incremento en la ETP a lo largo del siglo.

Respecto a la **clasificación de Koeppen**, es evidente el paulatino retroceso hacia el norte del clima oceánico [Cfb] y su substitución por el clima mediterráneo de veranos frescos [Csb] y el mediterráneo [Csa]. El clima subtropical húmedo [Cfa] reduce también significativamente su presencia. Es algo que ya ha ocurrido en el presente siglo, siendo substituido en buena parte por el mediterráneo [Csa]. Las proyecciones en rejilla indican que se retira hacia la Ribera Alta en el periodo 2021-2050, para en el siguiente 2051-2080 desaparecer de ahí y saltar al norte de Navarra, compartiendo espacio con el oceánico. Por su parte, el clima estepario frío [BSk] es el más estable, caracterizando la mitad sur de la Ribera. Aunque anecdótico, también desaparece el grupo D, el clima continental, de inviernos muy fríos, presente actualmente en las inmediaciones de la Mesa de los Tres Reyes. Si atendemos a la comparación de los mapas en el periodo de solape 2006-2017, los resultados para el futuro no son totalmente confiables. En términos generales, el clima Csa no aparece correctamente identificado, su lugar lo ocupa el Cfa. Además, el clima BSk aparece excesivamente retirado hacia el sur de la Ribera.

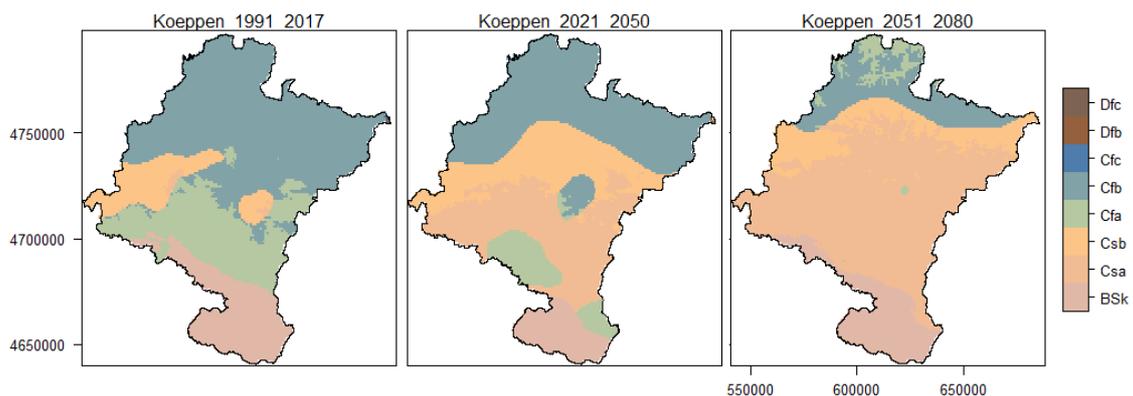


Ilustración 11: mapas de Köppen del periodo normal observado 1991-2017 y proyectados 2021-2050, 2051-2080.

En cuanto a la **aridez**, parece que evoluciona progresivamente hacia valores más bajos, con las categorías seco y semiárido ganando terreno. Esto sería especialmente así en el periodo 2051-2080, que es cuando se aprecian más los cambios, con una profundización hacia valores más áridos. Si atendemos a la comparación de los mapas en el periodo de solape 2006-2017, los resultados para el futuro parecen bastante confiables, a excepción de la zona de Pirineos, donde se sobreestima el índice.

Respecto a la **oceanidad**, aunque dentro de un contexto oceánico, se aprecia claramente que hay una tendencia progresiva a ir perdiendo ese carácter, acercándose el sur de la Comunidad Foral hacia la categoría semicontinental. Si atendemos a la comparación de los mapas en el periodo de solape 2006-2017, los resultados para el futuro parecen razonablemente confiables, aunque un tanto suavizados.

Para finalizar, comentar que la disparidad entre modelos climáticos de estaciones es grande. Los basados en la técnica de regresión lineal SDSM proyectan temperaturas más altas y precipitaciones más bajas que aquellos basados en análogos. En especial, las diferencias en la precipitación son más que notables. Quizá hubiera sido una buena opción descartar de partida esos modelos para dicha variable.

Adicionalmente al estudio climático, las proyecciones de temperatura bajo escenarios de cambio climático se han utilizado para evaluar la adscripción climática de Navarra según establece el Código Técnico de la Edificación. La evolución de las temperaturas, de acuerdo con las previsiones derivadas del cambio climático, va a suponer un cambio de zona climática para Pamplona, y por tanto para el resto de los municipios de Navarra, en la adscripción a las zonas climáticas del código técnico. Pamplona pasaría de la actual adscripción a la zona climática “D” para invierno, a adscribirse, en el periodo 2021/2050 a la zona “C”. Respecto del verano, Pamplona pasaría de la zona “1” actual, a la zona “2” en el período 2051/2080, y a la zona “3” en la última década de este período.

Atendiendo a la representación gráfica de los resultados se observa que en el presente las clasificaciones abarcan desde E1 hasta C2, en el periodo 2021-2050 el rango de clasificaciones abarca desde D1 a B2 y para finales de siglo desde D2 a B3.

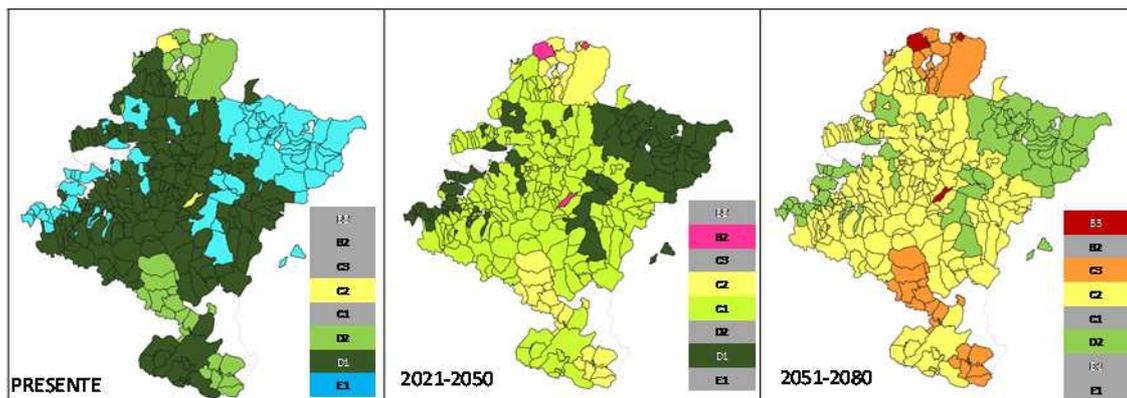


Ilustración 45: Clasificación climática según el CTE para los municipios de Navarra en el periodo normal observado 1991-2017 y proyectados 2021-2050, 2051-2080.

El proceso metodológico realizado en este estudio climático de Navarra ha sido simétrico al de la plataforma AdapteCCA<sup>4</sup> que se nutre de dos fuentes de datos principales de Escenarios-PNACC 2017: i) proyecciones puntuales, obtenidas aplicando técnicas estadísticas de regionalización a los datos de series locales y ii) proyecciones en rejilla, provenientes de las regionalizaciones dinámicas generadas en la iniciativa internacional Euro-CORDEX, que proporcionan datos en una rejilla de aproximadamente 10 km de resolución.

Por tanto, se han generado productos climatológicos complementarios. Los realizados con las proyecciones puntuales se han presentado en tablas y gráficos. Dado que no se dispone

<sup>4</sup> Plataforma de Intercambio y consulta de información sobre adaptación al cambio climático en España.



de demasiados puntos en territorio navarro, no se han hecho estimaciones espaciales para componer mapas. Los realizados con las proyecciones en rejilla sí que se han presentado en forma de mapas, por su propia naturaleza. También se han elaborado las fichas climáticas, diagramas ombrotérmicos y de balance hídrico para cada uno de los puntos de rejilla.

Las proyecciones climáticas futuras se han realizado con el escenario de emisiones RCP 8.4<sup>5</sup> según establece el quinto informe del IPCC<sup>6</sup>, que representa el escenario más pesimista y a la vez cercano a las tendencias de emisiones actuales.

A partir del tratamiento y procesado de toda la información observada y proyectada se han obtenido las conclusiones presentadas sobre la situación climática presente y futura de Navarra. Antes, hay que tener presente que se ha trabajado con dos tipos de fuentes de información para el futuro, por lo que necesariamente surgen disparidades (por ejemplo, entre fichas climáticas y mapas de temperatura y precipitación).

---

<sup>5</sup> *Representative Concentration Pathway*. Trayectorias (proyecciones) Representativas de Concentración

<sup>6</sup> *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Grupo Intergubernamental de Cambio climático.



# 1. ANÁLISIS METODOLÓGICO DE LA ADAPTACIÓN DE LOS DATOS CLIMATOLÓGICOS DISPONIBLES A LA REALIDAD NAVARRA DE DATOS HISTÓRICOS Y PROYECTADOS

## 1.1 Análisis metodológico de históricos

Los periodos históricos se estudian exclusivamente a través de datos observados por un conjunto de estaciones meteorológicas en un periodo que va desde 1931 hasta el presente. Como es normal, durante estos casi 100 años se han producido variaciones en la calidad de los datos recogidas, motivadas tanto por la tecnología disponible como por los usos recomendados en cada época.

La metodología, por tanto, debe estar orientada a corregir posibles errores implícitos en los datos, de manera que la fotografía final del clima sea coherente y relacionable a través del espacio y del tiempo.

A continuación, se describen los aspectos relevantes que se tendrán en cuenta.

### 1.1.1 Fuente de datos históricos y del presente

El primer paso ha sido la adquisición de datos de superficie del pasado y del momento presente. En concreto, los dos principales elementos o aspectos del clima con los que se ha trabajado estadísticamente son la temperatura del aire y la precipitación acumulada a nivel diario.

Los valores climatológicos empleados en el estudio se han descargado de la página web de Meteorología y Climatología de Navarra, servicio coordinado por los Departamentos de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local e Innovación, Empresa y Empleo del Gobierno de Navarra. El enlace mediante el cual se accede a dicha web es <http://meteo.navarra.es/estaciones/descargardatos.cfm>.

## Descargar datos

Los datos son provisionales

- |   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| <b>AUTOMATICAS</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ablitas MAPAMA</li> <li>■ Adiós MAPAMA</li> <li>■ Aguilar de Codés GN</li> <li>■ Aibar MAPAMA</li> <li>■ Ancín INTIA</li> <li>■ Aoiz GN</li> <li>■ Aralar GN</li> <li>■ Arangoiti GN</li> <li>■ Arazuri INTIA</li> <li>■ Artajona MAPAMA</li> <li>■ Bardenas (Barranco) INTIA</li> <li>■ Bardenas (El Plano) MAPAMA</li> <li>■ Bardenas (El Yugo) GN</li> <li>■ Bardenas (Loma Negra) GN</li> <li>■ Bargaña MAPAMA</li> <li>■ Beortegi GN</li> <li>■ Bera (Larrategaña) GN</li> <li>■ Cadreita INTIA</li> <li>■ Carcastillo (La Oliva) GN</li> <li>■ Carrascal GN</li> <li>■ Cascante MAPAMA</li> <li>■ Corella INTIA</li> <li>■ Doneztebe-Santesteban GN</li> <li>■ El Perdón GN</li> <li>■ Eltzaburu GN</li> <li>■ Erremendia (Salazar) GN</li> <li>■ Estella GN</li> <li>■ Etxarri-Aranatz GN</li> <li>■ Falces MAPAMA</li> <li>■ Fitero MAPAMA</li> <li>■ Funes INTIA</li> <li>■ Getadar GN</li> <li>■ Goizueta GN</li> <li>■ Gorramendi GN</li> <li>■ Iñarbegi GN</li> <li>■ Irabia GN</li> <li>■ Lerín INTIA</li> <li>■ Los Arcos MAPAMA</li> <li>■ Lumbier INTIA</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Miranda de Arga MAPAMA</li> <li>■ Murillo el Fruto MAPAMA</li> <li>■ Olite INTIA</li> <li>■ Oskotz GN</li> <li>■ Pamplona (ETSIA) UPNA</li> <li>■ Pamplona GN</li> <li>■ San Adrián MAPAMA</li> <li>■ San Martín de Unx MAPAMA</li> <li>■ Sartaguda INTIA</li> <li>■ Sartaguda GN</li> <li>■ Sesma MAPAMA</li> <li>■ Tafalla GN</li> <li>■ Traibuenas INTIA</li> <li>■ Trinidad de Iturgoien GN</li> <li>■ Tudela (Montes del Cierzo) GN</li> <li>■ Tudela (Valdetellas) MAPAMA</li> <li>■ Ujué GN</li> <li>■ Urbasa GN</li> <li>■ Villanueva de Yerri GN</li> <li>■ Yesa GN</li> </ul> <b>MANUALES</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>■ Abaurregaina-Abaurrea Alta</li> <li>■ Aibar MAN</li> <li>■ Aldatz</li> <li>■ Alli-Larraun</li> <li>■ Alloz</li> <li>■ Altsasu-Alsasua</li> <li>■ Amaiur-Maya</li> <li>■ Amillano</li> <li>■ Andosilla</li> <li>■ Aoiz MAN</li> <li>■ Areso</li> <li>■ Aribe</li> <li>■ Arizkun</li> <li>■ Arróniz</li> <li>■ Artaiz</li> <li>■ Artieda</li> <li>■ Artikutza</li> <li>■ Aurizberri-Espinal</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Azanza</li> <li>■ Azpiroz</li> <li>■ Barásoain</li> <li>■ Belate</li> <li>■ Belzunce</li> <li>■ Bera</li> <li>■ Bertiz</li> <li>■ Betelu</li> <li>■ Buñuel</li> <li>■ Cabanillas</li> <li>■ Cábreaga</li> <li>■ Cadreita MAN</li> <li>■ Caparroso</li> <li>■ Carcastillo (La Oliva) MAN</li> <li>■ Cáseda</li> <li>■ Central Arrambide</li> <li>■ Corella MAN</li> <li>■ Doneztebe-Santesteban MAN</li> <li>■ Epároz</li> <li>■ Erro</li> <li>■ Esparza de Salazar</li> <li>■ Estella MAN</li> <li>■ Etxalar</li> <li>■ Eugi</li> <li>■ Falces MAN</li> <li>■ Fitero MAN</li> <li>■ Galbarra</li> <li>■ Genevilla</li> <li>■ Goizueta</li> <li>■ Goñi</li> <li>■ Igúzquiza</li> <li>■ Ilundáin MAN</li> <li>■ Iraizotz</li> <li>■ Irotz</li> <li>■ Irurita (Baztan) MAN</li> <li>■ Irurtzun</li> <li>■ Javier</li> <li>■ Larraona</li> <li>■ Leire</li> <li>■ Leitza</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lekaroz MAN (Datos hasta 20060305)</li> <li>■ Lerga</li> <li>■ Lerín MAN</li> <li>■ Lesaka</li> <li>■ Lesaka-San Anton</li> <li>■ Lezáun</li> <li>■ Lodosa</li> <li>■ Los Arcos</li> <li>■ Luzaide-Valcarlos</li> <li>■ Miranda</li> <li>■ Monreal</li> <li>■ Monteagudo</li> <li>■ Mugiro</li> <li>■ Navascués</li> <li>■ Noáin MAN</li> <li>■ Olague</li> <li>■ Olite MAN</li> <li>■ Olóriz</li> <li>■ Oroz Betelu</li> <li>■ Otazu</li> <li>■ Pamplona MAN</li> <li>■ Puente la Reina</li> <li>■ Sartaguda MAN</li> <li>■ Sesma MAN</li> <li>■ Sunbilla</li> <li>■ Tudela MAN</li> <li>■ Urbasa MAN</li> <li>■ Urzainqui</li> <li>■ Viana</li> <li>■ Yesa MAN</li> <li>■ Zalba</li> <li>■ Zuazu</li> <li>■ Zubiri</li> <li>■ Zugarramurdi</li> </ul> |
|---|---|--|--|

**Ilustración 1** Repositorio de datos meteorológicos del Gobierno de Navarra:  
<http://meteo.navarra.es/estaciones/descargardatos.cfm>

De cara a su utilización en este proyecto, ha surgido una primera dificultad, puesto que hay que tener en cuenta que pertenecen a dos redes, una manual de AEMET, otra automática, con titularidades diferentes (Gobierno de Navarra GN, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente MAPAMA, Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras INTIA, AEMET y la Universidad Pública de Navarra UPNA). Los datos son de carácter provisional y, al menos los pertenecientes a la red automática, han sido revisados (comunicación personal Nasuvinsa). El periodo que comprenden es desde la instalación de la estación hasta el año anterior en curso para las estaciones activas.

Se ha realizado un programa informático para descargar los datos de manera automática desde el repositorio de dicho enlace. El resultado ha sido un fichero por estación y año en formato CSV (del inglés *comma-separated values*). Este es un tipo de documento en formato

abierto sencillo para representar datos en forma de tabla, en las que las columnas se separan por comas [en este caso punto y coma] y las filas por saltos de línea.

Se ha unificado el formato de los ficheros, puesto que nos hemos encontrado con que en algunos el delimitador decimal es la coma, cuando en la mayor parte es el punto.

Abaurregaina-Abaurrea Alta2015.csv: Bloc de notas

| Archivo   | Edición  | Formato       | Ver | Ayuda |
|---|----------|---------------|-----|-------|
| Fecha-hora; Temperatura máxima °C; Temperatura mínima °C; Precipitación acumulada l/m²; |          |               |     |       |
| 01/01/2015  | 00:00:00 | 10.0;0.0;0.0  |     |       |
| 02/01/2015  | 00:00:00 | 12.0;2.0;0.0  |     |       |
| 03/01/2015  | 00:00:00 | 14.0;1.0;0.0  |     |       |
| 04/01/2015  | 00:00:00 | 9.0;2.0;0.0   |     |       |
| 05/01/2015  | 00:00:00 | 13.0;-2.0;0.0 |     |       |
| 06/01/2015  | 00:00:00 | 7.0;-1.5;0.0  |     |       |
| 07/01/2015  | 00:00:00 | 9.0;-2.0;0.0  |     |       |
| 08/01/2015  | 00:00:00 | 10.0;-3.0;0.0 |     |       |
| 09/01/2015  | 00:00:00 | 14.0;-2.0;0.0 |     |       |
| 10/01/2015  | 00:00:00 | 16.0;1.5;2.0  |     |       |
| 11/01/2015  | 00:00:00 | 7.0;3.0;0.0   |     |       |
| 12/01/2015  | 00:00:00 | 11.0;-3.0;0.0 |     |       |
| 13/01/2015  | 00:00:00 | 10.5;-2.0;1.0 |     |       |
| 14/01/2015  | 00:00:00 | 8.0;2.0;0.0   |     |       |
| 15/01/2015  | 00:00:00 | 6.0;1.0;22.0  |     |       |

Ablitas MAPAMA2017.csv: Bloc de notas

| Archivo   | Edición  | Formato   | Ver | Ayuda |
|---|----------|---|-----|-------|
| Fecha-hora; Temperatura máxima °C; Temperatura media °C; Temperatura mínima °C; Humedad relativa med. %; Humedad relativa máx. %; Humedad relativa mín. %; Precipitación acumulada l/m²; Radiación global w/m²; Velocidad media viento 2 m m/s; Dirección viento 2 m (MODA) sector; |          |   |     |       |
| 01/01/2017  | 00:00:00 | 0.71;0.05;-0.28;100.0;100.0;100.0;0.0;15.22;0.7;5.0   |     |       |
| 02/01/2017  | 00:00:00 | 2.35;0.7;-0.53;100.0;100.0;100.0;0.1;26.39;0.73;4.0   |     |       |
| 03/01/2017  | 00:00:00 | 9.15;2.58;-2.13;100.0;100.0;100.0;0.1;70.96;1.0;7.0   |     |       |
| 04/01/2017  | 00:00:00 | 14.65;7.2;2.72;97.54;100.0;79.1;0.0;98.38;2.68;7.0    |     |       |
| 05/01/2017  | 00:00:00 | 11.62;5.87;2.16;75.18;100.0;48.82;0.0;105.09;4.26;7.0 |     |       |
| 06/01/2017  | 00:00:00 | 10.43;2.7;-2.7;71.9;91.6;33.94;0.0;107.41;1.13;7.0    |     |       |
| 07/01/2017  | 00:00:00 | 10.22;2.0;-3.16;65.05;84.0;33.68;0.0;106.94;0.88;6.0  |     |       |
| 08/01/2017  | 00:00:00 | 13.52;5.61;-2.71;68.16;91.7;35.89;0.0;104.86;3.81;7.0 |     |       |
| 09/01/2017  | 00:00:00 | 11.69;8.2;5.7;66.55;77.2;53.37;0.0;106.71;5.15;8.0    |     |       |
| 10/01/2017  | 00:00:00 | 9.36;6.44;3.49;78.4;90.0;65.83;0.1;41.55;4.83;8.0     |     |       |
| 11/01/2017  | 00:00:00 | 12.89;9.48;6.02;78.8;90.9;66.34;0.0;46.46;3.57;8.0    |     |       |
| 12/01/2017  | 00:00:00 | 11.89;7.34;3.7;84.3;94.3;67.42;0.0;65.82;1.33;7.0     |     |       |
| 13/01/2017  | 00:00:00 | 9.05;6.04;3.36;68.93;80.3;51.72;0.0;83.91;5.17;8.0    |     |       |
| 14/01/2017  | 00:00:00 | 7.09;4.45;2.84;72.4;83.0;58.35;0.0;69.19;4.34;8.0     |     |       |
| 15/01/2017  | 00:00:00 | 8.64;6.61;4.3;72.8;80.6;65.92;0.0;45.86;5.46;8.0      |     |       |

**Ilustración 2** Ejemplo de ficheros descargados del repositorio de datos meteorológicos del Gobierno de Navarra. Arriba: estación manual, abajo: estación automática.

Si bien se han procesado todas las estaciones de dicho repositorio, el análisis de las tendencias del clima según los diferentes periodos normales definidos está basado en aquellas empleadas en AdapteCCa para Navarra (<https://www.adaptecca.es/>).

### 1.1.2 Red manual y red automática

Debe considerarse la particularidad mencionada sobre que los datos provienen de tipos de estaciones distintas [por un lado, las manuales, por otro, las automáticas] cada una con su instrumental y tratamiento específico.

Un aspecto importante es el periodo de observación. En las manuales es el observador de turno el que hace la anotación una vez al día de lo que ha llovido, medido de 07 horas a 07 horas [desde las 07 del día de la fecha hasta las 07 del día siguiente, en horas UTC]. Sin embargo, las estaciones automáticas proporcionan información casi instantánea [cada diez minutos], que es agregada para formar series diarias. Además, suelen tener instalados otros



sensores, midiéndose también variables como el viento, la humedad relativa y la radiación solar.

El distinto periodo de observación hace que no sean comparables directamente los registros diarios de precipitación de ambas redes, lo cual puede condicionar otras tareas, como la de control de calidad.

En cuanto a la temperatura, el método para obtener las medias diarias también es diferente. Las estaciones automáticas la registran en continuo, de manera que hay un valor cada diez minutos; sin embargo, las estaciones manuales tan sólo miden la mínima y la máxima, de manera que hay que calcularla a partir de ellas. Todas las estaciones meteorológicas ordinarias observan una temperatura máxima y mínima diaria. Por lo tanto, el método que recomienda la OMM para calcular la temperatura media diaria es utilizar la media de las temperaturas máxima y mínima diarias. Si bien este método no constituye la mejor aproximación estadística, su uso sistemático permite lograr el objetivo comparativo de las normales.

Por otra parte, las estaciones automáticas han sido, en general, instaladas más recientemente, por lo que sus series temporales son significativamente más cortas que las manuales. Este aspecto será abordado más detenidamente en el apartado de “valores faltantes”.

Por tanto, estas consideraciones deben tenerse en cuenta a la hora de homogeneizar los datos.

Inicio Predicciones Observación **Datos** Climatología Renovables Definiciones Archivo

Mapas de días pasados Boletines Mapas meteorológicos Resúmenes climatológicos Descargar datos

### Consultar datos

Haga clic sobre una estación del mapa o de la lista para consultar sus datos.



Automáticas Manuales

**Estaciones automáticas**

A  
B  
C  
D  
E  
F  
G  
I  
L  
M  
O  
P  
S  
T  
U  
V  
Y

**GN:** Gobierno de Navarra  
**MAPAMA:** Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente  
**INTIA:** Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias  
**AEMET:** Agencia Estatal de Meteorología  
**UPNA:** Universidad Pública de Navarra

**Ilustración 3** Página web de consulta de datos meteorológicos del Gobierno de Navarra: <http://meteo.navarra.es/estaciones/mapadeestaciones.cfm>

### 1.1.3 Gestión de las estaciones y de las series de datos

Esta tarea ha consistido en la caracterización de las estaciones, esto es, la información asociada a las mismas y la gestión de sus series, calculando el periodo temporal que cubren, los datos faltantes, las estaciones duplicadas, la unión de series, etc.

#### 1.1.3.1 Asignación de coordenadas

La asignación de coordenadas geográficas y la altitud a cada estación está recogida en la web de <http://meteo.navarra.es>. Esta información ha sido chequeada para confirmar la correcta ubicación de las estaciones.

Inicio Predicciones Observación **Datos** Climatología Renovables Definiciones Archivo

Mapas de días pasados Boletines Mapas meteorológicos Resúmenes climatológicos Descargar datos

**Ablitas MAPAMA**  
ESTACIÓN AUTOMÁTICA

Altitud: 338 m X:612354 Y:4650474 (\*)  
Propiedad de Min. de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente Instalación: 02/03/2004



1. Parámetros

**Parámetros Semihorarios**

- Temperatura
- Humedad relativa
- Radiación global
- Precipitación
- Velocidad viento 2 m
- Dirección viento 2 m

**Parámetros Diarios**

- Temperatura media
- Temperatura máxima
- Temperatura mínima
- Humedad relativa med.
- Humedad relativa máx.
- Humedad relativa mín.
- Precipitación acumulada
- Radiación global
- Velocidad media viento 2 m
- Dirección viento 2 m (MODA)

Datos en **horario solar**.

2. Fechas

hoy **ayer**

Desde

Hasta (excluido)

(\*) Coordenadas en el sistema de referencia ETRS89, proyección UTM huso 30

Nafarroako Gobierno  Gobierno de Navarra climatologia@tragsa.es Enlaces Aviso legal

Ilustración 4 Página web de consulta de estaciones meteorológicas del Gobierno de Navarra: <http://meteo.navarra.es/estaciones/estacion.cfm?IDestacion=274>

## Datos faltantes

En este punto nos detenemos en el tratamiento de datos faltantes de las series climáticas históricas, según el reglamento técnico [OMM-Nº 49] de la OMM. Las normales climáticas que se calculan sobre la base de conjuntos de datos incompletos pueden estar distorsionadas. Por ejemplo, si durante un determinado período, un año fue particularmente frío, una normal calculada sin datos de ese año sería superior a una normal en la que sí se tomó en cuenta ese año. Como suele haber mucha correlación entre los datos climatológicos,

la falta de observaciones consecutivas puede tener una mayor repercusión en las normales que la falta del mismo número de observaciones repartidas aleatoriamente durante el período en cuestión.

A modo de orientación, las normales o medias de un período deberían calcularse sólo cuando estén disponibles los valores de al menos un ochenta por ciento de los años registrados y no falten los valores de más de tres años consecutivos. Como alternativa, si tras un período prolongado sin datos se llega a disponer de datos suficientes, puede calcularse una media del período utilizando solo datos correspondientes a los años posteriores a la interrupción del registro.

Las normales o promedios anuales deberían calcularse como la media o la suma (según proceda) de las doce normales o promedios mensuales, sin tener en cuenta la diferente duración de los meses. En el cálculo de las normales anuales no es posible incluir las normales mensuales faltantes. Se recomienda no calcular un valor mensual si faltan más de diez valores diarios o cinco o más valores diarios consecutivos. En el caso de elementos en los que el valor mensual es la suma de los valores diarios en lugar de un valor medio (en nuestro caso la precipitación), un valor mensual sólo debería calcularse si se dispone de todas las observaciones diarias o si se incorporan todos los días de los que falten datos en una observación que incluya el período de los datos faltantes en el día en el que se reinician las observaciones. En el documento de la OMM [WMO/TD-Nº 341] se recomiendan criterios más estrictos para calcular los promedios, estableciendo los límites en más de cinco días con datos faltantes o en más de tres días consecutivos.

Para cada estación se ha calculado el acumulado de datos faltantes. Así, se han identificado aquellas series muy cortas, para su descarte.

### Unión de series

Las estaciones meteorológicas no están distribuidas ni regularmente, ni aleatoriamente. Sucede que varias localidades tienen en sus inmediaciones dos o más estaciones, que pertenecen a redes diferentes.

Aquellas estaciones que cubren periodos distintos se pueden unir para generar una nueva serie más completa. Las que se solapan temporalmente se pueden mantener para el proceso de relleno de huecos, si fuera necesario.

De todas formas, se han analizado los *clusters* o agrupaciones de estaciones que puedan conducir a discrepancias en los mapas finales. Así, por ejemplo, se han descartado los datos de precipitación de algún periodo de la estación manual “Estella” y se han mantenido los de la estación automática “Estella-Lizarra GN”, al ser más coherentes.

#### 1.1.4 Control de calidad

Esta tarea ha ido encaminada a la validación de los datos de temperatura y de precipitación a nivel diario y mensual.

Existen muchos tipos de errores asociados a la observación de la precipitación y de la temperatura. Estos pueden ser tanto mecánicos como eléctricos, de la propia estación o del sensor (ruido o fallos electrónicos, pérdida de calibración, atascos por suciedad en el cono del pluviómetro, atascos por nieve / deshielo, vandalismo, etc.). En el caso de las estaciones manuales hay que añadir los errores del propio observador, errores en la transcripción de los datos o en la posterior digitalización.

Es necesario, por tanto, aplicar funciones para el control de calidad (QC) de la información de partida. Las rutinas de QC se han centrado principalmente en los datos de temperatura e incluyen las siguientes pruebas:

- N** Control de fechas duplicadas.
- N** Evaluación de problemas de redondeo.
- N** Valores fuera de rango, basados en umbrales fijos.
- N** Valores atípicos, basados en la superación de la gama intercuartílica.
- N** Diferencias intradiarias basadas en umbrales fijos.
- N** Coherencia entre temperaturas máximas y mínimas ( $T_{\text{máx}} > T_{\text{mín}}$ ).
- N** Control consecutivo de igualdad de valores.

#### 1.1.5 Homogeneización

Una serie climatológica es homogénea cuando todas sus observaciones son medidas en las mismas condiciones, son comparables y sus fluctuaciones no dependen de factores distintos a los meteorológicos y climáticos. Sin embargo, los datos meteorológicos de superficie pueden estar afectadas por alteraciones en las condiciones de observación (cambios de instrumentación, traslados, etc.) o del entorno de los observatorios [Aguilar et al., 2003].

Por ello, es habitual en el trabajo climatológico aplicar métodos de homogeneización, para corregirlas e intentar así que aumente la fiabilidad de las conclusiones derivadas de su análisis. En este sentido, la homogeneización sería el proceso de detección de cambios artificiales en las series climáticas y su ajuste, al objeto de hacer todas las observaciones comparables.

Para detectar heterogeneidades el climatólogo utiliza técnicas gráficas, estadísticas y el uso de la historia de la estación o metadatos.

La homogeneización se realiza preferentemente de forma relativa, es decir, teniendo en cuenta estaciones vecinas. Se entiende que estaciones cercanas comparten una misma señal climática más un efecto propio de la estación, el cual es constante si la serie es homogénea, de lo contrario, constante entre dos disparidades.



Los datos ajustados como resultado del proceso de homogeneización mejoran su calidad. También aumenta la coherencia regional, pero no permiten cualquier uso. Así, el cálculo de índices climáticos será más sólido sobre datos ajustados; sin embargo, a la hora de analizar extremos hay que tener en cuenta la incertidumbre introducida por la propia homogeneización.

Las principales metodologías propuestas para la homogeneización de series climáticas fueron comparadas en el proyecto, desarrollado en el marco de la Acción COST ES0601 [conocido como "HOME", 2007-2011] [Venema et al, 2012]. Durante el mismo se crearon dos nuevos métodos de ruptura múltiple, en base a uno de los primeros representantes de dicha metodología, PRODIGE: uno es el *software* de homogeneización en R, HOMER [Mestre et al., 2013], programa interactivo recomendado oficialmente por HOME, el otro es el totalmente automático ACMANT [Adapted Caussinus-Mestre Algorithm for Networks of Temperature series] adaptado para homogeneizar redes de series de temperatura, Domonkos, 2011], que se extendió más tarde a la homogeneización de las precipitaciones [Domonkos, 2015]. Tanto HOMER como ACMANT proporcionan funcionalidad adicional en comparación con el método padre PRODIGE y se supone que son los más eficientes métodos de homogeneización relativa disponibles en la actualidad [Coll, J. et al 2017].

Guijarro et al [2016] han llevado a cabo el proyecto MULTITEST en el que se han aplicado los principales métodos de homogeneización automáticos existentes a conjuntos de datos mensuales de prueba, tanto de temperatura como de precipitación, con características que simulan redes de observación de diferentes zonas climáticas. Los resultados de dicho proyecto señalan que el software ACMANT ha sido el que ha presentado los menores errores típicos, seguido por Climatol, MASH, RHTest, USHCN y HOMER en temperaturas, y por HOMER, Climatol, MASH, RHTest y USHCN en precipitaciones.

A pesar del avance en los estudios de homogeneización y del soporte de los paquetes informáticos dedicados a tal efecto, existen todavía decisiones subjetivas que el climatólogo debe tomar previamente y que pueden afectar al resultado final. Es, por tanto, un momento delicado en el análisis climatológico, que debe tomarse con precaución.

Hay numerosas dificultades en este proceso. Los datos de partida pueden contener valores erróneos no detectados por el QC. Puede haber rupturas temporalmente concordantes, de manera que la comparación espacial de los datos no ayuda a detectar las heterogeneidades. Y por encima de todas ellas, las rupturas son ajustadas a la última sección homogénea de la serie temporal. Si esta sección no representa bien el clima real del sitio, la varianza espacial de los datos homogeneizados estará sesgada.

Aunque más ruidosos que los datos mensuales o anuales, el proceso de homogeneización se ha llevado a cabo sobre las series diarias de temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación de la red manual. La red automática se ha dejado fuera de este proceso al ser más reciente. Sus series son más cortas y presentan una cierta garantía de calidad.



Se ha utilizado para ello el método ACMANT, a través del programa informático del mismo nombre, en su última versión 4.1 de enero de 2019 [Domonkos 2017].

Uno de los resultados de ACMANTv4.1 es un archivo por estación donde se incluye solamente el período homogeneizado. Los huecos de datos siempre se rellenan con valores interpolados. El formato de salida está armonizado con los requisitos de datos de entrada de los programas de cálculo de índices de extremos climáticos RCLimindex y Climact2.

### **1.1.6 Series mensuales y anuales**

El siguiente paso ha sido la agregación de los datos diarios homogeneizados según ACMANTv4.1 para la construcción de series mensuales y anuales. Se ha tenido en cuenta para ello el análisis de valores faltantes según las recomendaciones de la OMM.

## **1.2 Análisis metodológico proyecciones**

En este apartado, para el futuro estudio y perfilado de las zonas climáticas de Navarra en las décadas venideras, se usan proyecciones realizadas por diversos modelos de simulación.

El desafío se centra en determinar qué conjunto de proyecciones son más significativos dentro del territorio, puesto así es como se podrá ofrecer una imagen más precisa de lo que se puede esperar en cuanto al clima.

Por convención se establece el uso de los datos proyectados del RCP 8.5.

### **1.2.1 Proyecciones en estaciones puntuales**

#### **Obtención de datos**

Los datos de las series puntuales de estaciones correspondientes a la Comunidad Foral de Navarra se han obtenido de la "Plataforma de intercambio y consulta de información sobre adaptación al Cambio Climático en España" AdapteCCa [<https://www.adaptecca.es/>].

Los modelos de regionalización utilizados se han desarrollado en el proyecto VALUE [<http://www.value-cost.eu>]. En dicho proyecto se han aplicado técnicas de regionalización estadística que obtienen relaciones entre los modelos globales y las observaciones locales. Análogos [Zorita and Storch 1999] y Regresión Lineal SDSM, son dos de las técnicas estadísticas más extendidas y las aplicadas para obtener diferentes proyecciones en AdapteCCa. Como consecuencia de distintos modelos globales, observaciones locales y estas dos técnicas estadísticas, están disponibles once modelos regionales. Estas proyecciones han sido calculadas por AEMET y la UC [Universidad de Cantabria].

**Tabla 1-1** Estaciones disponibles en AdapteCCa. En verde los modelos utilizados

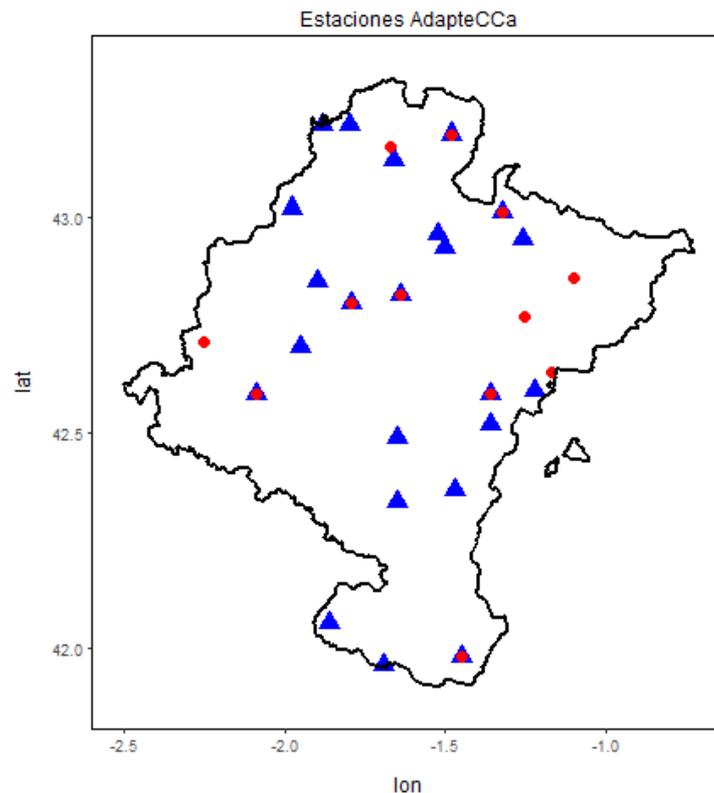
|                             |
|-----------------------------|
| ANALOGOS-IPSL-CM5A-MR [*]   |
| SDSM-CSIRO-Mk3-6-0 [**]     |
| SDSM-IPSL-CM5A-MR           |
| SDSM-MIROC-ESM-CHEM         |
| ANALOGOS-MIROC5             |
| SDSM-MIROC5                 |
| ANALOGOS-MRI-CGCM3          |
| SDSM-MRI-CGCM3              |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1-m [***] |
| SDSM-bcc-csm1-1-m           |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1         |

Una vez analizada la calidad de los datos disponibles, descartamos el modelo SDSM-CSIRO-Mk3-6-0 [\*\*], ya que no están disponibles los datos de 6 años (periodo 2061-2066). También descartamos ANALOGOS-IPSL-CM5A-MR [\*], porque solamente se pueden descargar los datos históricos y el escenario RCP4.5. Aunque en AdapteCCa está disponible el modelo ANALOGOS-bcc-csm1-1-m [\*\*\*] para la temperatura máxima y mínima, no es posible realizar la descarga, por lo que este modelo tampoco se ha tenido en cuenta para dichas variables. Por lo tanto, se han analizado los resultados de las proyecciones resaltadas en verde en la Tabla 1-1 y centrándonos en el escenario RPC8.5.

Como se ha comentado anteriormente las técnicas de regionalización estadística además de los modelos globales utilizan los datos observados en las ubicaciones concretas. Por ello, son necesarias series de observaciones de calidad y suficientemente largas. Las estaciones que cumplen dicha condición para las variables temperatura y precipitación son (Tabla 1-2 y Ilustración 5):

Tabla 1-2 Estaciones disponibles en AdapteCCa.

| Nombre                 | Variable disponible | Longitud | Latitud | Altitud |
|------------------------|---------------------|----------|---------|---------|
| ARIZCUN DE BAZTAN      | Prec. Temp.         | -1,48    | 43,19   | 257     |
| SANTESTEBAN            | Prec.               | -1,66    | 43,13   | 131     |
| ARANO (C. ARRAMBIDE)   | Prec.               | -1,88    | 43,21   | 70      |
| ARTICUTZA              | Prec.               | -1,8     | 43,21   | 305     |
| BETELU                 | Prec.               | -1,98    | 43,02   | 237     |
| ARRONIZ                | Prec. Temp.         | -2,09    | 42,59   | 572     |
| JAVIER CASTILLO        | Prec.               | -1,22    | 42,6    | 455     |
| ARIVE                  | Prec.               | -1,26    | 42,95   | 700     |
| RONCESVALLES           | Prec. Temp.         | -1,32    | 43,01   | 963     |
| AIBAR                  | Prec. Temp.         | -1,36    | 42,59   | 555     |
| CASEDA                 | Prec.               | -1,36    | 42,52   | 435     |
| CARCASTILLO (LA OLIVA) | Prec.               | -1,47    | 42,37   | 340     |
| OLITE                  | Prec.               | -1,65    | 42,49   | 395     |
| CAPARROSO              | Prec.               | -1,65    | 42,34   | 304     |
| EUGUI ESTERIBAR        | Prec.               | -1,52    | 42,96   | 615     |
| ZUBIRI                 | Prec.               | -1,5     | 42,93   | 526     |
| PAMPLONA OBSERVATORIO  | Prec. Temp.         | -1,64    | 42,82   | 442     |
| OTAZU                  | Prec. Temp.         | -1,79    | 42,8    | 387     |
| GOÑI                   | Prec.               | -1,9     | 42,85   | 865     |
| ALLOZ (EMBALSE)        | Prec.               | -1,95    | 42,7    | 475     |
| FITERO                 | Prec.               | -1,86    | 42,06   | 438     |
| MONTEAGUDO             | Prec.               | -1,69    | 41,96   | 410     |
| BUÑUEL                 | Prec. Temp.         | -1,45    | 41,98   | 242     |
| SUMBILLA               | Temp.               | -1,67    | 43,16   | 120     |
| GALBARRA               | Temp.               | -2,25    | 42,71   | 579     |
| LEYRE MONASTERIO       | Temp.               | -1,17    | 42,64   | 756     |
| EPAROS                 | Temp.               | -1,25    | 42,77   | 605     |
| ESPARZA DE SALAZAR     | Temp.               | -1,1     | 42,86   | 687     |



**Ilustración 5** Distribución geográfica de las estaciones disponibles en AdapteCCa. Precipitación en azul y temperatura en rojo.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los modelos disponibles, así como las series observacionales, se han trabajado con las siguientes proyecciones:

- N** Temperatura máxima y mínima: ocho proyecciones correspondientes a ocho modelos en doce estaciones
  - o Modelos: SDSM-IPSL-CM5A-MR, SDSM-MIROC-ESM-CHEM, SDSM-MIROC5, SDSM-MRI-CGCM3, SDSM-bcc-csm1-1-m, ANALOGOS-MIROC5, ANALOGOS-MRI-CGCM3 y ANALOGOS-bcc-csm1-1.
  - o Estaciones: ARIZCUN DE BAZTAN, ARRONIZ, RONCESVALLES, AIBAR, PAMPLONA OBSERVATORIO, OTAZU, BUÑUEL, SUMBILLA, GALBARRA, LEYRE MONASTERIO, EPARÓZ y ESPARZA DE SALAZAR.
- N** Precipitación: 9 modelos y 23 estaciones.
  - o Modelos: SDSM-IPSL-CM5A-MR, SDSM-MIROC-ESM-CHEM, SDSM-MIROC5, SDSM-MRI-CGCM3, SDSM-bcc-csm1-1-m, ANALOGOS-MIROC5, ANALOGOS-MRI-CGCM3, ANALOGOS-bcc-csm1-1-m y ANALOGOS-bcc-csm1-1.
  - o Estaciones: ARIZCUN DE BAZTAN, SANTESTEBAN, ARANO [C. ARRAMBIDE], ARTICUTZA, BETELU, ARRONIZ, JAVIER CASTILLO, ARIVE, RONCESVALLES, AIBAR, CASEDA, CASCASTILLO [LA OLIVA], OLITE, CAPARROSO, EUGUI ESTERIBAR, ZUBIRI, PAMPLONA OBSERVATORIO, OTAZU, GOÑI, ALLOZ [EMBALSE], FITERO, MONTEAGUDO y BUÑUEL.

Una de las diferencias fundamentales en las series temporales de los modelos regionales analizados consiste en la simulación del número de días que tiene cada uno de los meses. En el calendario existen 7 meses con 31 días y 5 meses con 30 o menos. En el caso de febrero, es un mes que cada 4 años tiene un día más de calendario. Teniendo en cuenta esta casuística, existen modelos que consideran que los febreros de todos los años tienen 28 días y otros, consideran que todos los meses del año tienen 30 días [excepto febrero]. Con el fin de unificar, se ha decidido considerar todos los meses de 30 días, exceptuando febrero que se considera que siempre tendrá 28 días.

Resumiendo, de la Plataforma de AdapteCCa se han obtenido series de proyecciones RCP8.5 [el escenario correspondiente a las emisiones altas] de 12 estaciones para temperatura [máxima y mínima diaria] y 23 estaciones de precipitación de 8 y 9 modelos respectivamente, para dato diario y meses de 30 días a excepción de febrero que tendrá 28.

### **Selección y agregación de modelos**

Las series resultantes de AdapteCCa correspondientes a proyecciones en estaciones puntuales no necesitan de una selección de modelos por errores de ajuste. Esto es debido a que las técnicas estadísticas de regionalización aplicadas utilizan datos observados de las mismas. Así, en principio, los resultados son representativos de cada ubicación.

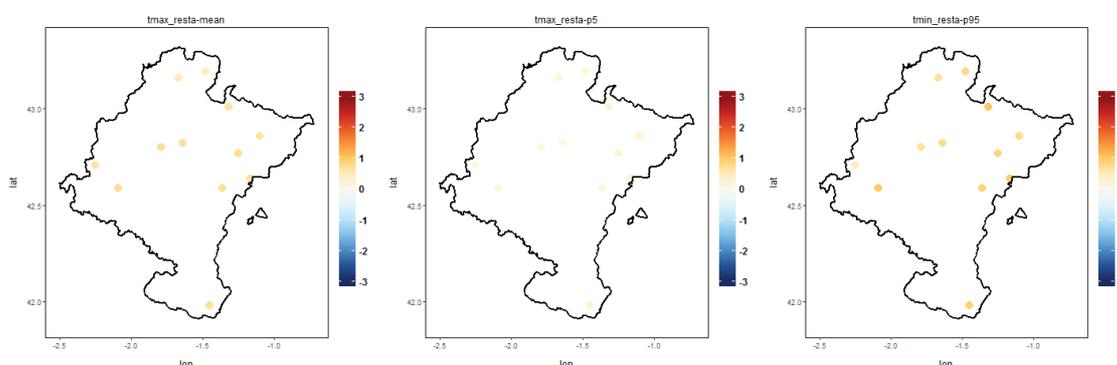
En cambio, es recomendable analizar si existe cierto equilibrio entre las características de los modelos, es decir, que haya compensación entre los modelos globales de los que provienen, así como entre las técnicas estadísticas utilizadas para su elaboración. De esta manera, si se considera que un modelo global se repite en muchas más ocasiones que los demás, es recomendable descartar alguna de las proyecciones provenientes del mismo. De la misma forma, si una de las técnicas estadísticas dominara las proyecciones, se recomienda descartar algunas de ellas [Weigel, A. P. et. al. 2010 y <http://escenarios.adaptecca.es/doc/pnacc.pdf>].

Para analizar este requisito se han realizado dos pruebas. Por un lado, se han utilizado todas las proyecciones disponibles [descritas en el punto anterior] dado que tanto las técnicas utilizadas como los pesos por instituciones nos parecen equilibrados [5 modelos con técnicas de regionalización SDSM y 3-4 de ANALOGOS (para precipitación no contamos con los datos del modelo ANALOGOS-bcc-csm1-1-m), y por instituciones; 1 modelo de IPSL, 3 de MIROC, 2 de MRI y 3 de BCC]. Por otro lado, tomando el criterio descrito anteriormente de una forma más estricta se han seleccionado seis proyecciones [tabla 1-3]: ANALOGOS-MIROC5, SDSM-MIROC5, ANALOGOS-MRI-CGCM3, SDSM-MRI-CGCM3, SDSM-bcc-csm1-1-m, y ANALOGOS-bcc-csm1-1. De esta manera quedan tres proyecciones con la técnica de análogos y otras tres con la técnica de SDSM y dos modelos globales MIROC5, otros dos con MRI-CGCM3 y otros dos que son parecidos, pero no iguales [bcc-csm1-1-m y bcc-csm1-1]. Estos últimos han sido seleccionados para tener simetría entre las variables precipitación y temperatura, porque como hemos comentado anteriormente el modelo bcc-csm1-1-m para análogos no está disponible para la variable precipitación.

**Tabla 1-3** Modelos regionales de AdapteCCa a los que se les ha agregado institución, GCM (modelo global de origen) y la técnica de regionalización estadística utilizada.

| RCM                            | Institución | GCM            | Técnica |
|--------------------------------|-------------|----------------|---------|
| SDSM-IPSL-CM5A-MR              | IPSL        | IPSL-CM5A-MR   | SDSM    |
| SDSM-MIROC-ESM-CHEM            | MIROC       | MIROC-ESM-CHEM | SDSM    |
| ANALOGOS-MIROC5                | MIROC       | MIROC5         | ANALO.  |
| SDSM-MIROC5                    | MIROC       | MIROC5         | SDSM    |
| ANALOGOS-MRI-CGCM3             | MRI         | MRI-CGCM3      | ANALO.  |
| SDSM-MRI-CGCM3                 | MRI         | MRI-CGCM3      | SDSM    |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1-m<br>[***] | BCC         | bcc-csm1-1-m   | ANALO.  |
| SDSM-bcc-csm1-1-m              | BCC         | bcc-csm1-1-m   | SDSM    |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1            | BCC         | bcc-csm1-1     | ANALO.  |

Por lo tanto, se han calculado las medias diarias de ambas formas, por un lado teniendo en cuenta todos los modelos disponibles [Tabla 1-3] y por otra, con los 6 modelos seleccionados [Tabla 1-3 resaltados en verde]. Se han calculado las diferencias de ambas pruebas para todo el periodo proyectado y se han calculado los estadísticos media, percentil 5 y percentil 95. Como ejemplo, se muestran los resultados correspondientes a la variable temperatura máxima [Ilustración 6].



**Ilustración 6** Diferencias de media, P5 y P95 entre la opción de tener en cuenta todos los modelos o solo los 6 modelos seleccionados de la variable temperatura máxima, para el periodo proyectado.

Los resultados obtenidos muestran que no existen muchas diferencias entre ambos casos y dado que se considera que teniendo en cuenta toda la información los modelos globales y las técnicas estadísticas están equilibrados, se toma la decisión de utilizar la información procedente de todos los modelos disponibles. Es decir, el resultado final consta de series de valores diarios para cada estación y modelo [12 para temperatura máxima y mínima y 23 para precipitación y 8 modelos]. A partir de estas series se calcularán los índices indicados anteriormente [apartado “2. Establecimiento de las variables climáticas necesarias para definir los “climas pasados y futuros de navarra” mediante clasificaciones e índices climáticos estándar”]. Una vez obtenidas estas series, se calcula una serie única para cada índice y estación dándoles el mismo peso a los modelos seleccionados en este punto.

## 1.2.2 Proyecciones en rejilla

### Obtención de datos

Del mismo modo que para las proyecciones en ubicaciones puntuales, los datos de las proyecciones en rejilla se han obtenido de la Plataforma AdapteCCa. En este caso la técnica utilizada para realizar las proyecciones es regionalización dinámica [*downscaling* numérico]. Los modelos disponibles en AdapteCCa pertenecen al proyecto EURO-CODEX [<https://www.euro-cordex.net/>]. Este proyecto se basa en los modelos globales utilizados en el último informe AR5 del IPCC [<https://www.ipcc.ch/>] y ofrece simulaciones para un dominio que cubre toda Europa con una resolución de más o menos 10 km. Los modelos obtenidos a través de *downscaling* numérico disponibles en AdapteCCa son 16:

**Tabla 1-4** Proyecciones en rejilla disponibles en AdapteCCa.

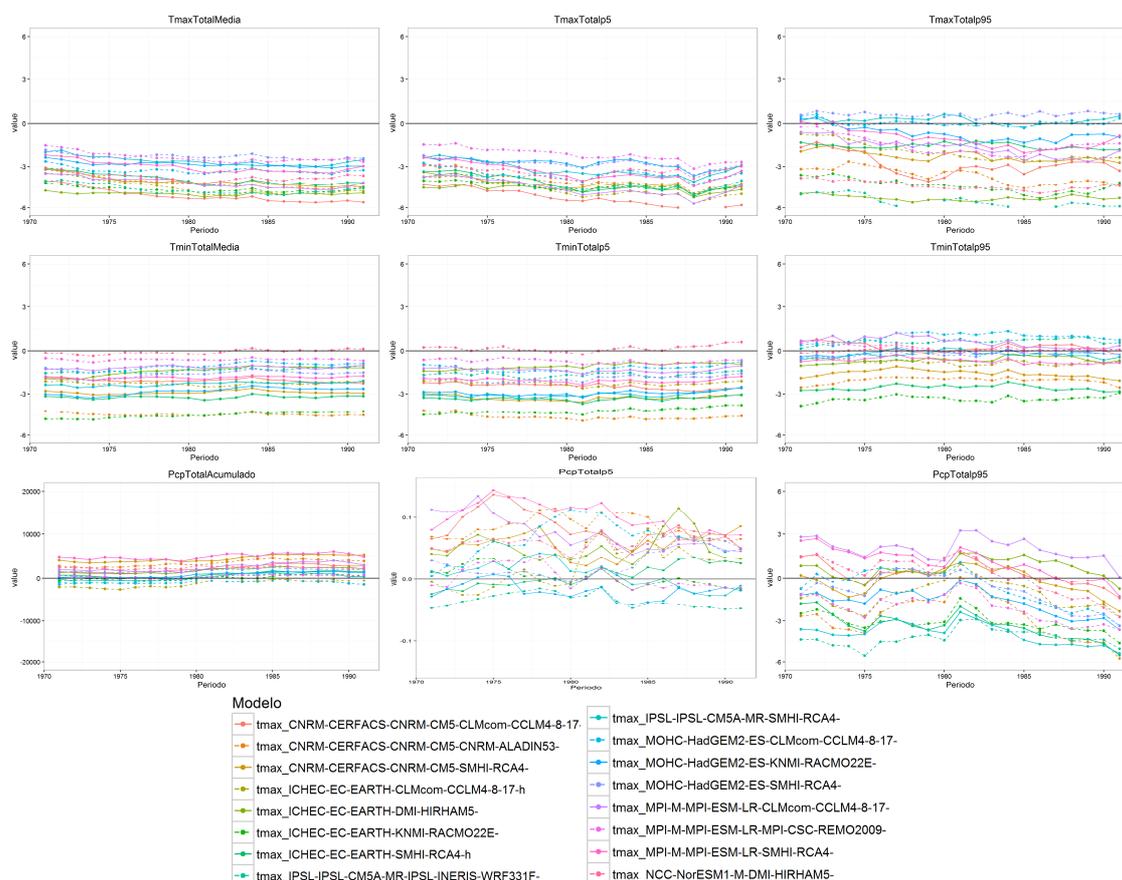
|   |
|---|
| CNRM-CERFACS-CNRM-CM5-CLMcom-CCLM4-8-17 |
| CNRM-CERFACS-CNRM-CM5-CNRM-ALADIN53     |
| CNRM-CERFACS-CNRM-CM5-SMHI-RCA4         |
| ICHEC-EC-EARTH-CLMcom-CCLM4-8-17        |
| ICHEC-EC-EARTH-SMHI-RCA4                |
| ICHEC-EC-EARTH-KNMI-RACMO22E            |
| ICHEC-EC-EARTH-DMI-HIRHAM5              |
| IPSL-IPSL-CM5A-MR-IPSL-INNERIS-WRF331F  |
| IPSL-IPSL-CM5A-MR-SMHI-RCA4             |
| MOHC-HadGEM2-ES-CLMcom-CCLM4-8-17       |
| MOHC-HadGEM2-ES-KNMI-RACMO22E           |
| MOHC-HadGEM2-ES-SMHI-RCA4               |
| MPI-M-MPI-ESM-LR-CLMcom-CCLM4-8-17      |
| MPI-M-MPI-ESM-LR-SMHI-RCA4              |
| MPI-M-MPI-ESM-LR-MPI-CSC-REMO2009       |
| NCC-NorESM1-M-DMI-HIRHAM5               |

Tras analizar la calidad de los datos disponibles, no encontramos ningún modelo que tenga huecos para ninguna de las variables analizadas [temperatura máxima, mínima y precipitación] por lo que no se va a descartar ninguno de ellos por dicha razón. Así mismo, de la misma manera que en el caso de las proyecciones en estaciones puntuales se seleccionarán las simulaciones correspondientes al escenario RCP8.5.

Además de las proyecciones, también contamos con datos observacionales distribuidos en rejilla [Spain02 v4, Herrera et al., 2012, 2016]. Esta base de datos es de alta calidad debido a que proviene de una red de en torno a 2500 estaciones observacionales con control de calidad. La resolución espacial de esta rejilla es la misma que la de las proyecciones climáticas para el futuro [0,11°, unos 10 km], ya que ha sido desarrollada en el mismo proyecto [EURO-CORDEX, Kotlarsky et al. 2017].



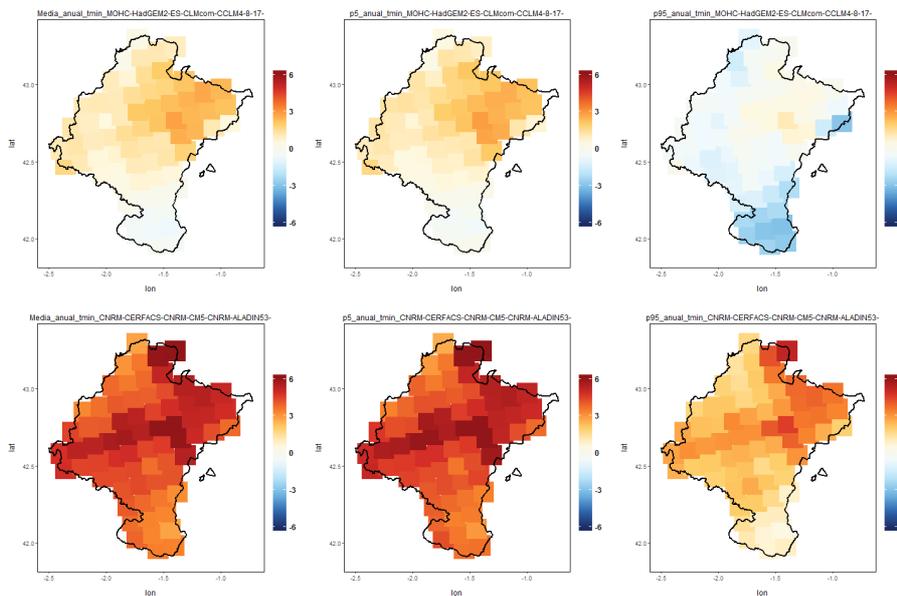
Para seleccionar los modelos más representativos de las proyecciones en rejilla, se ha realizado su evaluación para la zona de estudio. Este análisis ha consistido en la comparación en Navarra entre los datos observacionales de Spain02 y las salidas históricas de los modelos, para ello se ha utilizado un periodo de referencia que abarca 30 años 1971-2000. En concreto, para este periodo se obtendrán los valores de medias, percentil 5 y percentil 95 en periodos de 10 años corridos [empezando por 1971-1980 y terminando con 1991-2000] tanto para el histórico del modelo como para las observaciones Spain02. Al realizar medias en periodos de 10 años, evitamos la variabilidad interanual y la comparación entre los modelos es más robusta. Después se analizarán las diferencias entre las simulaciones del periodo histórico del modelo y las observaciones. En este caso, no vamos a tener en cuenta la variable espacial. En la Ilustración 8, se muestran los gráficos resultantes de las desviaciones de los modelos respecto a Spain02, de los estadísticos media, percentil 5 y percentil 95 de las tres variables de estudio (tmax, tmin y pcp):



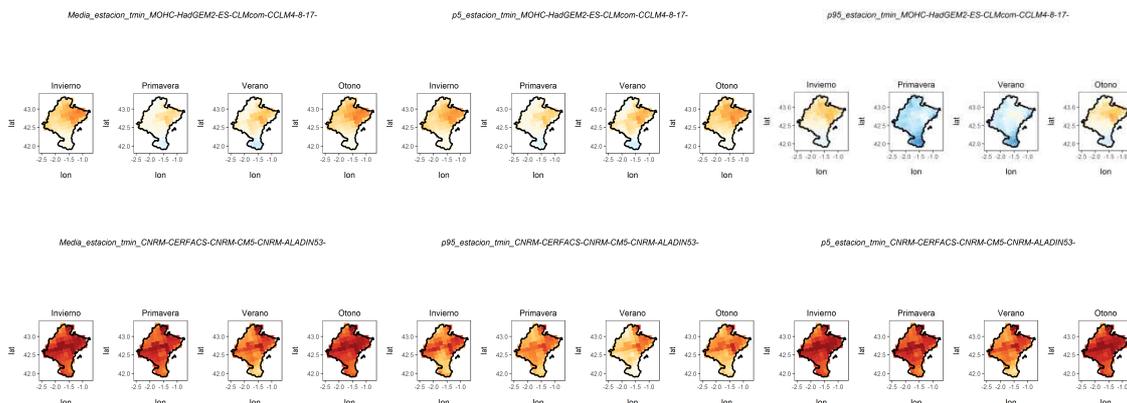
**Ilustración 8** Diferencias entre modelos y Spain02 de medias, percentil 5 y percentil 95 en periodos de 10 años para el periodo 1971-2000. Para cada variable de estudio, tmax, tmin y pcp.

Para tener en cuenta la variable espacial y ver como se distribuyen los valores en Navarra, también se han calculado las medias, la desviación típica y los percentiles 5 y 95 en todo el

periodo y en las diferentes estaciones del año [invierno, primavera, verano y otoño], pero considerando cada punto de la rejilla por separado. De esta manera se elaboran mapas que muestran las diferencias de estos estadísticos entre el modelo y las observaciones en cada zona de la comunidad. De estos mapas, en este informe, se muestran dos ejemplos. Ambos de la variable de temperatura mínima. El primero de ellos del modelo MOHC-HadGEM2-ES-CLMcom-CCLM4-8-17-rcp85-r1i1p1 que se ha seleccionado como un modelo adecuado para la zona [Ilustración 9, fila superior y Ilustración 10, fila superior] y el otro [CNRM-CERFACS-CNRM-CM5-CNRM-ALADIN53-rcp85-r1i1p1] modelo descartado debido a su baja representación de Navarra [Ilustración 9, fila inferior e Ilustración 10, fila superior].



**Ilustración 9** Diferencias entre Spain02 y los modelos MOHC-HadGEM2-ES-CLMcom-CCLM4-8-17-rcp85-r1i1p1 y CNRM-CERFACS-CNRM-CM5-CNRM-ALADIN53-rcp85-r1i1p1 para la media y percentiles 5 y 95 en el periodo 1971-2000 para todo el año (sin diferenciar en las estaciones del año).



**Ilustración 10** Diferencias entre Spain02 y los modelos MOHC-HadGEM2-ES-CLMcom-CCLM4-8-17-rcp85-r1i1p1 y CNRM-CERFACS-CNRM-CM5-CNRM-ALADIN53-rcp85-r1i1p1 para la media, percentil 5 y percentil 95 en el periodo 1971-2000 para las estaciones del año (invierno, primavera, verano y otoño).

A partir de los gráficos [Ilustración 8], y los mapas [Ilustración 9 e Ilustración 10], todos ellos para el periodo [1971, 2000] y los estadístico media, percentiles 5 y 95, se ha realizado el análisis de los modelos para elegir los que se van a utilizar en este estudio y cuales se desaconsejan para esta zona. Analizando cada gráfico se han categorizado los modelos por variables (tmax, tmin y pcp) con los valores adecuado (verde), intermedio (amarillo) y descartado (rojo) concluyendo con la Tabla 1-6. Finalmente se han seleccionado los modelos en verde, los cuales no han sido descartados por ninguna de las variables.

De este análisis se concluye que la zona de Pirineos para la variable temperatura no está bien representada, los errores en esa zona son mayores. Por lo tanto, cuidado con las conclusiones que se obtengan en esa zona. Para la variable precipitación se aprecian grandes diferencias entre la zona norte y la zona sur, lo achacamos a que son zonas de precipitación con distribuciones muy diferentes en el periodo actual. Esto puede ser debido a que en las zonas con orografía con mucho gradiente el modelo de *downscaling* numérico no realice correctamente las predicciones.

**Tabla 1-6** Selección de modelos adecuado (verde), intermedio (amarillo) y descartados (rojo) de cada variable tmax, tmin, pcp.

| Model  | Tmax | Tmin | Pcp |
|--|------|------|-----|
| CNRM-CERFACS-CNRM-CM5-CLMcom-CCLM4-8-17-rcp85-r1i1p1 | x    |      |     |
| CNRM-CERFACS-CNRM-CM5-CNRM-ALADIN53-rcp85-r1i1p1     | x    | x    | x   |
| CNRM-CERFACS-CNRM-CM5-SMHI-RCA4-rcp85-r1i1p1         | x    | x    | x   |
| ICHEC-EC-EARTH-CLMcom-CCLM4-8-17-rcp85-r12i1p1       | x    | x    |     |
| ICHEC-EC-EARTH-SMHI-RCA4-rcp85-r12i1p1               | x    |      |     |
| ICHEC-EC-EARTH-KNMI-RACMO22E-rcp85-r1i1p1            | x    | x    |     |
| ICHEC-EC-EARTH-DMI-HIRHAM5-rcp85-r3i1p1              | x    | x    |     |
| IPSL-IPSL-CM5A-MR-IPSL-INERIS-WRF331F-rcp85-r1i1p1   | x    |      | x   |
| IPSL-IPSL-CM5A-MR-SMHI-RCA4-rcp85-r1i1p1             |      | x    |     |
| MOHC-HadGEM2-ES-CLMcom-CCLM4-8-17-rcp85-r1i1p1       |      |      |     |
| MOHC-HadGEM2-ES-CLMcom-CCLM4-8-17-rcp85-r1i1p1       |      | x    |     |
| MOHC-HadGEM2-ES-SMHI-RCA4-rcp85-r1i1p1               |      |      |     |
| MOHC-HadGEM2-ES-SMHI-RCA4-rcp85-r1i1p1               | x    |      |     |
| MPI-M-MPI-ESM-LR-CLMcom-CCLM4-8-17-rcp85-r1i1p1      |      |      | x   |
| MPI-M-MPI-ESM-LR-MPI-CSC-REMO2009-rcp85-r2i1p1       |      |      | x   |
| NCC-NorESM1-M-DMI-HIRHAM5-rcp85-r1i1p1               | x    |      |     |

De este análisis se ha concluido que los modelos más representativos para la zona son:

-  ICHEC-EC-EARTH-CLMcom-CCLM4-8-17-rcp85-r12i1p1
-  IPSL-IPSL-CM5A-MR-SMHI-RCA4-rcp85-r1i1p1
-  MOHC-HadGEM2-ES-CLMcom-CCLM4-8-17-rcp85-r1i1p1
-  MOHC-HadGEM2-ES-CLMcom-CCLM4-8-17-rcp85-r1i1p1
-  MOHC-HadGEM2-ES-SMHI-RCA4-rcp85-r1i1p1



**N** MOHC-HadGEM2-ES-SMHI-RCA4-rcp85-r1i1p1

Para el periodo histórico [1971-2000] los modelos seleccionados representan de manera adecuada la zona de estudio. Por lo tanto, se considera que sus proyecciones al futuro son fiables para Navarra y son las que se han tenido en cuenta a la hora de obtener la serie proyectada final. De forma simétrica al análisis realizado para los datos de las ubicaciones puntuales, comprobando si los modelos globales y las técnicas de *downscaling* numérico regional están proporcionadas [Tabla 1-5], nos damos cuenta de que contamos con cuatro simulaciones correspondientes al modelo global HadGEM2-ES, una del CCLM4-8-17, otra del IPSL-IPSL-CM5A-MR y una última del MPI-ESM-MR. Si ponemos el foco en los modelos regionales tenemos tres simulaciones del CCLM4-8-17, dos del RCA4 y una del RACMO22E. Realmente se cuenta con diferente número de modelos globales y regionales pero se ha decidido priorizar el buen comportamiento de los modelos en el periodo 1971-2000 frente a tener un conjunto de modelos completamente equilibrado.

Una vez seleccionados los modelos a utilizar en este estudio, en el siguiente apartado [“2. Establecimiento de las variables climáticas necesarias para definir los “climas pasados y futuros de navarra” mediante clasificaciones e índices climáticos estándar”] se han calculado los índices adecuados para cada modelo, estación y variable. Una vez obtenidos esos resultados, las series resultantes se han agregado con pesos iguales obteniendo las series diarias de los índices finales.

## 2. ESTABLECIMIENTO DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS NECESARIAS PARA DEFINIR LOS “CLIMAS PASADOS Y FUTUROS DE NAVARRA” MEDIANTE CLASIFICACIONES E ÍNDICES CLIMÁTICOS ESTÁNDAR.

### 2.1 Datos en estaciones

A continuación se presentan las tablas de temperatura media y precipitación total en estaciones seleccionadas, aquellas que en AdapteCCa contienen ambas variables, tanto de datos observados, como proyectados por modelos climáticos en estaciones, para diferentes periodos climatológicos normales. Recordemos que la fuente de datos de estos últimos son las proyecciones puntuales de AdapteCCa, obtenidas aplicando técnicas estadísticas de regionalización a datos en ubicaciones puntuales. Se han incluido los datos del periodo de solape 2006-2017, a modo de contraste entre los observados y los proyectados.

#### Temperatura

**Tabla 2-1** Temperaturas medias [°C] de datos observados y modelos regionales de AdapteCCa para diferentes periodos climatológicos normales.

|                                  | Periodo          | Aibar       | Arizkun     | Arróniz     | Buñuel      | Otazu       | Pamplona    |
|----------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Datos observados</b>          | <b>1961-1990</b> | <b>12.4</b> | <b>12.2</b> | <b>11.5</b> | <b>14.4</b> | <b>12</b>   | <b>12.8</b> |
| <b>Datos observados</b>          | <b>1991-2017</b> | <b>13</b>   | <b>12.7</b> | <b>11.9</b> | <b>15.1</b> | <b>13</b>   | <b>13.5</b> |
| <b>Datos observados</b>          | <b>2006-2017</b> | <b>13.1</b> | <b>12.9</b> | <b>12.1</b> | <b>15.3</b> | <b>13.1</b> | <b>13.6</b> |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1-rcp85        | 2006-2017        | 13.1        | 12.9        | 12.9        | 14.7        | 12.4        | 12.7        |
| ANALOGOS-MIROC5-rcp85            | 2006-2017        | 12.3        | 12.2        | 11.9        | 13.7        | 11.8        | 11.8        |
| ANALOGOS-MRI-CGCM3-rcp85         | 2006-2017        | 10.9        | 11          | 10.7        | 12.7        | 10.5        | 10.7        |
| SDSM-bcc-csm1-1-m-rcp85          | 2006-2017        | 13.9        | 12.9        | 13.8        | 15.2        | 13.1        | 13.3        |
| SDSM-IPSL-CM5A-MR-rcp85          | 2006-2017        | 14          | 13.1        | 13.9        | 15.3        | 13.3        | 13.4        |
| SDSM-MIROC-ESM-CHEM-rcp85        | 2006-2017        | 14.3        | 13.3        | 14.2        | 15.7        | 13.6        | 13.7        |
| SDSM-MIROC5-rcp85                | 2006-2017        | 13.9        | 13          | 13.8        | 15.3        | 13.2        | 13.3        |
| SDSM-MRI-CGCM3-rcp85             | 2006-2017        | 13.1        | 12.3        | 13          | 14.4        | 12.4        | 12.5        |
| <b>Datos proyectados [media]</b> | <b>2006-2017</b> | <b>13.2</b> | <b>12.6</b> | <b>13.0</b> | <b>14.6</b> | <b>12.5</b> | <b>12.7</b> |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1-rcp85        | 2021-2050        | 13.5        | 13.3        | 13.3        | 15.2        | 12.8        | 13.1        |
| ANALOGOS-MIROC5-rcp85            | 2021-2050        | 13.4        | 13.2        | 13          | 14.8        | 12.9        | 12.9        |
| ANALOGOS-MRI-CGCM3-rcp85         | 2021-2050        | 11.7        | 11.7        | 11.4        | 13.4        | 11.2        | 11.3        |
| SDSM-bcc-csm1-1-m-rcp85          | 2021-2050        | 14.9        | 13.8        | 14.8        | 16.3        | 14.1        | 14.2        |
| SDSM-IPSL-CM5A-MR-rcp85          | 2021-2050        | 14.9        | 13.7        | 14.8        | 16.2        | 14.1        | 14.3        |

|                                  |                  |             |             |             |             |             |             |
|----------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| SDSM-MIROC-ESM-CHEM-rcp85        | 2021-2050        | 16.3        | 15          | 16.2        | 17.8        | 15.5        | 15.7        |
| SDSM-MIROC5-rcp85                | 2021-2050        | 15.2        | 14.2        | 15.1        | 16.7        | 14.5        | 14.6        |
| SDSM-MRI-CGCM3-rcp85             | 2021-2050        | 14          | 13          | 13.9        | 15.3        | 13.2        | 13.3        |
| <b>Datos proyectados (media)</b> | <b>2021-2050</b> | <b>14.2</b> | <b>13.5</b> | <b>14.1</b> | <b>15.7</b> | <b>13.5</b> | <b>13.7</b> |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1-rcp85        | 2051-2080        | 14.9        | 14.5        | 14.7        | 16.5        | 14.1        | 14.5        |
| ANALOGOS-MIROC5-rcp85            | 2051-2080        | 15          | 14.6        | 14.6        | 16.3        | 14.4        | 14.4        |
| ANALOGOS-MRI-CGCM3-rcp85         | 2051-2080        | 12.9        | 12.9        | 12.6        | 14.6        | 12.4        | 12.5        |
| SDSM-bcc-csm1-1-m-rcp85          | 2051-2080        | 16.5        | 15.2        | 16.4        | 18.1        | 15.6        | 15.8        |
| SDSM-IPSL-CM5A-MR-rcp85          | 2051-2080        | 16.8        | 15.5        | 16.8        | 18.4        | 15.9        | 16.2        |
| SDSM-MIROC-ESM-CHEM-rcp85        | 2051-2080        | 18.8        | 17.3        | 18.8        | 20.6        | 17.9        | 18.1        |
| SDSM-MIROC5-rcp85                | 2051-2080        | 16.7        | 15.5        | 16.7        | 18.3        | 16          | 16.1        |
| SDSM-MRI-CGCM3-rcp85             | 2051-2080        | 15.2        | 14.1        | 15.1        | 16.6        | 14.4        | 14.6        |
| <b>Datos proyectados (media)</b> | <b>2051-2080</b> | <b>15.8</b> | <b>14.9</b> | <b>15.7</b> | <b>17.4</b> | <b>15.1</b> | <b>15.3</b> |

A la luz de estos datos se puede decir que las evidencias de calentamiento global son claras en el territorio navarro. La diferencia entre el periodo 1991-2017 y 2021-2050 se acerca a 1°C, y se acrecienta notablemente respecto a 2051-2080, al ser ésta de unos 2.5°C.

Hay que tener presente, en cualquier caso, que hay mucha disparidad entre los resultados de los diferentes modelos climáticos. De manera general, se observa que los modelos basados en análogos proyectan temperaturas más bajas que aquellos basados en SDSM.

## Precipitación

**Tabla 2-2** Precipitaciones totales [mm] de datos observados y modelos regionales de AdapteCCa para diferentes periodos climatológicos normales.

|                                  | Periodo          | Aibar        | Arizkun       | Arróniz      | Buñuel       | Otazu        | Pamplona     |
|----------------------------------|------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Datos observados</b>          | <b>1961-1990</b> | <b>641.2</b> | <b>1375.9</b> | <b>545.4</b> | <b>342.8</b> | <b>674.7</b> | <b>827.6</b> |
| <b>Datos observados</b>          | <b>1991-2017</b> | <b>686.5</b> | <b>1887.4</b> | <b>610.1</b> | <b>333.1</b> | <b>730</b>   | <b>809.6</b> |
| <b>Datos observados</b>          | <b>2006-2017</b> | <b>693.5</b> | <b>1931.4</b> | <b>611.5</b> | <b>345.3</b> | <b>773.2</b> | <b>839</b>   |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1-rcp85        | 2006-2017        | 692.1        | 2261.5        | 596.5        | 330.4        | 801.2        | 892.6        |
| ANALOGOS-MIROC5-rcp85            | 2006-2017        | 669.1        | 1873.3        | 595.5        | 430.4        | 760.9        | 785.1        |
| ANALOGOS-MRI-CGCM3-rcp85         | 2006-2017        | 611.4        | 1871.4        | 535          | 315.2        | 713.1        | 766.6        |
| SDSM-bcc-csm1-1-m-rcp85          | 2006-2017        | 494.2        | 1203.7        | 270.6        | 209.5        | 528.1        | 396.3        |
| SDSM-IPSL-CM5A-MR-rcp85          | 2006-2017        | 470.4        | 1083.6        | 256          | 212.3        | 508.8        | 342          |
| SDSM-MIROC-ESM-CHEM-rcp85        | 2006-2017        | 443.9        | 1131.4        | 254.4        | 197.1        | 511.6        | 340.8        |
| SDSM-MIROC5-rcp85                | 2006-2017        | 421.7        | 1101.1        | 236.7        | 198.3        | 490.8        | 313.6        |
| SDSM-MRI-CGCM3-rcp85             | 2006-2017        | 461.1        | 1231.8        | 254.3        | 202.2        | 510.6        | 372.6        |
| <b>Datos proyectados (media)</b> | <b>2006-2017</b> | <b>533.0</b> | <b>1469.7</b> | <b>374.9</b> | <b>261.9</b> | <b>603.1</b> | <b>526.2</b> |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1-rcp85        | 2021-2050        | 689.1        | 2338.8        | 601.9        | 335.8        | 814.2        | 913.7        |

|                                  |                  |              |               |              |              |              |            |
|----------------------------------|------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| ANALOGOS-MIROC5-rcp85            | 2021-2050        | 667.8        | 1845.1        | 610.3        | 434.7        | 782.1        | 799.1      |
| ANALOGOS-MRI-CGCM3-rcp85         | 2021-2050        | 571.9        | 1749.7        | 510.5        | 300.3        | 674.3        | 707.9      |
| SDSM-bcc-csm1-1-m-rcp85          | 2021-2050        | 444.9        | 1087.1        | 252.5        | 201.7        | 499.6        | 370.4      |
| SDSM-IPSL-CM5A-MR-rcp85          | 2021-2050        | 407.5        | 1002.1        | 218.3        | 197.8        | 454.1        | 300.2      |
| SDSM-MIROC-ESM-CHEM-rcp85        | 2021-2050        | 401.5        | 1031.7        | 240          | 184.3        | 473.4        | 308.7      |
| SDSM-MIROC5-rcp85                | 2021-2050        | 418.1        | 1066.1        | 241.6        | 192          | 489.2        | 310.2      |
| SDSM-MRI-CGCM3-rcp85             | 2021-2050        | 439.2        | 1102.2        | 247.5        | 200.9        | 492.9        | 345.4      |
| <b>Datos proyectados [media]</b> | <b>2021-2050</b> | <b>504.9</b> | <b>1403.1</b> | <b>365.4</b> | <b>255.8</b> | <b>584.9</b> | <b>507</b> |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1-rcp85        | 2051-2080        | 648.5        | 2129.5        | 548.5        | 307.9        | 751.6        | 835.9      |
| ANALOGOS-MIROC5-rcp85            | 2051-2080        | 622.4        | 1664.4        | 565          | 409.8        | 717.2        | 731.4      |
| ANALOGOS-MRI-CGCM3-rcp85         | 2051-2080        | 567.3        | 1675.1        | 493.9        | 295.1        | 664.2        | 690.6      |
| SDSM-bcc-csm1-1-m-rcp85          | 2051-2080        | 463.8        | 1061.7        | 268.3        | 220.7        | 511.7        | 394.5      |
| SDSM-IPSL-CM5A-MR-rcp85          | 2051-2080        | 436.9        | 908.6         | 249.8        | 216.4        | 473.8        | 321        |
| SDSM-MIROC-ESM-CHEM-rcp85        | 2051-2080        | 401.6        | 931.5         | 248.7        | 169.3        | 486.1        | 329.1      |
| SDSM-MIROC5-rcp85                | 2051-2080        | 378.5        | 926           | 221.1        | 167          | 452          | 279.4      |
| SDSM-MRI-CGCM3-rcp85             | 2051-2080        | 446.4        | 1037.3        | 250.7        | 198.6        | 487.9        | 345.8      |
| <b>Datos proyectados [media]</b> | <b>2051-2080</b> | <b>495.7</b> | <b>1291.7</b> | <b>355.7</b> | <b>248</b>   | <b>568</b>   | <b>491</b> |

Otro tanto se puede añadir de la precipitación, en cuanto a la disparidad de los tipos de modelos. Los de análogos proyectan precipitaciones más elevadas, con valores que rondan los actuales, mientras que los de SDSM son claramente negativos. Poniendo la atención en los datos proyectados la tendencia global es que precipitará menos en el periodo 2021-2050 y menos aún en el periodo 2051-2080. Este decrecimiento se acentúa mucho más en el momento que comparamos los resultados proyectados con los datos observados.

## 2.2 Datos en rejilla

Esta información debe complementarse con los mapas climáticos del apartado 3.3. “Mapas climáticos”, espacio que hemos reservado para el análisis de los indicadores directos de estas dos variables climáticas (precipitación total, temperatura media, temperatura máxima media, temperatura mínima media y temperatura media de las mínimas absolutas), además de la ETP.

Como paso previo al cálculo de los índices y de la clasificación climática en rejilla ha sido necesario realizar mapas mensuales intermedios de una serie de variables climáticas, tanto de datos observados, como proyectados por modelos climáticos en rejilla y según los periodos climatológicos normales establecidos. Recordemos que la fuente de datos de estos últimos son las proyecciones en rejilla provenientes de las regionalizaciones dinámicas generadas en la iniciativa internacional Euro-CORDEX, que proporcionan datos en una rejilla de aproximadamente 10km de resolución. En el Anexo 1 puede verse la ubicación de las estaciones meteorológicas, según los distintos periodos, así como los puntos de rejilla de las proyecciones.

Las variables climáticas son las siguientes:

- Temperatura máxima
- Temperatura mínima
- Temperatura media
- Temperatura media de las mínimas absolutas
- Precipitación total

La interpolación espacial se ha llevado a cabo mediante *kriging con deriva externa* (KDE) en el caso de la temperatura, y *kriging ordinario* (KO) para la precipitación sobre un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de Navarra y entorno con una resolución de 200x200 m [ver Anexo 2].

Evidentemente, al contar con muy pocos datos se ha obviado el periodo normal 1931-1960. En cuanto al periodo 1961-1990 hay pocas estaciones, unas quince, por lo que la representatividad de los mapas es limitada, mostrando sólo tendencias espaciales.

En un primer análisis de estos mapas, lo que primero llama la atención es la diferente distribución de la precipitación. En los mapas de datos observados los máximos se localizan en las inmediaciones de las comarcas de Larraun-Leitzaldea y del Bidasoa, con otros máximos secundarios en Pirineo. En los mapas de datos proyectados, sin embargo, es esta última comarca la más lluviosa, con un repunte en la Sierra de Alaiz durante la época cálida. Este diferente comportamiento puede ser atribuido a la excesiva relación lineal introducida en los modelos climáticos respecto a la topografía. Lógicamente, esto va a condicionar el resultado de los índices (bio)climáticos y clasificaciones climáticas a calcular. Habrá que tenerlo presente a la hora de interpretar esos productos.

## 2.3 Índices climáticos y bioclimáticos

La bioclimatología es la ciencia “que trata de poner de manifiesto la relación existente entre los seres vivos y el clima” (Rivas Martínez, 1987). Para ello, esta ciencia elabora parámetros, índices y modelos que demuestran esta relación. Se trata de descubrir la historia de la vida en el planeta, hacer modelos predictivos, averiguar la vegetación potencial del territorio, mejorar las técnicas agrícolas [agroclimatología], etc.

En el análisis climatológico se tiene en cuenta principalmente la precipitación y la temperatura puesto que son los parámetros básicos que influyen notablemente en las condiciones de vida de los animales, y sobre todo de las plantas, y determinan la distribución de los ecosistemas en el planeta Tierra (Díaz, A., 2016).

Los índices climáticos y bioclimáticos son el resultado de fórmulas matemáticas y estadísticas, que combinan los parámetros climáticos [principalmente temperatura y precipitaciones] con datos como la altitud o la latitud, y manifiestan la relación entre la vegetación y el clima.



Estos índices se dividen en: índices térmicos, pluviométricos, termopluviométricos, de aridez, de continentalidad, de mediterraneidad e índices bioclimáticos.

En el proyecto se han calculado para cada una de las estaciones y periodos normales diferentes índices climáticos y bioclimáticos. Igualmente se ha aplicado el sistema de clasificación de Köppen-Geiger, tal y como fue descrita por Trewartha [Trewartha, 1980].

Esta tarea se ha abordado de dos maneras diferentes. Por una parte, se han determinado los índices y la clasificación climática para las estaciones seleccionadas en AdapteCCa [datos de observaciones y de proyecciones puntuales]. Por otra, tomando como entrada datos en rejilla [estimaciones espaciales de datos observados de toda la red de observación y proyecciones en rejilla]. En consecuencia, el primer resultado se presentará en forma de tablas, mientras que el segundo se hará en forma de mapas, lo cual facilitará el análisis de la evolución de los climas de Navarra a lo largo del espacio y a través de sucesivos periodos normales.

Los periodos normales contemplados en este apartado son los siguientes:

-  1961-1990 [datos observados].
-  1991-2017 [datos observados].
-  2021-2050 [datos proyectados].
-  2051-2080 [datos proyectados].
-  2006-2017 [periodo compartido entre datos observados y proyectados].

Con el objeto de sacar conclusiones más rápidas incluimos en los próximos apartados la imagen del clima presente [1991-2017] y las del clima futuro [2021-2050 y 2051-2080]. El resto de periodos se adjuntan en el capítulo de anexos.

### **2.3.1 La clasificación climática de Koeppen**

La clasificación climática de Koeppen fue creada en 1900 por el científico y meteorólogo ruso de origen alemán Wladimir Peter Köppen. Consiste en una clasificación climática natural mundial, que identifica cada tipo de clima con una serie de letras que indican el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones que caracterizan dicho tipo de clima.

Desde sus orígenes ha sido continuamente revisada. El mismo Koeppen la modificó en 1918 y 1936. Posteriormente, el climatólogo Rudolf Geiger [1954, 1961] introdujo algunos cambios, por eso a veces es conocido como el sistema de clasificación climática de Köppen-Geiger. Finalmente, en 1966 el geógrafo Glenn Thomas Trewartha publicó una modificación de la anterior, tratando de resolver algunas deficiencias. El sistema Trewartha intenta redefinir las latitudes medias para estar más cerca de la zonificación de la vegetación. Se considera un reflejo más cercano a la realidad del clima global.



**Tabla 2-3** Sistema de clasificación de Koeppen.

| Tipoclima       | S                        | W                    | f   | m            | w                           | s                     |
|-----------------|--------------------------|----------------------|---|--------------|-----------------------------|-----------------------|
| A Tropicales    | -                        | -                    | Ecuatorial Af                               | Monzónico Am | Sabana Aw                   | Sabana As             |
| B Secos         | Semiárido o estepario BS | Árido o desértico BW | -   | -            | -                           | -                     |
| C Templados     | -                        | -                    | Subtropical húmedo Cfa,<br>Oceánico Cfb     | -            | Subtropical húmedo Cwa, Cwb | Mediterráneo Csa, Csb |
| D Continentales | -                        | -                    | Continental Dfa, Dfb,<br>Subártico Dfc, Dfd | -            | "Manchuriano" Dwa, Dwb      | -                     |
|                 |                          |                      | T   | F            |                             |                       |
| E Frios         | Tundra ET                |                      |   | Polar EF     |                             |                       |

## Datos en estaciones

**Tabla 2-4** Clasificación de Koeppen de datos observados y modelos regionales de AdapteCCa para diferentes periodos climatológicos normales.

|                                  | Periodo          | Aibar       | Arizkun     | Arróniz     | Buñuel     | Otazu       | Pamplona   |
|----------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|
| <b>Datos observados</b>          | <b>1961-1990</b> | <b>Cfb*</b> | <b>Cfb*</b> | <b>Cfb*</b> | <b>BSk</b> | <b>Csb*</b> | <b>Cfb</b> |
| <b>Datos observados</b>          | <b>1991-2017</b> | <b>Cfa</b>  | <b>Cfb</b>  | <b>Csb</b>  | <b>BSk</b> | <b>Csb</b>  | <b>Cfa</b> |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1-rcp85        | 2021-2050        | Cfb         | Cfb         | Cfb         | BSk        | Cfb         | Cfb        |
| ANALOGOS-MIROC5-rcp85            | 2021-2050        | Cfb         | Cfb         | Cfb         | BSk        | Cfb         | Cfb        |
| ANALOGOS-MRI-CGCM3-rcp85         | 2021-2050        | Cfb         | Cfb         | Cfb         | BSk        | Cfb         | Cfb        |
| SDSM-bcc-csm1-1-m-rcp85          | 2021-2050        | Csa         | Cfb         | BSk         | BWk        | Cfa         | BSk        |
| SDSM-IPSL-CM5A-MR-rcp85          | 2021-2050        | BSk         | Cfb         | BSk         | BWk        | Cfa         | BSk        |
| SDSM-MIROC-ESM-CHEM-rcp85        | 2021-2050        | BSk         | Cfa         | BSk         | BWk        | Cfa         | BSk        |
| SDSM-MIROC5-rcp85                | 2021-2050        | BSk         | Cfa         | BSk         | BWk        | Cfa         | BSk        |
| SDSM-MRI-CGCM3-rcp85             | 2021-2050        | Cfa         | Cfb         | BSk         | BWk        | Cfb         | BSk        |
| <b>Datos proyectados [media]</b> | <b>2021-2050</b> | <b>Cfa</b>  | <b>Cfb</b>  | <b>BSk</b>  | <b>BSk</b> | <b>Cfb</b>  | <b>Cfa</b> |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1-rcp85        | 2051-2080        | Cfa         | Cfb         | Cfa         | BSk        | Cfa         | Cfa        |
| ANALOGOS-MIROC5-rcp85            | 2051-2080        | Cfa         | Cfb         | Cfa         | BSk        | Cfb         | Cfb        |
| ANALOGOS-MRI-CGCM3-rcp85         | 2051-2080        | Cfb         | Cfb         | Cfb         | BSk        | Cfb         | Csb        |
| SDSM-bcc-csm1-1-m-rcp85          | 2051-2080        | BSk         | Cfa         | BSk         | BWh        | Cfa         | BSk        |
| SDSM-IPSL-CM5A-MR-rcp85          | 2051-2080        | BSk         | Cfa         | BSk         | BWh        | Cfa         | BSk        |
| SDSM-MIROC-ESM-CHEM-rcp85        | 2051-2080        | BSh         | Cfa         | BWh         | BWh        | BSk         | BSh        |
| SDSM-MIROC5-rcp85                | 2051-2080        | BSk         | Cfa         | BWk         | BWh        | BSk         | BSk        |
| SDSM-MRI-CGCM3-rcp85             | 2051-2080        | Cfa         | Cfb         | BSk         | BWk        | Cfa         | BSk        |
| <b>Datos proyectados [media]</b> | <b>2051-2080</b> | <b>Cfa</b>  | <b>Cfa</b>  | <b>BSk</b>  | <b>BSk</b> | <b>Cfa</b>  | <b>Cfa</b> |

\*La estación no cumple con los requisitos de valores faltantes de la OMM.

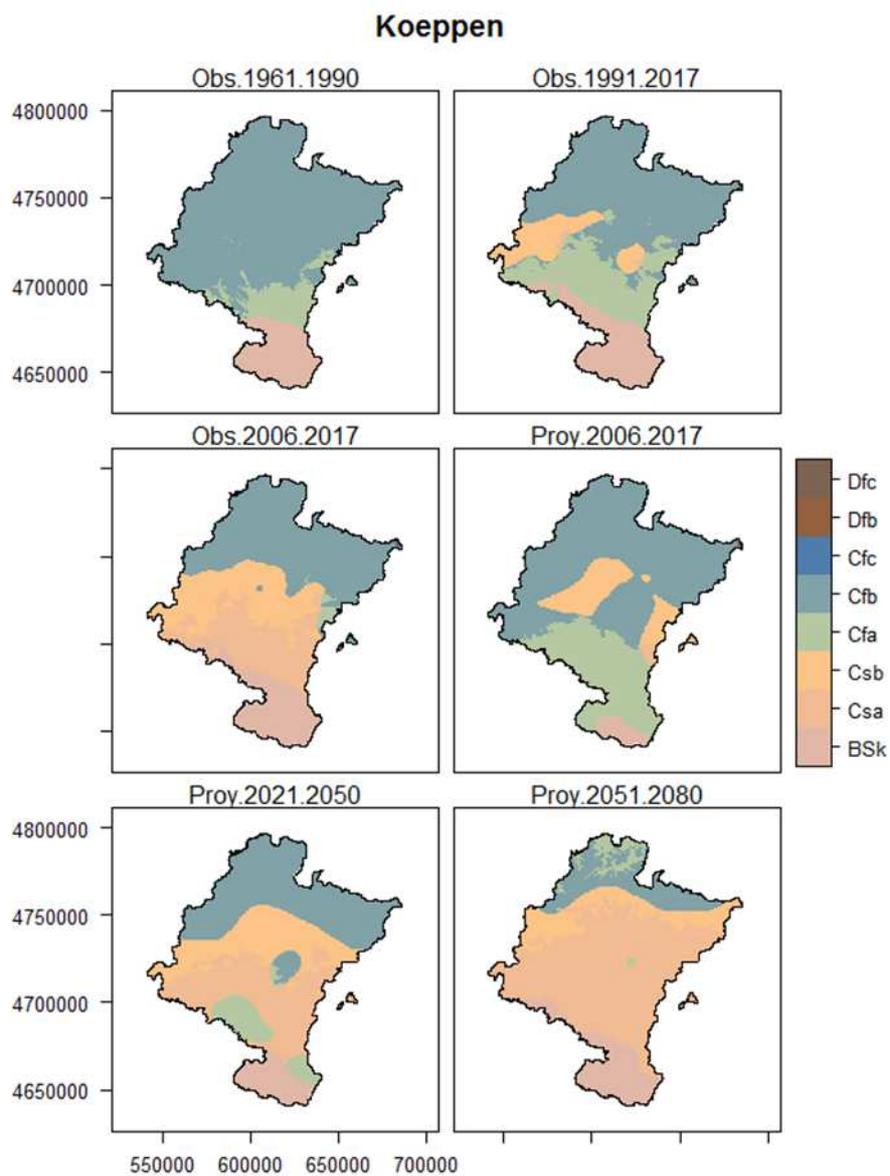
La disparidad antes comentada en la temperatura y precipitación entre los distintos modelos climáticos conduce necesariamente a que también esté presente en la clasificación de Koeppen. Así, mientras los modelos basados en análogos tienden a conservar el grupo, los calculados con la técnica SDSM hacen variarla, pasando del grupo C [clima de latitudes medias] al grupo B [grupo seco].

Es difícil sacar conclusiones manejando tan pocas estaciones. Unas mantienen su clase, mientras que en otras se observan cambios, de climas oceánicos [Cfb] y climas mediterráneos de veranos frescos [Csb] a climas subtropicales húmedos [Cfa], lo que implica

sobre todo veranos más húmedos y cálidos [Arizkun, Otazu], y a climas del grupo seco, estepario frío [BSk] [Arroniz].

**Datos en rejilla**

A partir de los mapas mensuales de temperatura y precipitación se ha calculado la clasificación de Koeppen para cada una de las celdas de la rejilla, con una resolución de 200x200 m. El resultado presenta una visión más clara de su distribución espacial y evolución a lo largo de los periodos que la ofrecida por las estaciones seleccionadas [Ilustración 11].



**Ilustración 11** Mapas de Koeppen



En primer lugar, es evidente el paulatino retroceso hacia el norte del clima oceánico [Cfb] y su substitución por el clima mediterráneo de veranos frescos [Csb] y el mediterráneo [Csa].

El clima subtropical húmedo [Cfa] reduce también significativamente su presencia. Es algo que ya ha ocurrido en el presente siglo, siendo substituido en buena parte por el mediterráneo [Csa]. Las proyecciones en rejilla indican que se retira hacia la Ribera Alta en el periodo 2021-2050, para en el siguiente 2051-2080 desaparecer de ahí y saltar al norte de Navarra, compartiendo espacio con el oceánico.

Por su parte, el clima estepario frío [BSk] es el más estable, caracterizando la mitad sur de la Ribera.

Aunque espacialmente, también desaparece el grupo D, el clima continental, de inviernos muy fríos, presente actualmente en el macizo de Larra, en las laderas de la Mesa de los Tres Reyes.

Si atendemos a la comparación de los mapas en el periodo de solape 2006-2017, los resultados para el futuro no son totalmente confiables. En términos generales, el clima Csa no aparece correctamente identificado, su lugar lo ocupa el Cfa. Además, el clima BSk aparece excesivamente retirado hacia el sur de la Ribera.

### 2.3.2 Índices de aridez

Tal y como se deduce de su nombre, estos índices miden el grado de aridez de un clima. Están muy relacionados con los índices de precipitaciones, por lo que pueden considerarse también como índices de sequía. Según A. Díaz, la aridez es un concepto difuso ([www.biogeografia.netau.net](http://www.biogeografia.netau.net)), puesto que los climatólogos, los biólogos, los botánicos, los ingenieros agrícolas, etc. tienen una concepción distinta de la misma. Climáticamente a nivel general, se piensa que un mes seco es aquel en el que las temperaturas son mayores que el doble de las precipitaciones, aunque en realidad no se tiene en cuenta el suelo que es un factor clave en la aridez.

Los índices de aridez basados en datos climáticos tienen como base el principio de que con las temperaturas aumenta la evapotranspiración y por lo tanto, las precipitaciones se vuelven menos efectivas.

Esta es la relación de índices de índices de aridez que se han calculado para cada estación y periodo normal:

-  De Martonne, 1925.
-  Emberger, 1955.
-  Lang, 1920.
-  Rivas-Martinez (<http://www.globalbioclimatics.org/>).



En aras de una mayor claridad se ha incluido en este apartado el resultado del índice de aridez según Rivas-Martínez, uno de los más completos y el que más categorías propone.

### Datos en estaciones

**Tabla 2-5** Índice de aridez de Rivas-Martínez de datos observados y modelos regionales de AdapteCCa para diferentes periodos climatológicos normales.

|                                  | Periodo          | Albar      | Arizkun     | Arróniz    | Buñuel     | Otazu      | Pamplona   |
|----------------------------------|------------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Datos observados</b>          | <b>1961-1990</b> | <b>4.3</b> | <b>9.4</b>  | <b>3.9</b> | <b>2.0</b> | <b>4.7</b> | <b>5.4</b> |
| <b>Datos observados</b>          | <b>1991-2017</b> | <b>4.4</b> | <b>12.3</b> | <b>4.3</b> | <b>1.8</b> | <b>4.7</b> | <b>5.0</b> |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1-rcp85        | 2021-2050        | 4.3        | 14.6        | 3.8        | 1.9        | 5.3        | 5.8        |
| ANALOGOS-MIROC5-rcp85            | 2021-2050        | 4.1        | 11.7        | 3.9        | 2.4        | 5.1        | 5.2        |
| ANALOGOS-MRI-CGCM3-rcp85         | 2021-2050        | 4.1        | 12.5        | 3.7        | 1.9        | 5.0        | 5.2        |
| SDSM-bcc-csm1-1-m-rcp85          | 2021-2050        | 2.5        | 6.6         | 1.4        | 1.0        | 3.0        | 2.2        |
| SDSM-IPSL-CM5A-MR-rcp85          | 2021-2050        | 2.3        | 6.1         | 1.2        | 1.0        | 2.7        | 1.8        |
| SDSM-MIROC-ESM-CHEM-rcp85        | 2021-2050        | 2.1        | 5.7         | 1.2        | 0.9        | 2.6        | 1.6        |
| SDSM-MIROC5-rcp85                | 2021-2050        | 2.3        | 6.3         | 1.3        | 1.0        | 2.8        | 1.8        |
| SDSM-MRI-CGCM3-rcp85             | 2021-2050        | 2.6        | 7.1         | 1.5        | 1.1        | 3.1        | 2.2        |
| <b>Datos proyectados [media]</b> | <b>2021-2050</b> | <b>3.0</b> | <b>8.8</b>  | <b>2.3</b> | <b>1.4</b> | <b>3.7</b> | <b>3.2</b> |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1-rcp85        | 2051-2080        | 3.6        | 12.2        | 3.1        | 1.6        | 4.4        | 4.8        |
| ANALOGOS-MIROC5-rcp85            | 2051-2080        | 3.5        | 9.5         | 3.2        | 2.1        | 4.2        | 4.2        |
| ANALOGOS-MRI-CGCM3-rcp85         | 2051-2080        | 3.7        | 10.9        | 3.3        | 1.7        | 4.5        | 4.6        |
| SDSM-bcc-csm1-1-m-rcp85          | 2051-2080        | 2.3        | 5.8         | 1.4        | 1.0        | 2.7        | 2.1        |
| SDSM-IPSL-CM5A-MR-rcp85          | 2051-2080        | 2.2        | 4.9         | 1.2        | 1.0        | 2.5        | 1.7        |
| SDSM-MIROC-ESM-CHEM-rcp85        | 2051-2080        | 1.8        | 4.5         | 1.1        | 0.7        | 2.3        | 1.5        |
| SDSM-MIROC5-rcp85                | 2051-2080        | 1.9        | 5.0         | 1.1        | 0.8        | 2.4        | 1.5        |
| SDSM-MRI-CGCM3-rcp85             | 2051-2080        | 2.5        | 6.1         | 1.4        | 1.0        | 2.8        | 2.0        |
| <b>Datos proyectados [media]</b> | <b>2051-2080</b> | <b>2.7</b> | <b>7.4</b>  | <b>2.0</b> | <b>1.2</b> | <b>3.2</b> | <b>2.8</b> |

| Rivas-Martínez   | Leyenda |
|------------------|---------|
| Ultrahiperárido  | <0.1    |
| Hiperárido       | 0.1-0.3 |
| Árido            | 0.3-1   |
| Semiárido        | 1-2     |
| Seco             | 2-3.6   |
| Subhúmedo        | 3.6-7   |
| Húmedo           | 7-14    |
| Hiperhúmedo      | 14-28   |
| Ultrahiperhúmedo | >28     |

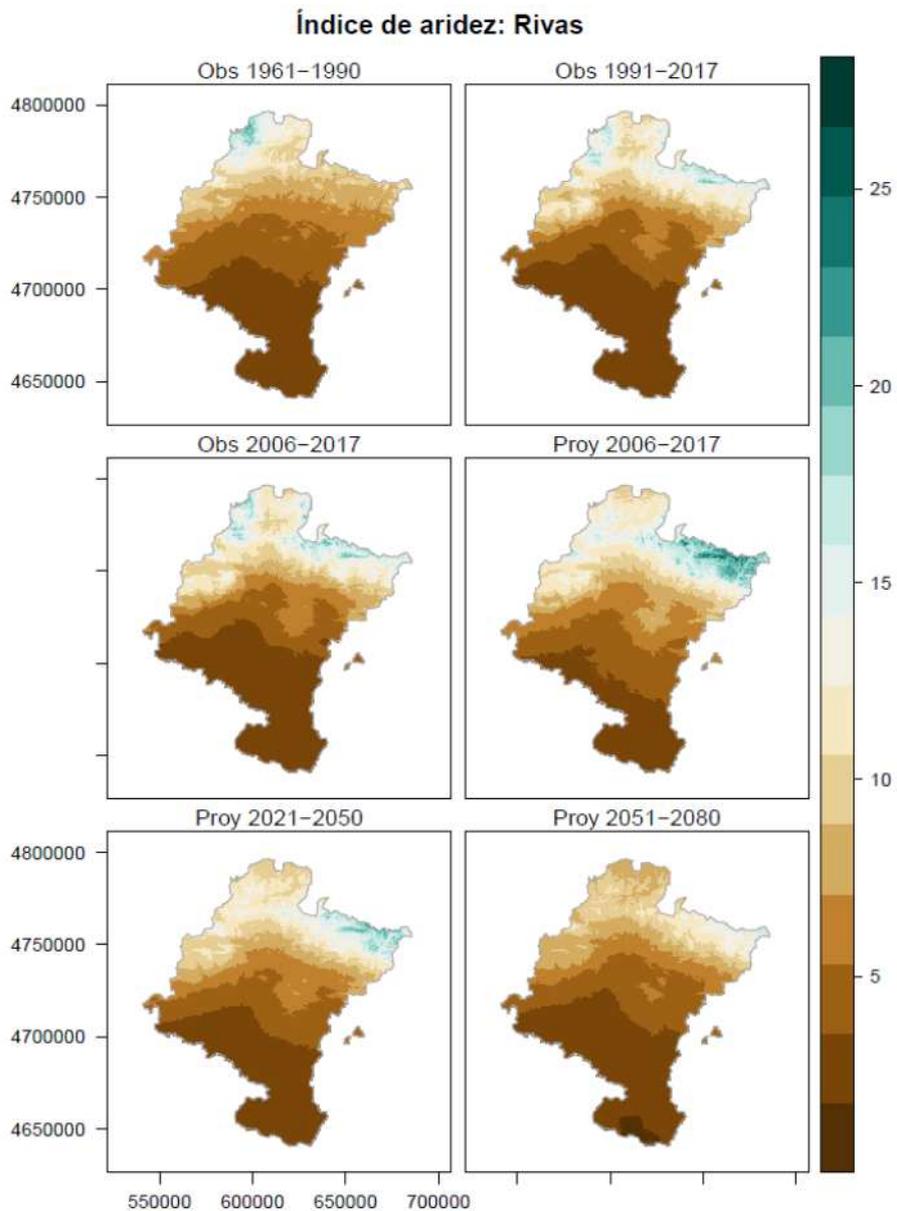
Los datos de aridez de Rivas del clima presente muestran un marcado gradiente norte-sur. Desde Arizkun, en la categoría de húmedo, se transita hacia valores subhúmedos en el interior, para acabar en el sur con Buñuel ya en la categoría semiárido.

Es clara la disparidad entre modelos climáticos. Los basados en análogos no se alejan tanto de los actuales, mientras que los basados en la técnica de regionalización SDSM son más extremos y agudizan notablemente las condiciones futuras de aridez. En promedio, hay

consenso en las estaciones y todas ellas muestran una evolución progresiva hacia valores más bajos, con las categorías seco y semiárido ganando terreno.

**Datos en rejilla**

A continuación se presenta el mismo índice de aridez de Rivas, esta vez, calculado sobre una rejilla de 200x200m aproximado, a partir de los mapas mensuales de temperatura y precipitación.



**Ilustración 12** Mapas del índice de aridez de Rivas-Martínez

Parecidas conclusiones pueden derivarse de los modelos climáticos en rejilla, con la ventaja de que nos ofrecen una visión global del territorio. El mapa del periodo 2021-2050 está muy influenciado por cómo los modelos estiman la precipitación, magnificando el gradiente pluviométrico en Pirineos. Así, en las zonas más elevadas el índice sube, es decir, estaríamos en condiciones de mayor humedad. En las comarcas de Larraun-Leitzalde y Bidasoa, sin embargo, bajan. En el periodo 2051-2080 es cuando se aprecian más los cambios, con una profundización hacia valores más áridos.

Si atendemos a la comparación de los mapas en el periodo de solape 2006-2017, los resultados para el futuro parecen bastante confiables, a excepción de la zona de Pirineos, donde se sobreestima el índice.

### 2.3.3 Índices de continentalidad / oceanidad

Los índices de continentalidad valoran el grado de influencia marina u oceánica en un territorio. Para ello tienen en cuenta la oscilación térmica anual. Si ésta es amplia suele corresponder a espacios continentales, mientras que si el valor es bajo suele representar áreas con influencia oceánica, puesto que los mares, lagos y océanos tienden a amortiguar el contraste de las temperaturas extremas [A. Díaz, 2016].

Los índices más empleados para expresar la continentalidad / oceanidad se pueden agrupar en sencillos y compensados. Son sencillos aquellos que expresan únicamente la diferencia entre las temperaturas extremas, y compensados los que, a la amplitud u oscilación de la temperatura anual, se adiciona una cantidad en función de la altitud [Rivas Martínez, 2005] o de la latitud [Gorzynski, 1920; Conrad, 1946].

Esta es la relación de índices de continentalidad / oceanidad que se han calculado para cada estación y periodo normal:

-  Gorczynski, 1920
-  Conrad, 1946
-  Gams - alpha, 1932
-  Rivas - Martinez, [<http://www.globalbioclimatics.org/>]
-  Amann, 1929

En aras de una mayor claridad se incluirá en este apartado el resultado del índice de continentalidad según Rivas-Martínez, uno de los más completos y el que más categorías propone.

#### Datos en estaciones

**Tabla 2-6** Índice de continentalidad de Rivas-Martínez de datos observados y modelos regionales de AdapteCCa para diferentes periodos climatológicos normales.

| Periodo | Aibar | Arizkun | Arróniz | Buñuel | Otazu | Pamplona |
|---------|-------|---------|---------|--------|-------|----------|
|---------|-------|---------|---------|--------|-------|----------|

|                                  |                  |             |             |             |             |             |             |
|----------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Datos observados</b>          | <b>1961-1990</b> | <b>16.8</b> | <b>13.4</b> | <b>16.2</b> | <b>17.7</b> | <b>15.3</b> | <b>15.5</b> |
| <b>Datos observados</b>          | <b>1991-2017</b> | <b>17.3</b> | <b>13.8</b> | <b>16.5</b> | <b>17.9</b> | <b>15.9</b> | <b>16.3</b> |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1-rcp85        | 2021-2050        | 14.5        | 11.3        | 13.8        | 16.5        | 13.5        | 13.4        |
| ANALOGOS-MIROC5-rcp85            | 2021-2050        | 14          | 11.4        | 13.3        | 16          | 13.1        | 13          |
| ANALOGOS-MRI-CGCM3-rcp85         | 2021-2050        | 12.9        | 10.5        | 12.3        | 16.1        | 12.8        | 12.2        |
| SDSM-bcc-csm1-1-m-rcp85          | 2021-2050        | 15.7        | 12          | 16          | 16.5        | 14.5        | 15.4        |
| SDSM-IPSL-CM5A-MR-rcp85          | 2021-2050        | 16.6        | 13.9        | 16.9        | 18.4        | 16          | 16.2        |
| SDSM-MIROC-ESM-CHEM-rcp85        | 2021-2050        | 18.3        | 15.1        | 18.5        | 20.1        | 17.6        | 17.9        |
| SDSM-MIROC5-rcp85                | 2021-2050        | 16.7        | 14.3        | 17.1        | 18.6        | 16.4        | 16.4        |
| SDSM-MRI-CGCM3-rcp85             | 2021-2050        | 15.2        | 12.9        | 15.4        | 16.9        | 14.9        | 14.9        |
| <b>Datos proyectados [media]</b> | <b>2021-2050</b> | <b>15.5</b> | <b>12.7</b> | <b>15.4</b> | <b>17.4</b> | <b>14.9</b> | <b>14.9</b> |
| ANALOGOS-bcc-csm1-1-rcp85        | 2051-2080        | 15.3        | 12.1        | 14.5        | 17.9        | 14.4        | 14.4        |
| ANALOGOS-MIROC5-rcp85            | 2051-2080        | 14.5        | 11.8        | 13.7        | 16.2        | 13.5        | 13.6        |
| ANALOGOS-MRI-CGCM3-rcp85         | 2051-2080        | 14.1        | 11.3        | 13.3        | 16.8        | 13.7        | 12.9        |
| SDSM-bcc-csm1-1-m-rcp85          | 2051-2080        | 17.5        | 13.6        | 17.8        | 18.3        | 15.9        | 17.1        |
| SDSM-IPSL-CM5A-MR-rcp85          | 2051-2080        | 18.4        | 15.2        | 18.8        | 20.3        | 17.8        | 17.9        |
| SDSM-MIROC-ESM-CHEM-rcp85        | 2051-2080        | 20          | 16.8        | 20.2        | 22.2        | 19.6        | 19.5        |
| SDSM-MIROC5-rcp85                | 2051-2080        | 17.1        | 14.9        | 17.6        | 19.2        | 17          | 16.8        |
| SDSM-MRI-CGCM3-rcp85             | 2051-2080        | 16.1        | 13.7        | 16.3        | 17.9        | 15.9        | 15.8        |
| <b>Datos proyectados [media]</b> | <b>2051-2080</b> | <b>16.6</b> | <b>13.7</b> | <b>16.5</b> | <b>18.6</b> | <b>16.0</b> | <b>16.0</b> |

| Rivas-Martínez               | Clases |
|------------------------------|--------|
| Extremadamente hiperoceánico | 0-3    |
| Hiperoceánico                | 3-7    |
| Apenas hiperoceánico         | 7-11   |
| Oceánico                     | 11-18  |
| Semicontinental              | 18-21  |
| Subcontinental               | 21-28  |
| Continental                  | 28-45  |
| Hipercontinental             | 45-65  |

En la actualidad todas las estaciones seleccionadas pertenecen al grupo oceánico. Sin embargo, cabe matizar que Aibar y Buñuel se encuentran en la frontera de la categoría por debajo, es decir, semicontinental, mientras que Arizkun hace lo propio con la categoría por encima, apenas hiperoceánico.

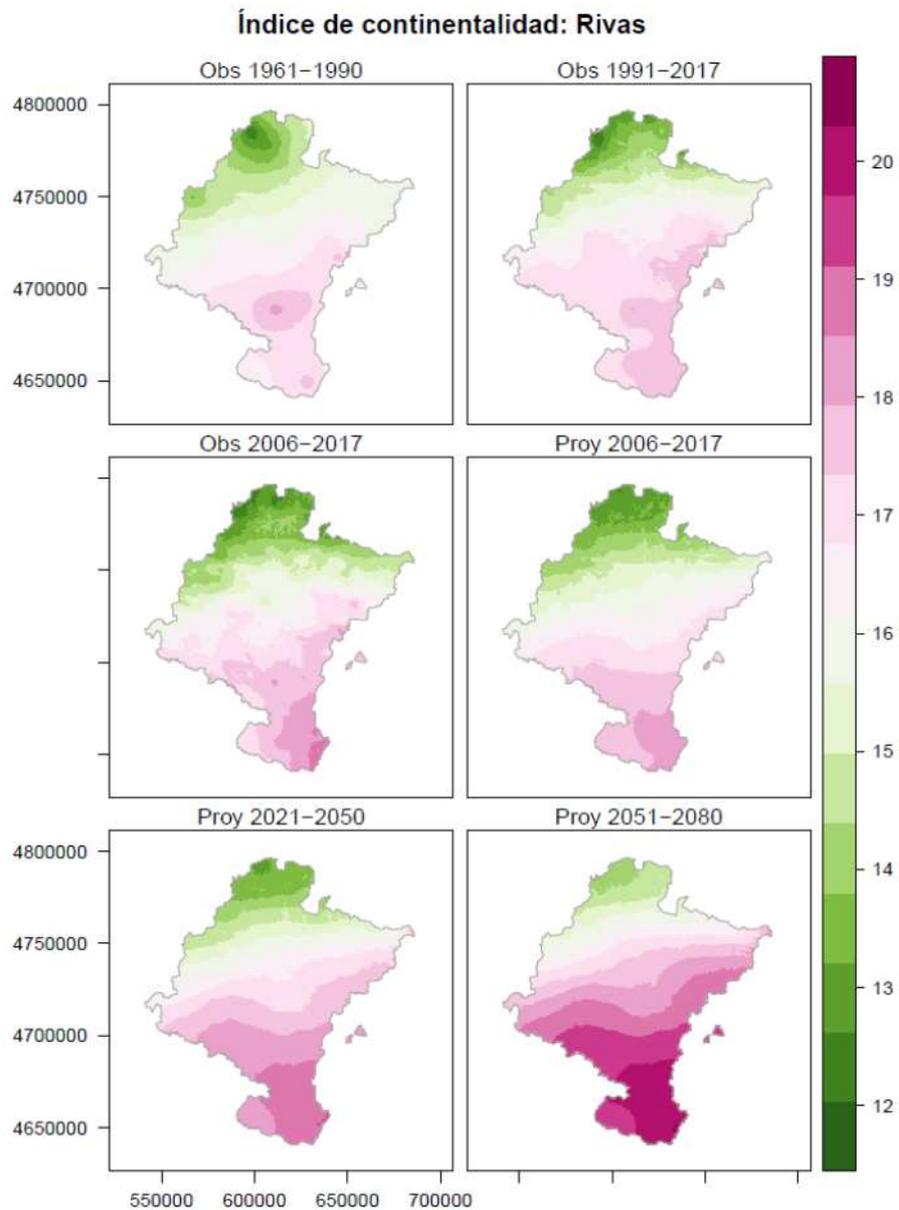
De nuevo, es clara la disparidad entre modelos climáticos. Los basados en análogos tienden a valores más oceánicos, mientras que los basados en la técnica SDSM tienden a valores semicontinentales, con algún modelo y estación dentro de dicha categoría.

Curiosamente, en el periodo 2021-2050 los promedios bajan, esto es, se refuerza el oceánico. Y en el periodo 2051-2080 se volvería a valores parecidos a los actuales.

Estos resultados no van en consonancia con los que veremos a continuación de datos proyectados en rejilla, los cuales parecen más coherentes.

### Datos en rejilla

Veamos a continuación el mismo índice de continentalidad de Rivas, pero calculado sobre una rejilla de 200x200 m aproximado, a partir de los mapas mensuales de temperatura y precipitación.



**Ilustración 13** Mapas del índice de continentalidad de Rivas-Martínez

La interpretación de los resultados es más evidente que los ofrecidos por las estaciones seleccionadas, discrepando incluso de estas. Aunque dentro de un contexto oceánico, se aprecia claramente que hay una tendencia progresiva a ir perdiendo ese carácter, acercándose el sur de la Comunidad Foral hacia la categoría semicontinental.



Si atendemos a la comparación de los mapas en el periodo de solape 2006-2017, los resultados para el futuro parecen razonablemente confiables, aunque un tanto suavizados.

## 2.4 Índices de extremos climáticos

El objetivo del Grupo Abierto de la Comisión de Expertos en Climatología [OPACE 4] de la OMM es mejorar la toma de decisiones para la planificación, las operaciones, la gestión de riesgos y la adaptación al cambio y la variabilidad del clima. Esto se logrará mediante un mayor conocimiento sobre el clima, junto con el acceso a información y productos procesables y su utilización.

Las actividades emprendidas en el marco del OPACE 4 se centran principalmente en el desarrollo de información, productos y servicios climáticos adaptados a las necesidades de los usuarios para su aplicación en la adaptación y la gestión de riesgos.

Dentro de la estructura del OPACE 4 se encuentra el Equipo de Expertos en Índices Climáticos Sectoriales [ET-SCI]. Entre sus tareas se encuentra el promover el uso de índices climáticos sectoriales coherentes a nivel mundial para poner de manifiesto la variabilidad y las tendencias climáticas [por ejemplo, las sequías] de particular interés para los sectores socioeconómicos, y para ayudar a caracterizar la sensibilidad climática de diversos sectores. También la elaboración de los materiales de capacitación necesarios para aumentar la capacidad y promover enfoques uniformes en todo el mundo para la aplicación de estas técnicas.

En este sentido, han desarrollado el programa informático normalizado ClimPACT2, creado durante el decimoquinto período entre reuniones, para generar índices climáticos específicos de cada sector, sobre el que se sigue trabajando para incluir índices derivados de otras variables climáticas que son relevantes para los impactos sectoriales.

Los promedios mensuales de los datos climáticos suavizan una gran cantidad de información importante que es relevante para los impactos sectoriales. Por esta razón, los índices derivados de los datos diarios son un intento de extraer objetivamente información de las observaciones meteorológicas diarias para responder a preguntas sobre aspectos del sistema climático que afectan a muchos sistemas humanos y naturales, con especial énfasis en los extremos. Esos índices podrían reflejar la duración o amplitud de las olas de calor, la intensidad y frecuencia de las lluvias extremas o las medidas de los períodos extremadamente húmedos o secos/calientes o fríos que tienen repercusiones socioeconómicas. Los índices climáticos proporcionan información valiosa contenida en los datos diarios, sin necesidad de transmitir los datos diarios en sí.

En los últimos decenios se ha avanzado mucho gracias a los índices acordados internacionalmente, derivados de la temperatura y las precipitaciones diarias, que representan aspectos más extremos del clima, supervisados por el Equipo de Expertos en



Detección e Índices del Cambio Climático [ETCCDI] de la CCI/WCRP/JCOMM. La elaboración y el análisis de estos índices han contribuido de manera significativa a los informes de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC].

La mayoría de los índices ETCCDI se centran en el número de días que cruzan un umbral, ya sea absoluto/fijo o percentil/variable en relación con el clima local. Otros se centran en valores extremos absolutos, como el día más cálido, más frío o más húmedo del año. Los índices se utilizan tanto para observaciones como para modelos, tanto a nivel mundial como regional, y pueden combinarse con técnicas sencillas de análisis de tendencias y métodos estándar de detección y atribución, además de complementar el análisis de los extremos más raros utilizando la Teoría de Valores Extremos [EVT].

ClimPACT2 es un paquete de software R que calcula los índices ET-SCI, así como los índices de climas extremos a partir de datos almacenados en archivos de texto o en netCDF. Incorpora directamente los paquetes R `climdex.pcic` y `climdex.pcic.ncdf` desarrollados por el Pacific Climate Impacts Consortium [PCIC]. El software funciona de tres maneras diferentes, que permiten al usuario

-  calcular índices en un archivo de texto de estación a través de una interfaz gráfica de usuario [GUI],
-  procesar por lotes múltiples archivos de texto de estación en paralelo y
-  calcular los índices en datos netCDF en paralelo. También la interfaz gráfica de ClimPACT2 permite a los usuarios crear su propio índice absoluto de recuento de días.

ClimPACT2 calcula unos 60 índices y produce hasta 140 ficheros por estación. Dentro de su listado se encuentra una buena parte de los que vamos a emplear en el presente proyecto. Sin embargo, hay otros que dicho *software* no los calcula, por lo que habrá que desarrollar las herramientas necesarias para su obtención, en especial, los relacionados con el medio construido.

Estos índices climáticos se emplearán en el desarrollo de las siguientes fases del proyecto. Algunos de ellos se utilizarán como indicadores de amenaza para el análisis de vulnerabilidad y riesgo del medio construido de Navarra a nivel municipal, mientras que otros se emplearán para el estudio de gestión adaptativa del paisaje de Navarra.

Respecto al medio construido se prevé analizar las siguientes cadenas de impacto: i) el efecto de la Temperatura en el medio urbano representado éste por las viviendas, edificaciones y el espacio público [HW\_BE] y ii) el efecto de las inundaciones tanto fluviales como pluviales [FL\_BE] sobre el medio construido. Se indica en la tabla 2-7 el potencial uso de los índices climáticos en las mencionadas cadenas de impacto con las siglas indicadas entre paréntesis en cada caso.

Respecto a las cadenas de impacto para la gestión adaptativa del paisaje se identifican las siguientes:

C1: Aumento de las temperaturas y reducción de la disponibilidad hídrica: estrés hídrico.



El aumento de las temperaturas, refrendado en los escenarios proyectados por el IPCC, está relacionado con un aumento de las temperaturas medias anuales y estacionales, el incremento en el porcentaje de días y noches cálidas, así como una previsible reducción del número de días con heladas. Estos hechos nos sitúan ante un clima futuro más cálido y una En cuanto a la precipitación, debemos esperar un descenso de la precipitación media que podría superar el 20%.

**C2:** Incremento en la frecuencia e intensidad de sequías estivales.

El efecto combinado derivado de un aumento de las temperaturas medias estivales, las medias de las máximas y de la Evapotranspiración; se traducirá en un incremento de las sequías que podrán derivan en una sensible reducción de la disponibilidad hídrica en suelo.

**C3:** Aumento de la oscilación térmica estacional

El escenario termométrico futuro ofrecerá una estación invernal con valores por encima de la actual [hablamos de tendencias, sin que ello invalide la ocurrencia de adversos fríos] y un estío más caluroso. Este contraste se traduce, por tanto, en un aumento de la oscilación térmica anual.

**C4:** Incremento en la frecuencia e intensidad de eventos pluviométricos torrenciales en cualquier estación del año

Asumiendo que el porcentaje de certidumbre en la variable pluviométrica es bajo, los estudios apuntan a una moderada certeza respecto a que el escenario climático se caracterizará por un incremento del rango de variabilidad en los volúmenes recogidos y en el régimen pluviométrico anual. En este incremento de la incertidumbre en el imput hídrico contribuirá notablemente el incremento en la frecuencia e intensidad de episodios torrenciales extremos.

**C5:** Incremento en la frecuencia e intensidad de inundaciones fluviales

El incremento en la frecuencia de episodios adversos caracterizaros por virulentos aguaceros se traducirá de forma coherente en un aumento de la frecuencia e intensidad de episodios de inundación. Estos eventos, altamente erosivos –pérdida de suelo-, llevan sobre todo aparejadas pérdidas materiales y el incremento del riesgo de pérdidas de vidas en las áreas de inundabilidad del territorio navarro.

**C6:** Aumento en el número e intensidad de olas de calor/frío

Una atmósfera más energética se va a traducir en nuestras latitudes en un incremento de la variabilidad termométrica, en un contexto general de calentamiento. Esto se traducirá en una mayor incertidumbre debido al mayor porcentaje de días y noches cálidas, acompañado de un incremento de las olas de calor, entre los que se observa un menor número de heladas. Y en este contexto, los episodios extremos de signo contrario, es decir, olas de frío intensas, compartirán la escena, complicando las predicciones atmosféricas



A continuación, se muestra el listado de índices de extremos climáticos que se han calculado con ClimPACT2:

**Tabla 2-7** Selección de índices básicos de ET-SCI calculados [según lo acordado en julio de 2011; nombres y definiciones actualizados en mayo de 2016].

| Nombre corto | Nombre largo                            | Definición  | Descripción sencilla   | Unidad | Escala temporal | Cadena de impacto |
|--------------|---|---|--|--------|-----------------|-------------------|
| tmm          | Media TM                                | Temperatura media diaria  | Temperatura media diaria   | °C     | mes /año        | HW_BE C1          |
| txm          | Media TX                                | Temperatura máxima diaria media   | Temperatura máxima diaria media  | °C     | mes /año        | HW_BE C1          |
| tnm          | Media TN                                | Temperatura mínima diaria media   | Temperatura mínima diaria media  | °C     | mes /año        | HW_BE C1          |
| dtr          | Oscilación térmica diaria               | Media de la diferencia entre la TX y la TN diaria   | Rango medio de temperatura máxima y mínima   | °C     | mes /año        | HW_BE C1, C3      |
| txx          | Max TX                                  | Temperatura máxima absoluta   | Temperatura diaria más cálida  | °C     | mes /año        | HW_BE C3, C6      |
| tnn          | Min TN                                  | Temperatura mínima absoluta   | Temperatura diaria más fría  | °C     | mes /año        | C3                |
| txn          | Min TX                                  | TX diario más frío  | Día más frío   | °C     | mes /año        | C3                |
| fd           | Días de helada                          | Número de días cuando TN < 0 °C   | Días en que la temperatura mínima es inferior a 0 °C                                     | días   | mes /año        | C3                |
| id           | Días de hielo                           | Número de días cuando TX < 0 °C   | Días en que la temperatura máxima es inferior a 0 °C                                     | días   | mes /año        | C3                |
| su           | Días de verano                          | Número de días cuando TX > 25 °C  | Días en que la temperatura máxima supera los 25 °C                                       | días   | mes /año        | HW_BE C1, C6      |
| tr           | Noches tropicales                       | Número de días cuando TN > 20 °C  | Días en que la temperatura mínima supera los 20 °C                                       | días   | mes /año        | HW_BE C1, C6      |
| tx10p        | Cantidad de días fríos                  | Porcentaje de días cuando TX < percentil 10   | Fracción de días con temperaturas frescas durante el día                                 | %      | año             | C3                |
| tx90p        | Cantidad de días cálidos                | Porcentaje de días cuando TX > percentil 90   | Fracción de días con temperaturas cálidas durante el día                                 | %      | año             | C1, C6            |
| tn10p        | Cantidad de noches frías                | Porcentaje de días cuando TN < percentil 10   | Fracción de días con temperaturas frescas durante la noche                               | %      | año             | C3                |
| tn90p        | Cantidad de noches cálidas              | Porcentaje de días cuando TN > percentil 90   | Fracción de días con temperaturas cálidas durante la noche                               | %      | año             | HW_BE C1, C6      |
| prcptot      | Total anual de días húmedos PR          | Suma de PR diaria >= 1 mm   | Total de precipitaciones en días húmedos   | mm     | mes /año        | C2, C5            |
| cdd          | Días secos consecutivos                 | Máximo número de días secos consecutivos [cuando PR < 1 mm]                                       | Periodo de sequía más largo  | días   | mes /año        | C1, C2            |
| cwd          | Días húmedos consecutivos               | Número máximo de días húmedos consecutivos [cuando PR >= 1 mm]                                    | Periodo húmedo más largo   | días   | año             | C4, C5            |
| rmm          | Número de días de lluvia personalizados | Número de días cuando PR >= 1 mm  | Días en los que la precipitación es al menos el número de mm especificado por el usuario | días   | mes /año        | FL_BE C1, C2, C5  |
| r10mm        | Número de días de lluvia intensa        | Número de días cuando PR >= 10 mm   | Días cuando la lluvia es al menos 10 mm  | días   | mes /año        | FL_BE C1, C2, C4  |
| r20mm        | Número de días de lluvia muy intensa    | Número de días con precipitación >= 20 mm   | Días cuando la lluvia es al menos 20 mm  | días   | mes /año        | FL_BE C4, C5      |
| rx1day       | PR max 1 día                            | PR total máxima en 1 día  | Cantidad máxima de lluvia que cae en un día  | mm     | mes /año        | FL_BE C4, C5      |
| rx5day       | PR max 5 días                           | PR total máxima en 5 días   | Cantidad máxima de lluvia que cae en cinco días consecutivos                             | mm     | mes /año        | FL_BE C4, C5      |
| gsl          | Longitud de la estación de crecimiento  | Número anual de días entre la primera aparición de 6 días consecutivos con TM > 5 °C y la primera | Periodo de tiempo en el que las plantas pueden crecer                                    | días   | año             |                   |

|                            |  |    |   |  |                                    |     |                     |
|----------------------------|--|----|---|--|------------------------------------|-----|---------------------|
|                            |  |    | aparición de 6 días consecutivos con $TM < 5^{\circ}C$  |  |                                    |     |                     |
| <b>wsgi</b>                | Indicador de duración del periodo de calentamiento   | de | Número anual de días que contribuyen a eventos donde 6 o más días consecutivos experimentan $TX >$ percentil 90   | Número de días que contribuyen a un período cálido [cuando el período tiene que durar al menos 6 días] | días                               | año | C1, C2, C3, C6      |
| <b>wsgi2</b>               | WSDI definido por el usuario   |    | Número anual de días que contribuyen a eventos donde 2 o más días consecutivos experimentan $TX >$ percentil 90   | Número de días que contribuyen a un período cálido [cuando el período tiene que durar al menos 2 días] | días                               | año | C1, C2, C3, C6      |
| <b>csdi</b>                | Indicador de duración del periodo de enfriamiento  | de | Número anual de días que contribuyen a eventos donde 6 o más días consecutivos experimentan $TN <$ percentil 10   | Número de días que contribuyen a un período frío [cuando el período tiene que durar al menos 6 días]   | días                               | año | C3                  |
| <b>csdi2</b>               | CSDI definido por el usuario   |    | Número anual de días que contribuyen a eventos donde 2 o más días consecutivos experimentan $TN <$ percentil 10   | Número de días que contribuyen a un período frío [cuando el período tiene que durar al menos 2 días]   | días                               | año | C3                  |
| <b>cddcold15.5</b>         | Días grado de refrigeración  | de | Suma anual de $TM - n$ [donde $n = 15.5^{\circ}C$ y $TM > n$ ]  | Una medida de la demanda de energía necesaria para enfriar un edificio                                 | grados-día                         | año |                     |
| <b>hddheat15.5</b>         | Días grado de calefacción  | de | Suma anual de $n - TM$ [donde $n = 15.5^{\circ}C$ y $TM < n$ ]  | Una medida de la demanda de energía necesaria para calentar un edificio                                | grados-día                         | año |                     |
| <b>r95p</b>                | PR total anual de días de lluvia muy intensa   |    | Suma anual de PR diaria $>$ percentil 95  | Cantidad de lluvia que cae en días muy húmedos   | mm                                 | año | C4, C5              |
| <b>HWM [EHF/Tx90/Tn90]</b> | Magnitud de la ola de calor [HWM] definida por el Factor de Exceso de Calor [EHF], el percentil 90 de TX o el percentil 90 de TN |    | La temperatura media de todas las olas de calor identificadas por HWN   | Temperatura media a lo largo de todas las olas de calor individuales                                   | $^{\circ}C [^{\circ}C^2$ para EHF] | año | HW_BE<br>C1, C3, C6 |
| <b>HWA [EHF/Tx90/Tn90]</b> | Amplitud de la ola de calor [HWA] definida por el Factor de Exceso de Calor [EHF], el percentil 90 de TX o el percentil 90 de TN |    | El valor máximo diario en la ola de calor más cálida [definida como la ola de calor con el HWM más alto]  | El día más caluroso de la ola de calor más calurosa  | $^{\circ}C [^{\circ}C^2$ para EHF] | año | HW_BE<br>C1, C3, C6 |
| <b>HWN [EHF/Tx90/Tn90]</b> | Número de la ola de calor [HWN] definido por el Factor de Exceso de Calor [EHF], el percentil 90 de TX o el percentil 90 de TN   |    | El número de olas de calor individuales que ocurren cada verano [de noviembre a marzo en el hemisferio sur y de mayo a septiembre en el hemisferio norte]. Una ola de calor se define como 3 o más días en los que la EHF es positiva, $TX >$ percentil 90 de TX o $TN >$ percentil 90 de TN, donde los percentiles se calculan a partir del período base especificado por el usuario | Número de olas de calor individuales   | eventos                            | año | HW_BE<br>C1, C3, C6 |

|                                      |  |  |   |            |                     |                     |
|--------------------------------------|--|--|---|------------|---------------------|---------------------|
| <b>HWD</b><br><b>[EHF/Tx90/Tn90]</b> | Duración de la ola de calor (HWD) definida por el Factor de Exceso de Calor (EHF), el percentil 90 de TX o el percentil 90 de TN | La longitud de la ola de calor más larga identificada por HWN  | Longitud de la ola de calor más larga                                 | días       | año                 | HW_BE<br>C1, C3, C6 |
| <b>HWF</b><br><b>[EHF/Tx90/Tn90]</b> | Frecuencia de onda de calor (HWF) definida por el Factor de Exceso de Calor (EHF), el percentil 90 de TX o el percentil 90 de TN | El número de días que contribuyen a las olas de calor según lo identificado por HWN  | Número total de días que contribuyen a las olas de calor individuales | días       | año                 | HW_BE<br>C1, C3, C6 |
| <b>SPI</b>                           | Índice estandarizado de precipitación  | Medida de "sequía" utilizando el Índice Estandarizado de Precipitación en escalas de tiempo de 3, 6 y 12 meses. Véase McKee et al [1993] y la Guía del usuario del SPI de la OMM [Organización Meteorológica Mundial, 2012] para más detalles. | Una medida de sequía especificada como un déficit de precipitación    | sin unidad | 3, 6, 12 y 24 meses | C1, C3, C6          |
| <b>SPEI</b>                          | Índice estandarizado de precipitación y evapotranspiración   | Medida de "sequía" utilizando el Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración en escalas temporales de 3, 6 y 12 meses. Ver Vicente-Serrano et al. [2010] para más detalles.   | Una medida de sequía usando la precipitación y la evaporación         | sin unidad | 3, 6, 12 y 24 meses | FL_BE<br>C1, C3, C6 |

La mayoría de estos índices (no todos) pertenecen a una de las siguientes categorías: los índices mínimos/máximos, los índices de umbral y los índices de duración.

Los índices mínimos/máximos indican el mínimo o máximo de alguna variable. Por ejemplo, la temperatura máxima diaria absoluta de cada año. O por el contrario, la temperatura mínima diaria absoluta cada año. Se trata de los dos índices ClimPACT2 denominados txx y tnn, respectivamente [véase tabla 2-7].

Los índices de umbral cuentan el número o proporción de días por encima o por debajo de un determinado umbral. Por ejemplo, el número de días al año en los que la precipitación es superior a 10 mm (R10mm). El umbral en uso puede ser absoluto (como en el ejemplo anterior) o basado en percentiles. Por ejemplo, el número de días en que la precipitación es superior al percentil 95 de la precipitación diaria. Los índices basados en el percentil proporcionan una medida de cómo están cambiando los extremos en relación con la climatología del sitio en cuestión, en lugar de un valor fijo arbitrario. Esto facilita la interpretación espacial de las tendencias, ya que cada lugar se mide de acuerdo con la climatología local. Por ejemplo, si se cuenta el número de días en que la temperatura máxima



supera los 30 grados centígrados, este valor será mucho más cercano a los 365 días al año en los trópicos que en las latitudes medias, y la tendencia temporal puede ser drásticamente diferente entre las dos zonas climáticas. En cambio, contar el número de días en que la temperatura máxima excede el percentil 90 proporciona una medida de cambio sustancialmente más robusta. Los percentiles utilizados para calcular los índices basados en percentiles se calculan sobre un período de base especificado por el usuario. En nuestro caso se ha utilizado el periodo operacional 1981-2010.

Los índices de duración miden la duración de ciertos eventos o entre ellos, o el número total de días que cumplen determinados criterios. Por ejemplo, la duración de la temporada de crecimiento (GSL) mide el número de días entre la primera vez en el año en que las temperaturas medias diarias superan las necesarias para el crecimiento y la primera vez posteriormente cuando la temperatura media diaria cae por debajo de la necesaria para el crecimiento.

La mayor parte de los índices se calculan en escalas temporales anuales y/o mensuales. La excepción son el SPI, que el usuario lo calcula a medida, pudiendo elegir entre 3, 6, 12 y 24 meses; y el valor absoluto de los percentiles, que es diario. En cualquier caso, a partir de ellos se calcularán los índices promediados según los periodos normales.

ET-SCI ha determinado también el sector al que pertenece la mayor parte de los índices, en consulta con los representantes de dicho sector. Estos sectores pueden ser: Salud, Agricultura y Seguridad Alimentaria y Recursos Hídricos e Hidrología. Algunos índices no han sido evaluados en relación con sectores específicos.

Los índices de ola de calor se han calculado mediante el Factor de Exceso de Calor (EHF). Este factor es una nueva medida de la intensidad de las olas de calor, que incorpora dos ingredientes. El primero es una medida de cuán caliente es un período de tres días con respecto a un umbral de temperatura anual del lugar. Si la temperatura media diaria promediada sobre dicho periodo es mayor que el percentil 95 de su climatología, se considera ola de calor. El segundo ingrediente es una medida de cuán caliente es el periodo de tres días con respecto al pasado reciente (específicamente los 30 días anteriores). Esto tiene en cuenta la idea de que la gente se aclimata (al menos hasta cierto punto) a su clima local, pero es posible que no estén preparados para un aumento repentino de la temperatura por encima de la del pasado reciente (Nairn, J. y Fawcett, R., 2015).

### **Cálculo de índices ClimPACT2**

Para calcular todos los índices con ClimPACT2 se requieren series temporales de temperatura mínima diaria (TN), temperatura máxima diaria (TX) y precipitación diaria (PR). La temperatura media diaria (TM) se calcula a partir de  $TM = (TX + TN)/2$ . El rango de temperatura diurna (DTR) se calcula a partir de  $DTR = TX - TN$ .



Se han calculado los índices con ClimPACT2 a partir de datos almacenados en archivos de texto [series climáticas de estación]. En ellos aparecen solapadas las series de datos diarios observados junto con los proyectados en cada uno de los modelos climáticos.

Al disponer de numerosos archivos de texto de estación [multiplicados por ocho modelos climáticos] el uso de la Interface Gráfica de Usuario [GUI] de ClimPACT2 es poco práctico. En este caso, los datos se han procesado usando un script de procesamiento por lotes.

### Salidas de ClimPACT2

ClimPACT2 crea una serie de subdirectorios una vez que se ha ejecutado el proceso por lotes.

#### *indices/*

Contiene archivos.csv separados que contienen los datos de cada índice calculado.

#### *plots/*

Contiene archivos.jpg separados que contienen gráficos para cada índice calculado.

#### *thres/*

Contiene un archivo.csv que contiene información de umbral utilizada para calcular índices basados en percentiles.

#### *trend/*

Contiene un archivo.csv que contiene información lineal de tendencias para cada índice calculado.

#### *qc/*

Contiene información de control de calidad para cada archivo de estación procesado.

A partir de los archivos.csv separados que contienen los datos de cada índice calculado, se han realizado resúmenes por estación y periodo climatológico normal, promediando los modelos. La ficha resultante contiene la relación de indicadores que aparecen en la Tabla 2-7, con los datos mensuales y/o anuales, además de la desviación estándar anual de los modelos. No se han incluido los índices estandarizados de precipitación [SPI, SPEI], ya que por su propia naturaleza no tiene sentido hacer medias para los periodos climatológicos normales.

### Índices específicos

Para los índices utilizados en este proyecto que el paquete ClimPACT2 no calcula, WD [número de días cálidos/secos], FRD [número de días con lluvia helada], GD<sub>i</sub>/v [Grados día invierno/verano] y periodos de retorno de precipitación, se han desarrollado rutinas específicas en R. Estos índices se definen de la siguiente forma:

- N** WD [número de días cálidos/ secos]: este índice contabiliza el número de días en los que se cumplen simultáneamente dos condiciones. La primera relacionada con la temperatura media diaria y la segunda con la precipitación acumulada. En concreto se contabilizan los días de temperatura media mayor que el percentil 75 de la temperatura media del periodo de referencia y los que además cumplen que la precipitación acumulada en ese día sea menor que el percentil 25 de la precipitación acumulada diaria. Tanto el percentil 75 de temperatura como el percentil 25 de precipitación se han calculado en el periodo de referencia [1981,2010]. Para calcular el percentil 25 de la precipitación acumulada se contabilizan únicamente los días húmedos [aquellos que tienen una precipitación acumulada diaria mayor de 1 mm].
- N** FRD [número de días con lluvia helada]: este índice contabiliza el número de días en los que se cumple que la temperatura máxima diaria es menor que 0°C y que la cantidad de precipitación acumulada es mayor a 0.5 mm.
- N** GD<sub>i</sub>/v [Grados día invierno/ verano]: suma a lo largo de un periodo determinado de las diferencias de temperatura entre un valor base y la temperatura media diaria. Como en este caso no diferenciamos en ningún momento entre el cálculo que se realiza para verano e invierno, ya que el valor base es para ambos 20°C, se ha aplicado la misma rutina a todo el periodo [1961, 2080].

Otros de los trabajos que se abordará en el ámbito del presente proyecto será elaborar la clasificación climática de Navarra de acuerdo con los criterios que establece el código técnico de la edificación. Los valores de GD<sub>i</sub>/v se utilizarán para el cálculo de esta clasificación climática.
- N** Periodos de retorno para precipitación: se calculan para cada periodo normal ([2006, 2035], [2021, 2050] y [2051, 2081]) los periodos de retorno de 10, 25 y 100 años. Para ello se tiene en cuenta la distribución de Gumbel. Esta distribución es adecuada para calcular periodos de retorno de la variable precipitación acumulada, porque se obtiene un buen ajuste. Como en la variable precipitación hay discrepancias entre los datos observados y los valores proyectados, para calcular este índice solamente se han tenido en cuenta los datos climáticos proyectados.

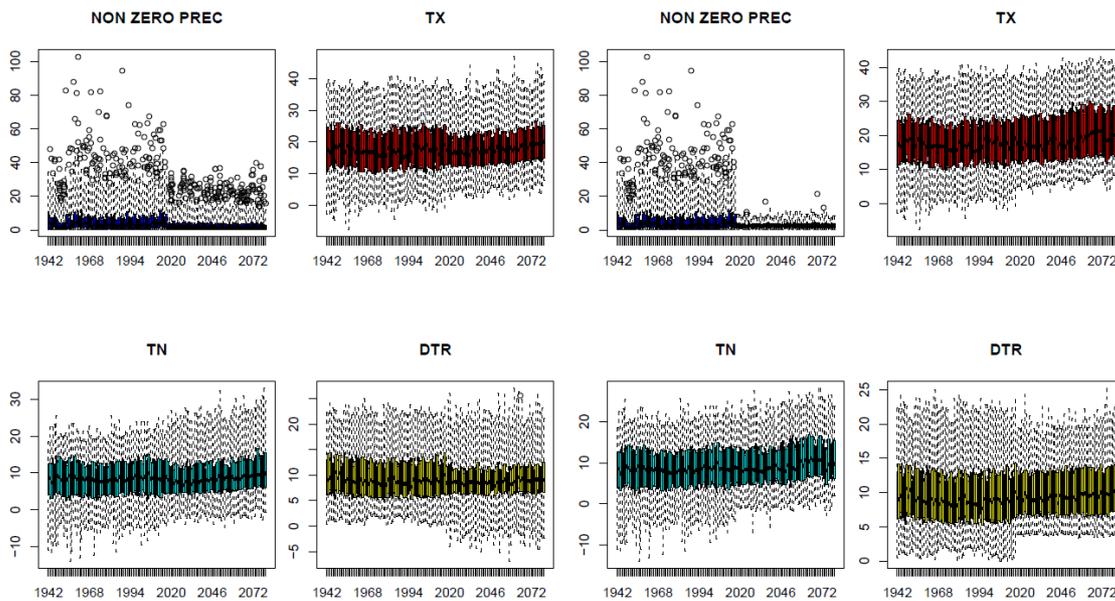
Estos índices han sido calculados para una cadencia mensual para cada año, modelo y periodo. Por lo tanto, se obtienen 12 resultados (mensuales) para cada uno de los periodos y modelos. Una vez obtenidas estas series, se ha aplicado el estadístico de la media obteniendo así una serie única para cada estación e índice. En el caso en el que los índices se han calculado con datos de escenarios futuros se le ha añadido el estadístico desviación estándar para representar la incertidumbre entre los diferentes modelos seleccionados.

### Datos en estaciones

Una de las salidas gráficas de Climact2, dentro del apartado de control de calidad [QC], son las series de cajas de precipitación, temperatura máxima, mínima y oscilación térmica diarias en las distintas estaciones. A través de ellas puede observarse que los modelos climáticos en estación no hacen un reparto diario de la precipitación coherente. En la Ilustración 14 se



aprecia la discontinuidad de las series entre datos observados y proyectados. Se trata sólo de dos modelos para una estación, pero las conclusiones son extensibles al resto. Lógicamente este comportamiento condiciona el resultado y la interpretación de los índices Climact2, especialmente aquellos que tengan que ver con extremos de precipitación, como el número de días de lluvia intensa, muy intensa, etc. Dicha discontinuidad es también observable en la temperatura, aunque en mucha menor medida.



**Ilustración 14** Series de cajas de precipitación, temperatura máxima, mínima y oscilación térmica diarias en la estación de Pamplona, con datos observados solapados por los modelos ANALOGOS-bcc-csm1-1-rcp85 [izq.] y SDSM-bcc-csm1-1-m-rcp85 [dcha.].

**Índices**

A continuación, se muestran tablas de índices básicos Climact2 con un resumen anual de las estaciones seleccionadas, según periodos normales. Se ha incluido la desviación estándar (σ) derivada de los ocho modelos climáticos para representar su incertidumbre.



**Tabla 2-8** Índice tmm [temperatura media].

| Estación        | CESTACION | X25830 | Y25830  | Altitud | Periodo   | Año  |     |
|-----------------|-----------|--------|---------|---------|-----------|------|-----|
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 1991-2017 | 13   |     |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2021-2050 | 14.2 | 1.4 |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2051-2080 | 15.9 | 1.7 |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 1991-2017 | 10.3 |     |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2021-2050 | 9.7  | 1.4 |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2051-2080 | 11.2 | 1.7 |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 1991-2017 | 12.7 |     |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2021-2050 | 13.5 | 1   |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2051-2080 | 14.9 | 1.3 |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 1991-2017 | 11.9 |     |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2021-2050 | 14.1 | 1.5 |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2051-2080 | 15.7 | 1.9 |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 1991-2017 | 15.1 |     |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2021-2050 | 15.7 | 1.4 |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2051-2080 | 17.4 | 1.8 |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 1991-2017 | 12.1 |     |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2021-2050 | 12.6 | 1.4 |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2051-2080 | 14.3 | 1.7 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 1991-2017 | 10.8 |     |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2021-2050 | 11.5 | 1.2 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2051-2080 | 13.1 | 1.6 |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 1991-2017 | 11.6 |     |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2021-2050 | 13.1 | 1.2 |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2051-2080 | 14.6 | 1.5 |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 1991-2017 | 11.8 |     |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2021-2050 | 13.1 | 1.5 |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2051-2080 | 14.7 | 1.8 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 1991-2017 | 13   |     |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2021-2050 | 13.5 | 1.3 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2051-2080 | 15.1 | 1.6 |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 1991-2017 | 13.5 |     |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2021-2050 | 13.7 | 1.3 |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2051-2080 | 15.3 | 1.7 |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 1991-2017 | 14.4 |     |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2021-2050 | 14.8 | 0.9 |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2051-2080 | 16.2 | 1.2 |



Tabla 2-9 Índice fd [días de helada].

| Estación        | CESTACION | X25830 | Y25830  | Altitud | Periodo   | Año  |      |
|-----------------|-----------|--------|---------|---------|-----------|------|------|
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 1991-2017 | 31.1 |      |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2021-2050 | 5    | 5.3  |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2051-2080 | 2.7  | 3.1  |
| Aríbe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 1991-2017 | 68   |      |
| Aríbe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2021-2050 | 59.3 | 16.4 |
| Aríbe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2051-2080 | 38.4 | 16   |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 1991-2017 | 32.2 |      |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2021-2050 | 13.7 | 8.2  |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2051-2080 | 8.3  | 5.8  |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 1991-2017 | 37.1 |      |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2021-2050 | 7.5  | 6.9  |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2051-2080 | 3.9  | 4.4  |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 1991-2017 | 18.4 |      |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2021-2050 | 11.2 | 10.4 |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2051-2080 | 6.3  | 6.5  |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 1991-2017 | 62.2 |      |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2021-2050 | 41.9 | 15.9 |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2051-2080 | 26.5 | 13.4 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 1991-2017 | 84.7 |      |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2021-2050 | 52.6 | 20.5 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2051-2080 | 36   | 18.6 |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 1991-2017 | 41.7 |      |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2021-2050 | 11.9 | 11.9 |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2051-2080 | 7    | 7.7  |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 1991-2017 | 44.6 |      |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2021-2050 | 21.6 | 13.5 |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2051-2080 | 13   | 10.3 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 1991-2017 | 36   |      |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2021-2050 | 15.9 | 12.6 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2051-2080 | 9.5  | 8.8  |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 1991-2017 | 20.9 |      |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2021-2050 | 9    | 7    |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2051-2080 | 4.8  | 4.6  |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 1991-2017 | 16.6 |      |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2021-2050 | 2.3  | 2.1  |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2051-2080 | 1.2  | 1.4  |



**Tabla 2-10** Índice id [días de hielo].

| Estación        | CESTACION | X25830 | Y25830  | Altitud | Periodo   | Año |     |
|-----------------|-----------|--------|---------|---------|-----------|-----|-----|
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 1991-2017 | 0.5 |     |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2021-2050 | 0.2 | 0.5 |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2051-2080 | 0.2 | 0.4 |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 1991-2017 | 2.7 |     |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2021-2050 | 2.8 | 3.4 |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2051-2080 | 1.6 | 2.2 |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 1991-2017 | 0.5 |     |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2021-2050 | 0.1 | 0.2 |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2051-2080 | 0.1 | 0.1 |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 1991-2017 | 0.9 |     |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2021-2050 | 0.3 | 0.7 |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2051-2080 | 0.2 | 0.5 |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 1991-2017 | 0.4 |     |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2021-2050 | 0.1 | 0.1 |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2051-2080 | 0   | 0   |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 1991-2017 | 0.3 |     |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2021-2050 | 0.4 | 0.8 |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2051-2080 | 0.3 | 0.6 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 1991-2017 | 1   |     |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2021-2050 | 0.7 | 1.1 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2051-2080 | 0.4 | 0.7 |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 1991-2017 | 0.5 |     |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2021-2050 | 0.1 | 0.2 |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2051-2080 | 0.1 | 0.2 |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 1991-2017 | 2.5 |     |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2021-2050 | 0.7 | 1.2 |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2051-2080 | 0.5 | 0.9 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 1991-2017 | 0.3 |     |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2021-2050 | 0.1 | 0.2 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2051-2080 | 0.1 | 0.2 |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 1991-2017 | 0.6 |     |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2021-2050 | 0.1 | 0.3 |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2051-2080 | 0.1 | 0.2 |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 1991-2017 | 0.1 |     |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2021-2050 | 0   | 0.1 |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2051-2080 | 0   | 0   |

**Tabla 2-11** Índice su [días de verano].

| Estación        | CESTACION | X25830 | Y25830  | Altitud | Periodo   | Año   |      |
|-----------------|-----------|--------|---------|---------|-----------|-------|------|
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 1991-2017 | 89    |      |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2021-2050 | 88.3  | 28.4 |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2051-2080 | 111.7 | 30.7 |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 1991-2017 | 43.8  |      |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2021-2050 | 28.5  | 21.4 |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2051-2080 | 45.9  | 33.2 |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 1991-2017 | 60.1  |      |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2021-2050 | 62.5  | 27.4 |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2051-2080 | 86.3  | 33.1 |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 1991-2017 | 70.2  |      |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2021-2050 | 89.2  | 30.5 |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2051-2080 | 112.4 | 32.5 |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 1991-2017 | 111.9 |      |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2021-2050 | 119.8 | 22.7 |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2051-2080 | 142.3 | 24.9 |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 1991-2017 | 96.3  |      |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2021-2050 | 87.6  | 31.6 |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2051-2080 | 110.9 | 33.5 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 1991-2017 | 67.4  |      |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2021-2050 | 75.3  | 24.9 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2051-2080 | 97.8  | 29.5 |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 1991-2017 | 62.5  |      |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2021-2050 | 75.1  | 28.9 |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2051-2080 | 100.2 | 31.9 |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 1991-2017 | 67    |      |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2021-2050 | 84    | 24.3 |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2051-2080 | 106.9 | 27.8 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 1991-2017 | 80.7  |      |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2021-2050 | 89.2  | 34.3 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2051-2080 | 111.8 | 36.3 |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 1991-2017 | 80.7  |      |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2021-2050 | 78.4  | 32.6 |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2051-2080 | 101.4 | 36.3 |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 1991-2017 | 74.7  |      |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2021-2050 | 69.1  | 28.9 |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2051-2080 | 92.1  | 34.5 |

**Tabla 2-12** Índice tr (noches tropicales).

| Estación        | CESTACION | X25830 | Y25830  | Altitud | Periodo   | Año  |      |
|-----------------|-----------|--------|---------|---------|-----------|------|------|
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 1991-2017 | 2.2  |      |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2021-2050 | 11.1 | 9.1  |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2051-2080 | 26.7 | 20.2 |
| Aríbe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 1991-2017 | 0    |      |
| Aríbe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2021-2050 | 1.4  | 2.1  |
| Aríbe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2051-2080 | 6.3  | 8.5  |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 1991-2017 | 0.6  |      |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2021-2050 | 5.6  | 5.8  |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2051-2080 | 16.6 | 15.2 |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 1991-2017 | 1.3  |      |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2021-2050 | 10.9 | 9.7  |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2051-2080 | 25.2 | 21.7 |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 1991-2017 | 15.3 |      |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2021-2050 | 25.5 | 13.4 |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2051-2080 | 47.2 | 23   |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 1991-2017 | 0.3  |      |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2021-2050 | 2.3  | 2.7  |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2051-2080 | 9.4  | 10.5 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 1991-2017 | 0.1  |      |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2021-2050 | 0.8  | 1.2  |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2051-2080 | 3.3  | 5.3  |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 1991-2017 | 0.4  |      |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2021-2050 | 4.1  | 5.5  |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2051-2080 | 11.9 | 11.7 |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 1991-2017 | 4.9  |      |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2021-2050 | 7.9  | 7.3  |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2051-2080 | 19.9 | 17.8 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 1991-2017 | 1    |      |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2021-2050 | 3.5  | 3.9  |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2051-2080 | 11.1 | 12.6 |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 1991-2017 | 3.4  |      |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2021-2050 | 7.7  | 6.4  |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2051-2080 | 21   | 16.4 |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 1991-2017 | 4.9  |      |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2021-2050 | 11.3 | 7.8  |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2051-2080 | 26.8 | 17.2 |

**Tabla 2-13** Índice gsl [longitud de la estación de crecimiento].

| Estación        | CESTACION | X25830 | Y25830  | Altitud | Periodo   | Año   |      |
|-----------------|-----------|--------|---------|---------|-----------|-------|------|
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 1991-2017 | 330.7 |      |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2021-2050 | 357.8 | 7.1  |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2051-2080 | 362   | 3.4  |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 1991-2017 | 282.5 |      |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2021-2050 | 295.6 | 21.3 |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2051-2080 | 320.5 | 23.3 |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 1991-2017 | 346.6 |      |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2021-2050 | 360.3 | 4    |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2051-2080 | 363   | 2    |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 1991-2017 | 317.7 |      |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2021-2050 | 356   | 8.7  |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2051-2080 | 360.5 | 4.5  |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 1991-2017 | 351.7 |      |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2021-2050 | 359.2 | 7.7  |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2051-2080 | 362.1 | 5.2  |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 1991-2017 | 313.1 |      |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2021-2050 | 340.5 | 15.8 |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2051-2080 | 352.8 | 10.6 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 1991-2017 | 294.7 |      |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2021-2050 | 329.8 | 21.1 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2051-2080 | 345.1 | 15.5 |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 1991-2017 | 315   |      |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2021-2050 | 353.5 | 13   |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2051-2080 | 359.7 | 5.9  |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 1991-2017 | 308   |      |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2021-2050 | 345.9 | 13.7 |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2051-2080 | 354.7 | 9.6  |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 1991-2017 |       |      |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2021-2050 | 354.9 | 9.7  |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2051-2080 | 360.6 | 4.9  |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 1991-2017 | 346.3 |      |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2021-2050 | 356.1 | 7.8  |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2051-2080 | 361.3 | 3    |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 1991-2017 | 355.7 |      |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2021-2050 | 363.5 | 2.1  |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2051-2080 | 364.5 | 0.7  |

**Tabla 2-14** Índice wsd<sub>i</sub> (indicador de duración del periodo de calentamiento, 6 días).

| Estación        | CESTACION | X25830 | Y25830  | Altitud | Periodo   | Año  |      |
|-----------------|-----------|--------|---------|---------|-----------|------|------|
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 1991-2017 | 6.2  |      |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2021-2050 | 15   | 13.7 |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2051-2080 | 43   | 35.5 |
| Aríbe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 1991-2017 | 2.5  |      |
| Aríbe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2021-2050 | 3.5  | 4.5  |
| Aríbe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2051-2080 | 11.3 | 14.6 |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 1991-2017 | 2.8  |      |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2021-2050 | 10.3 | 7    |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2051-2080 | 25   | 20.3 |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 1991-2017 | 5    |      |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2021-2050 | 37.9 | 26.1 |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2051-2080 | 77.5 | 52.5 |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 1991-2017 | 4.6  |      |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2021-2050 | 26.5 | 23.9 |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2051-2080 | 65.2 | 53.6 |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 1991-2017 | 4.2  |      |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2021-2050 | 12.8 | 13   |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2051-2080 | 37.9 | 33.9 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 1991-2017 | 4.6  |      |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2021-2050 | 16.3 | 12.2 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2051-2080 | 45   | 32.9 |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 1991-2017 | 4.2  |      |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2021-2050 | 30.1 | 22.2 |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2051-2080 | 70.9 | 50.4 |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 1991-2017 | 3.9  |      |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2021-2050 | 40.5 | 24   |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2051-2080 | 81.4 | 47.6 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 1991-2017 |      |      |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2021-2050 | 16.9 | 15.8 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2051-2080 | 45.3 | 39.1 |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 1991-2017 | 2.8  |      |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2021-2050 | 11   | 11.2 |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2051-2080 | 33   | 31.3 |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 1991-2017 | 2.7  |      |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2021-2050 | 6.4  | 6    |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2051-2080 | 16.8 | 17.7 |

**Tabla 2-15** Índice csdi (indicador de duración del periodo de enfriamiento, 6 días).

| Estación        | CESTACION | X25830 | Y25830  | Altitud | Periodo   | Año |     |
|-----------------|-----------|--------|---------|---------|-----------|-----|-----|
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 1991-2017 | 1.9 |     |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2021-2050 | 0.7 | 1.3 |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2051-2080 | 0.2 | 0.4 |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 1991-2017 | 1.9 |     |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2021-2050 | 8.6 | 8.4 |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2051-2080 | 2.6 | 3.3 |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 1991-2017 | 1.9 |     |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2021-2050 | 0.7 | 0.8 |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2051-2080 | 0.1 | 0.3 |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 1991-2017 | 1.9 |     |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2021-2050 | 0.4 | 0.8 |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2051-2080 | 0   | 0.1 |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 1991-2017 | 2.4 |     |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2021-2050 | 6.8 | 6.2 |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2051-2080 | 1.8 | 2.5 |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 1991-2017 | 1   |     |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2021-2050 | 0.9 | 1.1 |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2051-2080 | 0.2 | 0.2 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 1991-2017 | 1.7 |     |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2021-2050 | 0.6 | 0.8 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2051-2080 | 0   | 0   |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 1991-2017 | 1   |     |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2021-2050 | 0.6 | 1   |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2051-2080 | 0.1 | 0.3 |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 1991-2017 | 1.9 |     |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2021-2050 | 6   | 8.4 |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2051-2080 | 1.7 | 2.5 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 1991-2017 |     |     |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2021-2050 | 1.8 | 1.8 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2051-2080 | 0.3 | 0.3 |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 1991-2017 | 1.3 |     |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2021-2050 | 6   | 6.6 |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2051-2080 | 1.5 | 2.3 |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 1991-2017 | 2.7 |     |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2021-2050 | 0.8 | 1   |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2051-2080 | 0.2 | 0.3 |

**Tabla 2-16** Índice hwn [indicador de número de olas de calor].

| Estación        | CESTACION | X25830 | Y25830  | Altitud | Periodo   | Año |     |
|-----------------|-----------|--------|---------|---------|-----------|-----|-----|
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 1991-2017 | 1.8 |     |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2021-2050 | 3.4 | 2.4 |
| Aibar           | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2051-2080 | 5.6 | 2.9 |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 1991-2017 | 1.9 |     |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2021-2050 | 2.1 | 2   |
| Aribe           | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2051-2080 | 4.1 | 3.2 |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 1991-2017 | 1.9 |     |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2021-2050 | 2.9 | 2.2 |
| Arizkun         | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2051-2080 | 5.4 | 2.9 |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 1991-2017 | 1.9 |     |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2021-2050 | 4.8 | 2.9 |
| Arróniz         | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2051-2080 | 6.6 | 3   |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 1991-2017 | 2.1 |     |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2021-2050 | 3.6 | 2.3 |
| Buñuel          | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2051-2080 | 5.5 | 2.2 |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 1991-2017 | 2   |     |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2021-2050 | 3   | 2.3 |
| Epároz          | 112       | 643017 | 4737110 | 608     | 2051-2080 | 5.3 | 2.9 |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 1991-2017 | 2.1 |     |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2021-2050 | 3.4 | 2   |
| Esparza Salazar | 115       | 655400 | 4746564 | 695     | 2051-2080 | 5.7 | 2.2 |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 1991-2017 | 2   |     |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2021-2050 | 3.9 | 2.1 |
| Galbarra        | 126       | 561380 | 4728831 | 601     | 2051-2080 | 6.4 | 2.4 |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 1991-2017 | 1.9 |     |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2021-2050 | 4   | 2.2 |
| Leyre           | 160       | 649876 | 4721878 | 758     | 2051-2080 | 6.1 | 2.4 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 1991-2017 | 1.7 |     |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2021-2050 | 2.7 | 2.2 |
| Otazu           | 191       | 599612 | 4737864 | 387     | 2051-2080 | 5.2 | 2.9 |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 1991-2017 | 1.8 |     |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2021-2050 | 2.3 | 1.9 |
| Pamplona        | 196       | 611406 | 4741340 | 453     | 2051-2080 | 4.5 | 2.8 |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 1991-2017 | 1.9 |     |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2021-2050 | 2.3 | 1.7 |
| Sunbilla        | 215       | 607941 | 4779980 | 117     | 2051-2080 | 4.6 | 2.8 |

**Tabla 2-17** Índice prcptot [indicador de precipitación total].

| Estación          | CESTACION | X25830 | Y25830  | Altitud | Periodo   | Año    |       |
|-------------------|-----------|--------|---------|---------|-----------|--------|-------|
| Aibar             | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 1991-2017 | 682.5  |       |
| Aibar             | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2021-2050 | 486.8  | 96.2  |
| Aibar             | 44        | 634836 | 4716649 | 555     | 2051-2080 | 477.1  | 79.2  |
| Alloz             | 47        | 586478 | 4728604 | 476     | 1991-2017 | 612    |       |
| Alloz             | 47        | 586478 | 4728604 | 476     | 2021-2050 | 416.5  | 153.2 |
| Alloz             | 47        | 586478 | 4728604 | 476     | 2051-2080 | 402.9  | 129.4 |
| Aribe             | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 1991-2017 | 1377   |       |
| Aribe             | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2021-2050 | 1497.1 | 523.6 |
| Aribe             | 65        | 641840 | 4755831 | 701     | 2051-2080 | 1411.3 | 460.3 |
| Arizkun           | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 1991-2017 | 1871.9 |       |
| Arizkun           | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2021-2050 | 1389.6 | 490.7 |
| Arizkun           | 66        | 623254 | 4783246 | 261     | 2051-2080 | 1277.1 | 448.5 |
| Arróniz           | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 1991-2017 | 597.4  |       |
| Arróniz           | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2021-2050 | 341.2  | 152.9 |
| Arróniz           | 68        | 574955 | 4715799 | 583     | 2051-2080 | 331.9  | 126.6 |
| Artikutza         | 74        | 597721 | 4785132 | 312     | 1991-2017 | 2389.1 |       |
| Artikutza         | 74        | 597721 | 4785132 | 312     | 2021-2050 | 1623   | 614.5 |
| Artikutza         | 74        | 597721 | 4785132 | 312     | 2051-2080 | 1489.5 | 566   |
| Betelu            | 88        | 583283 | 4763843 | 240     | 1991-2017 | 1529.1 |       |
| Betelu            | 88        | 583283 | 4763843 | 240     | 2021-2050 | 1075.7 | 355.4 |
| Betelu            | 88        | 583283 | 4763843 | 240     | 2051-2080 | 998.4  | 321.2 |
| Buñuel            | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 1991-2017 | 320.4  |       |
| Buñuel            | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2021-2050 | 234.1  | 65.7  |
| Buñuel            | 90        | 628919 | 4648421 | 243     | 2051-2080 | 225.6  | 58.1  |
| Caparroso         | 97        | 610989 | 4688426 | 303     | 1991-2017 | 441.4  |       |
| Caparroso         | 97        | 610989 | 4688426 | 303     | 2021-2050 | 249    | 93.6  |
| Caparroso         | 97        | 610989 | 4688426 | 303     | 2051-2080 | 241.8  | 82.1  |
| Carcastillo       | 98        | 626471 | 4692142 | 343     | 1991-2017 | 460.7  |       |
| Carcastillo       | 98        | 626471 | 4692142 | 343     | 2021-2050 | 301.7  | 96.3  |
| Carcastillo       | 98        | 626471 | 4692142 | 343     | 2051-2080 | 292.2  | 79.1  |
| Cáseda            | 100       | 634213 | 4708978 | 438     | 1991-2017 | 578.7  |       |
| Cáseda            | 100       | 634213 | 4708978 | 438     | 2021-2050 | 413.3  | 97.7  |
| Cáseda            | 100       | 634213 | 4708978 | 438     | 2051-2080 | 405.5  | 86    |
| Central Arranbide | 101       | 591359 | 4784590 | 96      | 1991-2017 | 2145.6 |       |
| Central Arranbide | 101       | 591359 | 4784590 | 96      | 2021-2050 | 1741.9 | 272.7 |
| Central Arranbide | 101       | 591359 | 4784590 | 96      | 2051-2080 | 1648.3 | 232.8 |
| Eugi              | 121       | 620936 | 4758617 | 616     | 1991-2017 | 1448.8 |       |
| Eugi              | 121       | 620936 | 4758617 | 616     | 2021-2050 | 941.4  | 438   |
| Eugi              | 121       | 620936 | 4758617 | 616     | 2051-2080 | 869.2  | 394   |
| Fitero            | 125       | 594296 | 4656556 | 422     | 1991-2017 | 348.9  |       |
| Fitero            | 125       | 594296 | 4656556 | 422     | 2021-2050 | 195.8  | 65.3  |
| Fitero            | 125       | 594296 | 4656556 | 422     | 2051-2080 | 189.1  | 57.4  |

|             |     |        |         |     |           |        |       |
|-------------|-----|--------|---------|-----|-----------|--------|-------|
| Goñi        | 130 | 589686 | 4744813 | 863 | 1991-2017 | 1377.4 |       |
| Goñi        | 130 | 589686 | 4744813 | 863 | 2021-2050 | 949.5  | 376.5 |
| Goñi        | 130 | 589686 | 4744813 | 863 | 2051-2080 | 905.3  | 322.3 |
| Javier      | 147 | 646328 | 4717449 | 456 | 1991-2017 | 617.5  |       |
| Javier      | 147 | 646328 | 4717449 | 456 | 2021-2050 | 404    | 138.5 |
| Javier      | 147 | 646328 | 4717449 | 456 | 2051-2080 | 405.8  | 109.7 |
| Monteagudo  | 176 | 608506 | 4646031 | 414 | 1991-2017 | 347.6  |       |
| Monteagudo  | 176 | 608506 | 4646031 | 414 | 2021-2050 | 208.9  | 55.8  |
| Monteagudo  | 176 | 608506 | 4646031 | 414 | 2051-2080 | 209.6  | 44.9  |
| Olite       | 186 | 610487 | 4704973 | 388 | 1991-2017 | 468.6  |       |
| Olite       | 186 | 610487 | 4704973 | 388 | 2021-2050 | 292.2  | 128.6 |
| Olite       | 186 | 610487 | 4704973 | 388 | 2051-2080 | 295.7  | 104.7 |
| Otazu       | 191 | 599612 | 4737864 | 387 | 1991-2017 | 720.4  |       |
| Otazu       | 191 | 599612 | 4737864 | 387 | 2021-2050 | 567.3  | 125.4 |
| Otazu       | 191 | 599612 | 4737864 | 387 | 2051-2080 | 549.3  | 97    |
| Pamplona    | 196 | 611406 | 4741340 | 453 | 1991-2017 | 796.9  |       |
| Pamplona    | 196 | 611406 | 4741340 | 453 | 2021-2050 | 485.8  | 237.3 |
| Pamplona    | 196 | 611406 | 4741340 | 453 | 2051-2080 | 468.8  | 203.8 |
| Santesteban | 210 | 608989 | 4776161 | 125 | 1991-2017 | 1497.7 |       |
| Santesteban | 210 | 608989 | 4776161 | 125 | 2021-2050 | 1074.7 | 414.4 |
| Santesteban | 210 | 608989 | 4776161 | 125 | 2051-2080 | 1008.6 | 363.9 |
| Zubiri      | 239 | 621938 | 4753802 | 526 | 1991-2017 | 1147   |       |
| Zubiri      | 239 | 621938 | 4753802 | 526 | 2021-2050 | 827.8  | 258.6 |
| Zubiri      | 239 | 621938 | 4753802 | 526 | 2051-2080 | 779.9  | 235.1 |

## Datos en rejilla

Al igual que en los índices bioclimáticos, también se han calculado los índices de extremos a partir de las proyecciones en rejilla, provenientes de las regionalizaciones dinámicas generadas en la iniciativa internacional Euro-CORDEX, que proporcionan datos en una rejilla de aproximadamente 10km de resolución.

Cada punto de rejilla se ha procesado con Climpact2 considerándolo como si fuera una estación meteorológica. Se necesita su correspondiente serie de observaciones históricas, de las variables temperatura máxima, mínima y precipitación diarias, debido fundamentalmente al cálculo de índices de umbral basados en percentiles, que se ha hecho de manera relativa. Esto es, se han calculado según un periodo de referencia (en nuestro caso 1981-2010), lo cual facilita la interpretación de los resultados.

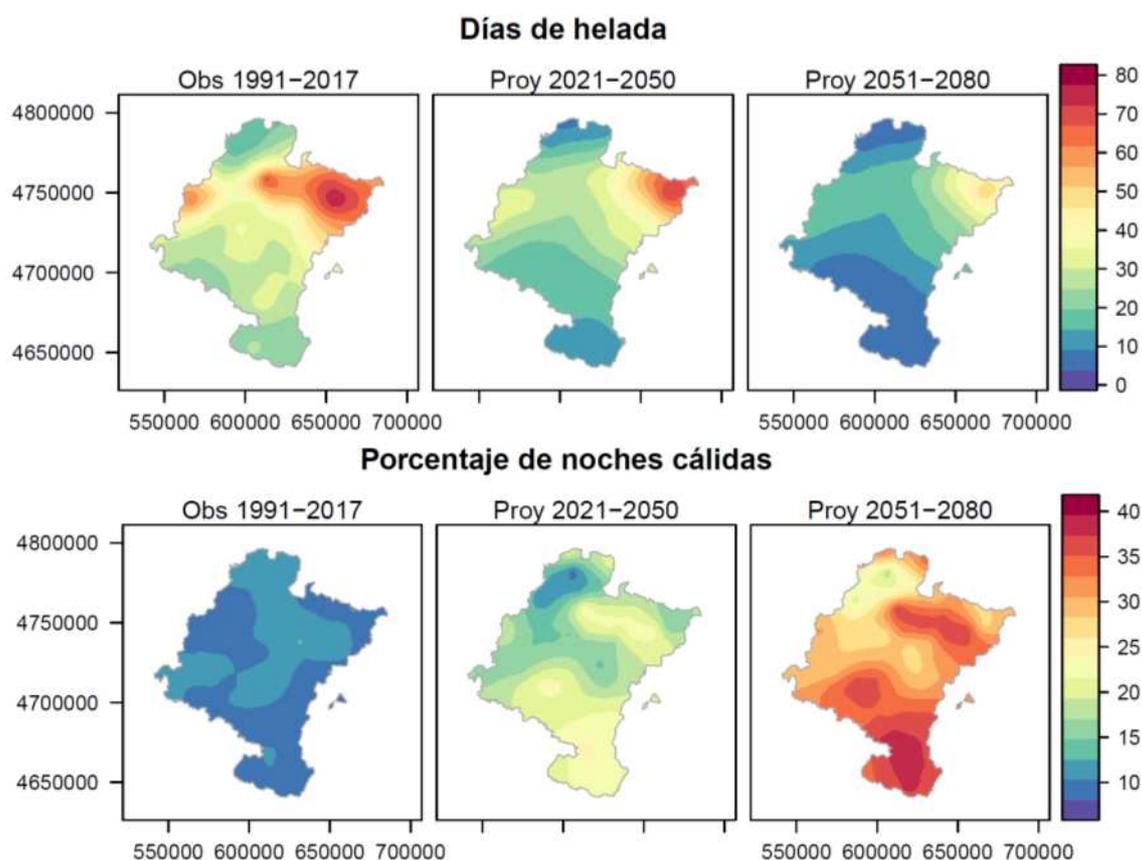
La construcción de dichas series de observaciones históricas en cada punto de rejilla se ha abordado mediante la técnica de estimación espacial "ordinary block kriging". En este caso no estamos interesados en la predicción espacial de los valores de los atributos en un punto, los "centroides" de la rejilla, sino en el área de la celda, puesto que algunas de ellas pueden contener varias estaciones.

Por tanto, hay que tener presente que los mapas de índices de extremos para los periodos históricos están basados en observaciones, pero no en sus ubicaciones originales, sino interpoladas a las celdas de la rejilla de los modelos proyectados.

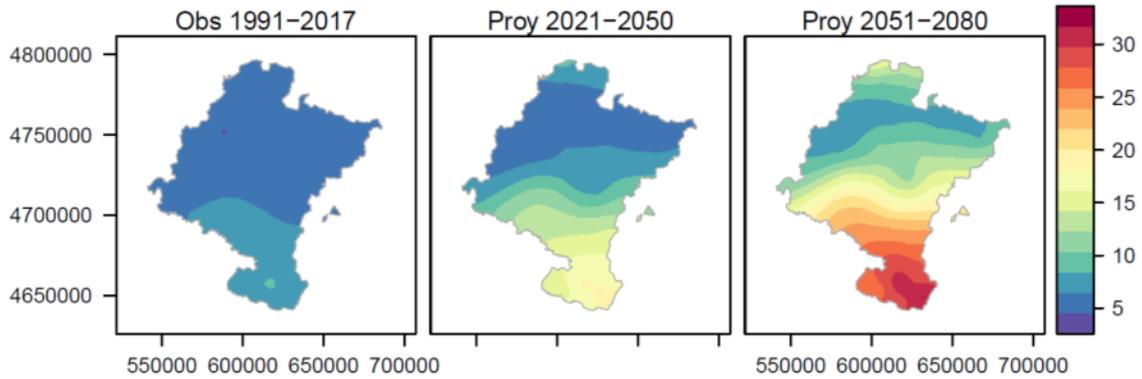
A continuación se muestran los mapas de algunos de los indicadores derivados de la temperatura y de la precipitación más relevantes definidos en la Tabla 13, para el clima presente [1991-2017] y para los periodos proyectados [201-2050 y 2051-2080].

Esta información debe complementarse con los mapas climáticos del apartado 3.3. “Mapas climáticos”, espacio que hemos reservado para el análisis de los indicadores directos de estas dos variables climáticas [precipitación total, temperatura media, temperatura máxima media, temperatura mínima media y temperatura media de las mínimas absolutas], además de la ETP. En estos mapas se pueden comparar los datos observados y proyectados del periodo de solape 2006-2017, que podrían ser una guía para la valoración de los indicadores derivados.

La tendencia positiva proyectada en la temperatura da lugar a los resultados obtenidos para los diferentes indicadores de temperaturas mínimas. Así, los días de helada se reducirían [hasta prácticamente la mitad en el segundo periodo proyectado] y las noches tropicales aumentarían, en consonancia con el aumento del porcentaje de noches cálidas [pasarían a doblarse en el segundo periodo proyectado] [Ilustración 15].



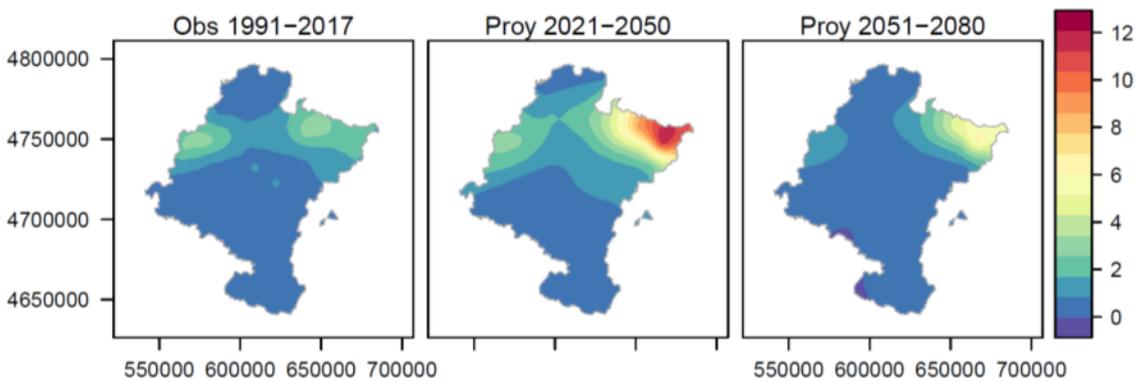
**Noches tropicales**



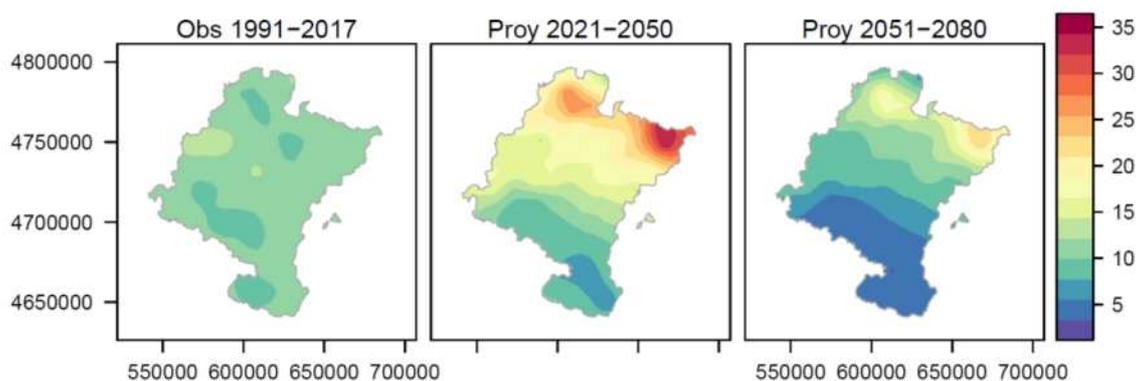
**Ilustración 15.** Indicadores derivados de la temperatura mínima.

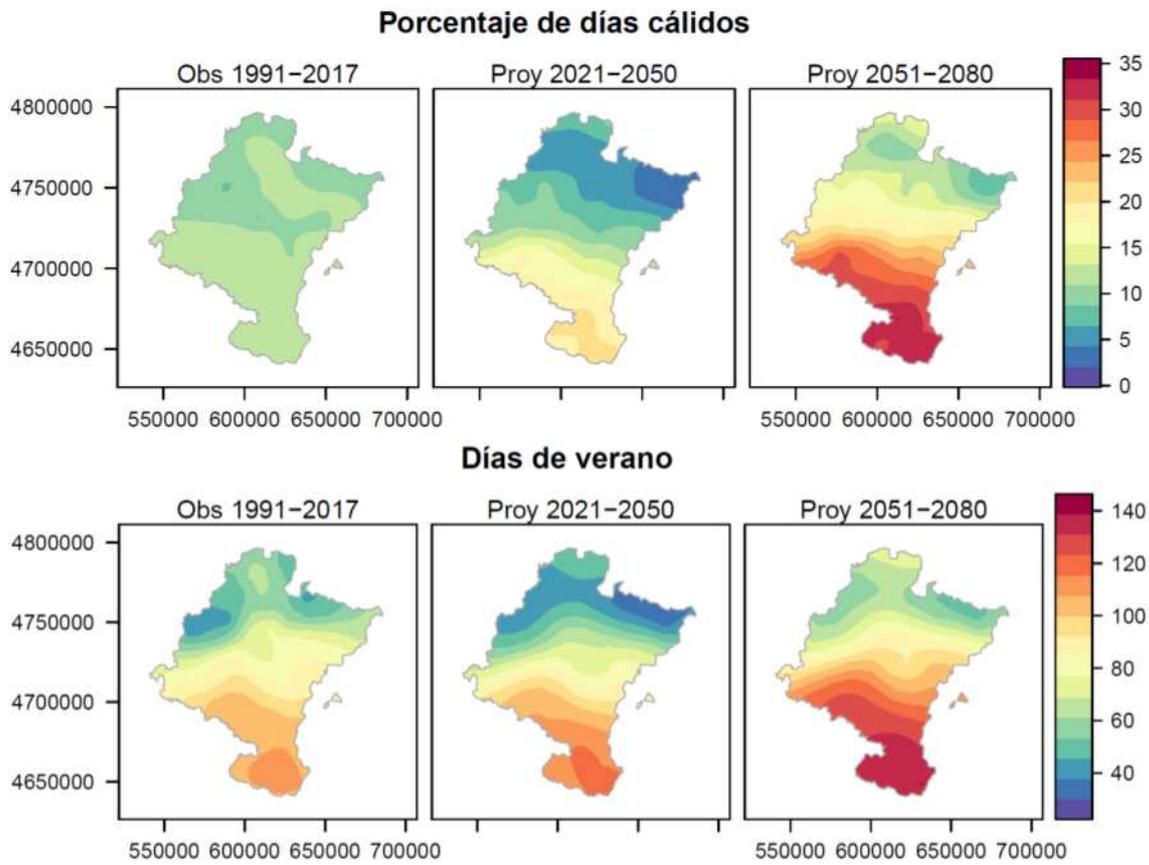
Otro tanto se puede decir de los indicadores asociados a las temperaturas máximas. De este modo, disminuirían los días de hielo y aumentarían los días de verano [Ilustración 16]. Nótese la zona de valores anómalos introducido por las proyecciones en rejilla en la comarca de los Pirineos, que desvirtúa el análisis de los indicadores. El porcentaje de días fríos y de días cálidos nos señalaría que las comarcas del sur de Navarra serían las que experimentarían una mayor tasa de cambio.

**Días de hielo**



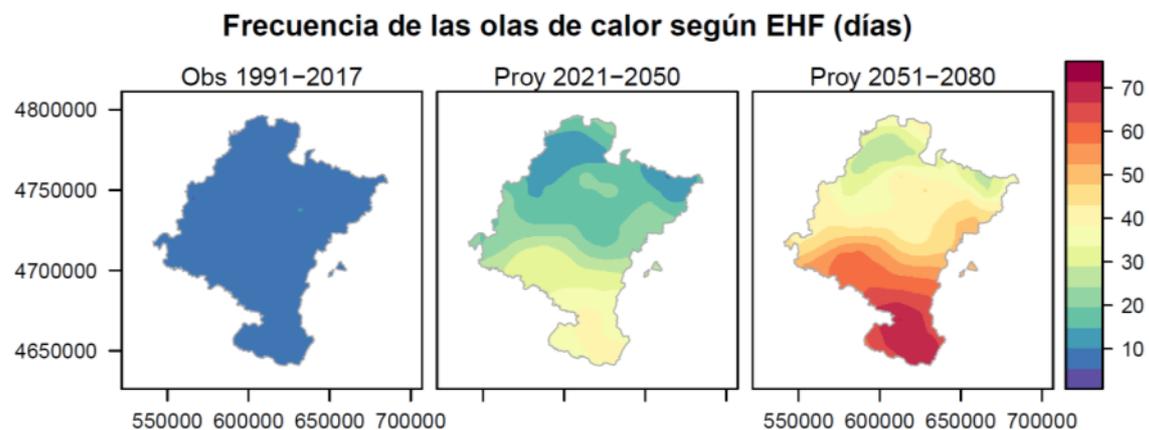
**Porcentaje de días fríos**

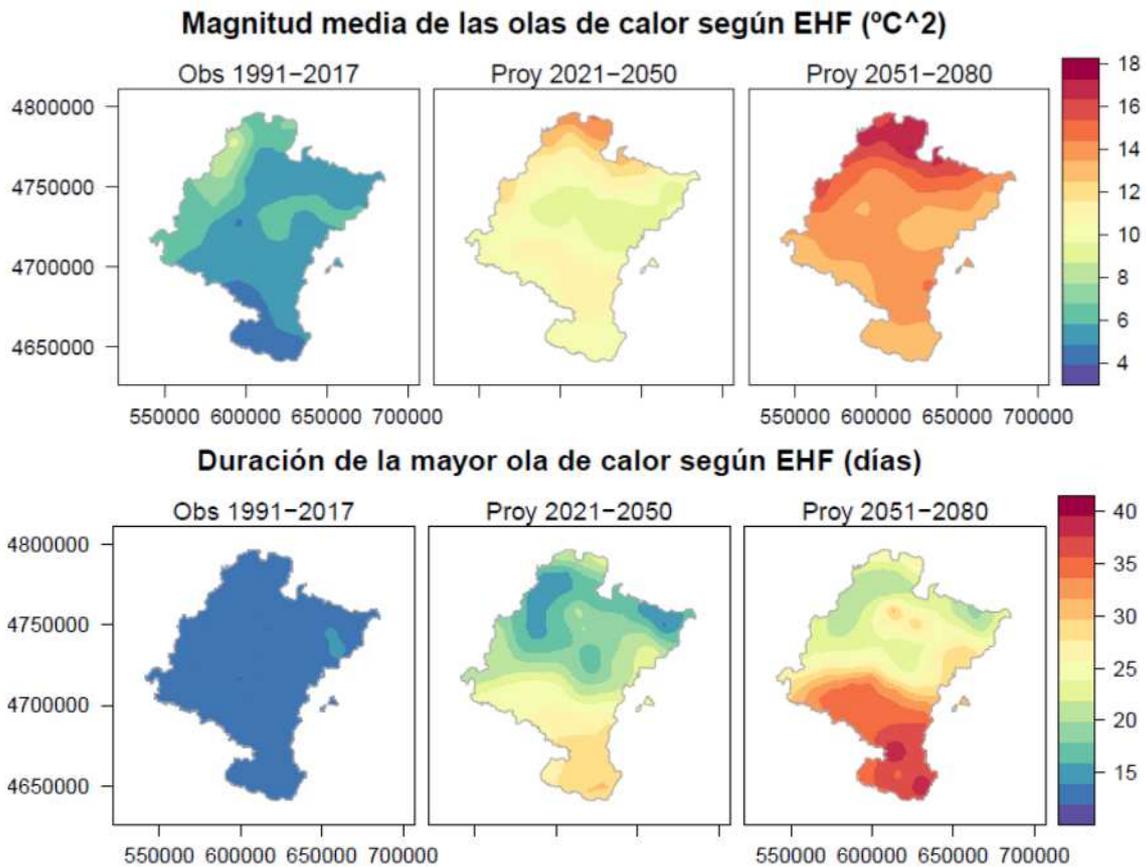




**Ilustración 16.** Indicadores derivados de la temperatura máxima.

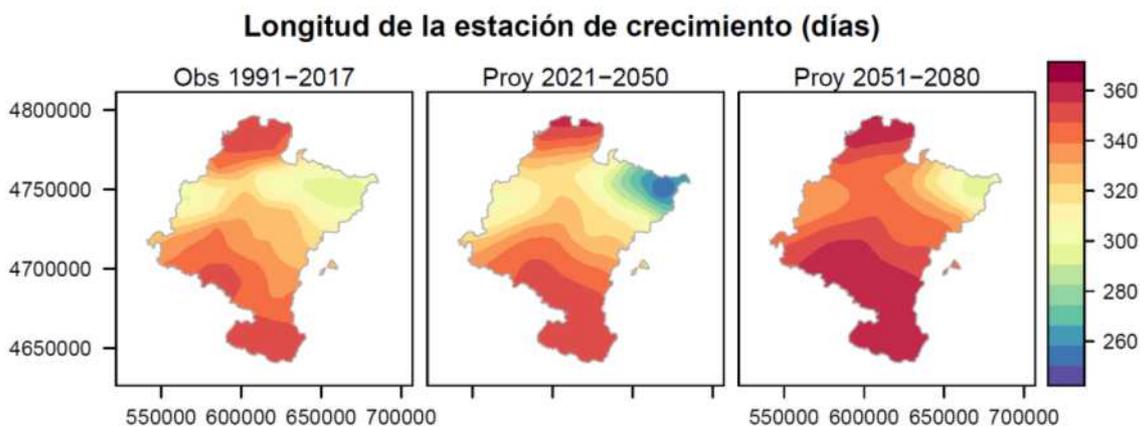
Las olas de calor [calculadas según el Factor de Exceso de Calor EHF, Nairn, J. y Fawcett, R., 2015] reforzaría esa última idea. Aumentaría significativamente tanto la frecuencia de las olas de calor, como su magnitud. La duración de la mayor ola de calor pasaría de 15 días en 1991-2017 a unos 30 y 40 días en los periodos proyectados (Ilustración 17), que golpearían a la comarca de la Ribera.





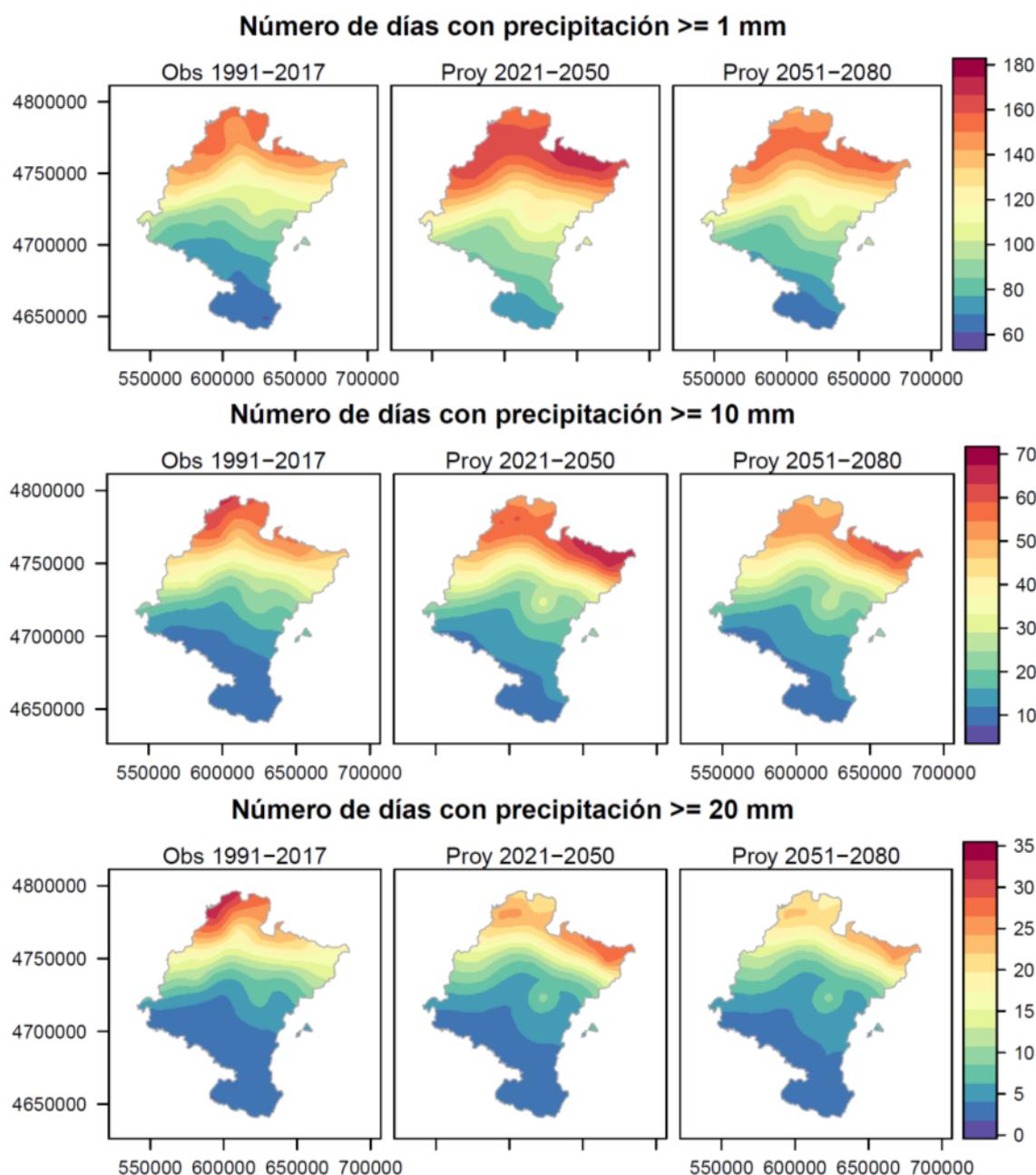
**Ilustración 17.** Indicadores derivados de la temperatura media, olas de calor.

En consonancia con el incremento en las temperaturas medias, el periodo de tiempo en el cual las plantas pueden crecer también aumentaría [Ilustración 18]. Una vez más se hace notar la zona de valores anómalos en Pirineos.



**Ilustración 18.** Indicadores derivados de la temperatura media, estación de crecimiento.

Pasemos ahora al análisis de los indicadores derivados de las precipitaciones. Hay que recordar primero la singular distribución espacial que las proyecciones en rejilla realizan de los acumulados, ubicando la zona más lluviosa en la comarca de Pirineos, con un repunte en la Sierra de Alaiz durante la época cálida. Esto puede considerarse una deficiencia de los modelos, puesto que en los mapas de datos observados los máximos se localizan en las inmediaciones de las comarcas de Larraun-Leitzaldeia y del Bidasoa, con otros máximos secundarios en Pirineos.

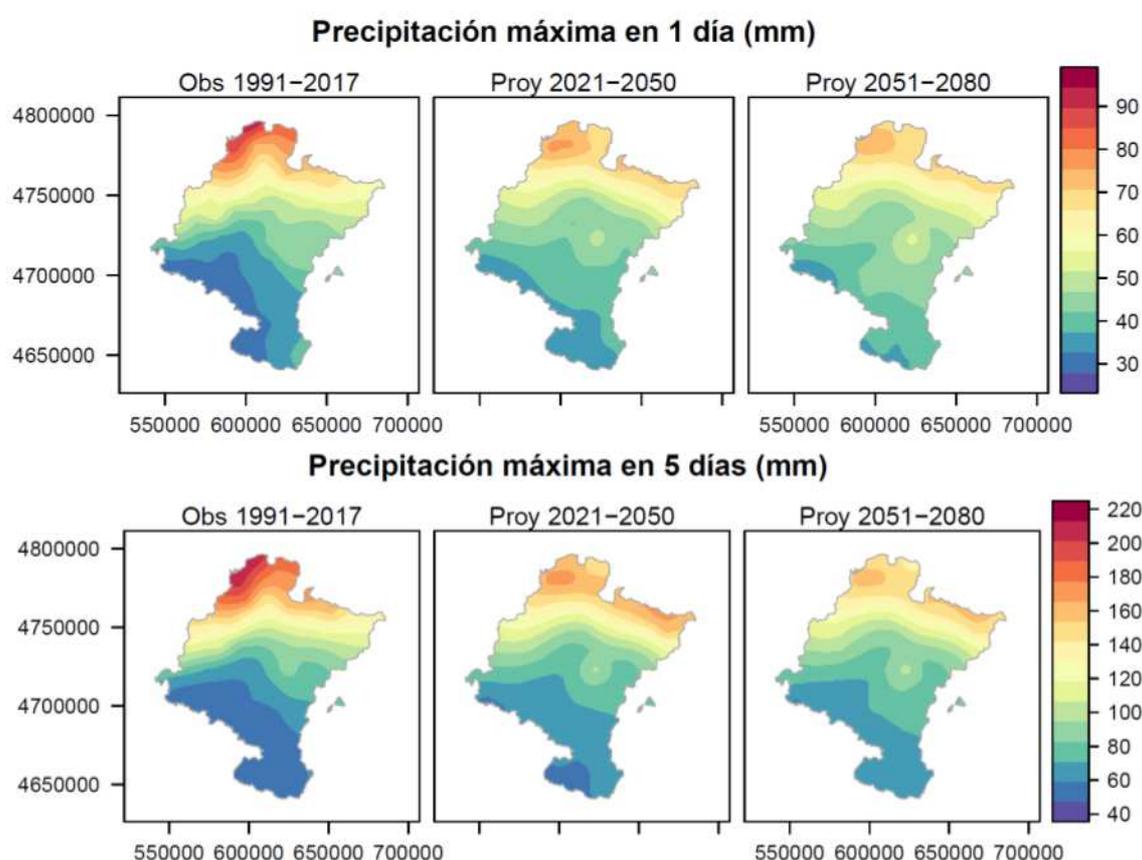


**Ilustración 19.** indicadores derivados de la precipitación, número de días con precipitación.

En cuanto al número de días húmedos, si nos olvidamos de esas zonas problemáticas, las diferencias en el resto del territorio son pequeñas a lo largo del tiempo. De estos mapas se

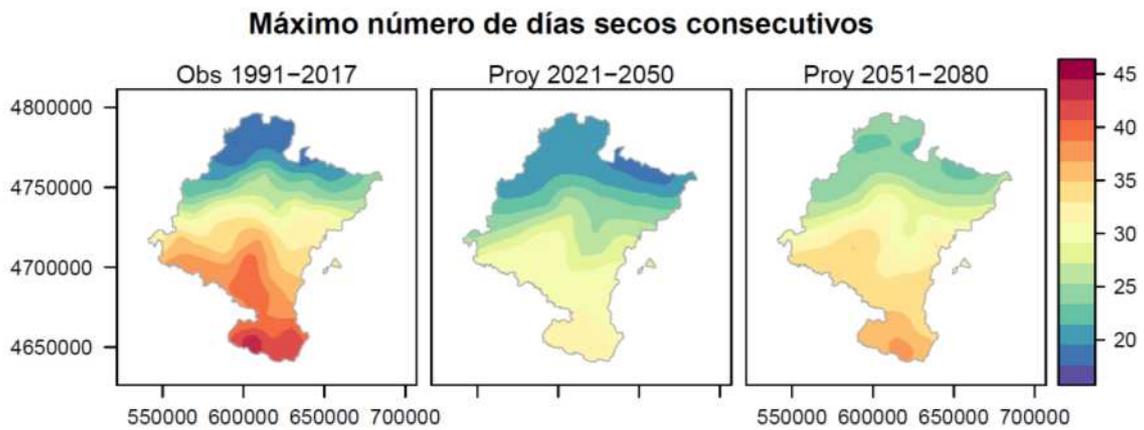
podría deducir que en el futuro los días de precipitación  $\geq 1$  mm aumentan ligeramente, sin embargo, se cree que es un efecto de la sobreestimación de la precipitación, como se puede observar en la Ilustración 34. Lo que sí parece razonable pensar es que descienden a medida que avanza la segunda mitad el siglo XXI. Otro tanto sucedería con el número de días de precipitaciones abundantes ( $\geq 10$  mm). Finalmente, el número de días de precipitaciones intensas ( $\geq 20$  mm) aumentaría en el futuro (Ilustración 19).

Siguiendo con la estrategia de fijarnos en las zonas más confiables y obviar las problemáticas, más evidente sería el aumento de las precipitaciones máximas en un día y en cinco días (Ilustración 20).



**Ilustración 20.** indicadores derivados de la precipitación, máximas en 1 y 5 días.

El indicador de días secos consecutivos apuntaría a un descenso los mismos en el primer periodo proyectado, pero al igual que en el índice del número de días  $\geq 1$  mm, podría deberse a la sobreestimación de la precipitación. En el periodo 2051-2080 sí que se aprecia un ligero aumento.



En definitiva, todo esto parece indicar que en el futuro, sobre todo en la segunda mitad del siglo XXI, cabría esperar episodios de precipitaciones más intensas, seguidos de periodos de sequía algo más largos.

### 3. ESTUDIO CLIMÁTICO (RESÚMENES CLIMÁTICOS POR PERIODOS CLIMÁTICOS) DE UNA SERIE DE ESTACIONES Y MODELOS.

#### 3.1 Normales climáticas

En palabras de la Comisión de Climatología de la Organización Meteorológica Mundial [conocido por sus siglas en inglés, WMO] el uso de las normales climáticas tiene dos finalidades principales. Sirven de referencia para poder comparar las observaciones recientes o presentes y, en particular, para fundamentar muchos conjuntos de datos basados en anomalías. También tienen un uso generalizado, implícito o explícito, para predecir las condiciones que muy probablemente se experimentarán en un lugar dado.

Las prácticas históricas referentes a las normales climáticas se remontan a la primera mitad del siglo XX. La recomendación que generalmente se hacía era tomar como referencia períodos de 30 años. La referencia de un período de 30 años se estableció como norma sobre todo porque la primera vez que se hizo la recomendación sólo se disponía de datos correspondientes a 30 años que pudieran resumirse. En un principio, el objetivo de las normales consistía en permitir comparar las observaciones de todo el mundo. El uso de las normales para la predicción fue cobrando impulso lentamente en el transcurso del siglo XX.

En virtud del Reglamento Técnico [WMO-No. 1203] de la OMM vigente, en reconocimiento de la realidad de un clima cambiante, las normales climatológicas reglamentarias se definen como las medias de los datos climatológicos calculadas para períodos consecutivos de 30 años, que abarcan desde un año que termina en 1 hasta un año que termina 0, actualizadas cada diez años. Es decir, las normales de períodos consecutivos de 30 años incluyen del 1 de enero de 1981 al 31 de diciembre de 2010, del 1 de enero de 1991 al 31 de diciembre de 2020, y así sucesivamente.

También en virtud del Reglamento Técnico de la OMM, en reconocimiento de la necesidad de establecer una base estable para la evaluación a largo plazo del cambio climático y de la variabilidad del clima, se define un período de referencia fijo como el período de 30 años que abarca del 1 de enero de 1961 al 31 de diciembre 1990. Este período de referencia reglamentario debería utilizarse para comparar el cambio climático y la variabilidad del clima en todos los países. Permanecerá fijo para siempre o hasta que exista un motivo científico convincente para cambiarlo.

Siguiendo las recomendaciones de la OMM, en el presente proyecto se han definido cuatro períodos climatológicos normales y otro que podemos entender como de “control”:

- N** 1961-1990. Período de referencia reglamentario.
- N** 1991-2020. [1991-2017, y se irá ajustando hasta 2025, sirviendo de test de seguimiento].
- N** 2021-2050. Ajuste a horizonte estratégico de la Hoja de Ruta HCCN-KLINA.

- N** 2051-2080.
- N** 2006-2017. Periodo de solape de datos observados y proyectados.

En los dos primeros periodos se ha trabajado con datos observados en la red de estaciones de Navarra. En los dos siguientes, con las proyecciones climáticas. Además, se ha añadido un periodo para el que tenemos tanto datos observados como proyectados, que puede darnos una indicación de la confiabilidad de los modelos, aunque hay que tener presente que se trata de datos de diferente naturaleza.

## 3.2 Resúmenes climáticos

### 3.2.1 Fichas climáticas

#### Datos en estaciones

Para cada una de las estaciones seleccionadas y periodos normales se han generado fichas climáticas, que recogen los principales estadísticos mensuales y anuales. Recordemos que la fuente de datos de partida son los modelos climáticos en estaciones [*downscaling* estadístico]. En la medida de lo posible, hemos tratado de ajustarnos a la tabla de valores climatológicos normales de la web <http://meteo.navarra.es/climatologia/mapadeestacionesfichas.cfm>. (ver anexo 4).

Sirva como muestra la ficha de Pamplona para el periodo 1991-2017:

**Tabla 3-1** Ficha de Pamplona para el periodo 1991-2017.

| Parámetro | ene  | feb  | Mar  | abr  | may  | jun  | jul  | ago  | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| P         | 84.1 | 74.3 | 76.4 | 78   | 64.3 | 57.4 | 34.2 | 31.2 | 54.1 | 75.7 | 97.8 | 82.1 | 809.6 |
| Px24      | 62.8 | 48.7 | 51.5 | 42.4 | 53.3 | 59.2 | 54.8 | 41   | 67.6 | 62.1 | 63   | 74   | 74    |
| dr        | 9.9  | 9.1  | 8.6  | 10.1 | 9.3  | 6.2  | 3.8  | 4.3  | 6.3  | 9    | 10.6 | 10.4 | 97.8  |
| dn        | 0.1  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.1   |
| AbsTx     | 17.8 | 21.9 | 25.7 | 29.6 | 33.4 | 38.4 | 40.4 | 40.6 | 35.4 | 30   | 23.9 | 18.1 | 40.6  |
| Tx        | 9.3  | 10.7 | 14.6 | 16.7 | 20.9 | 25.1 | 27.8 | 28.4 | 23.9 | 18.9 | 12.8 | 9.6  | 18.2  |
| Tm        | 5.9  | 6.7  | 9.9  | 11.9 | 15.6 | 19.4 | 21.7 | 22.2 | 18.5 | 14.5 | 9.4  | 6.3  | 13.5  |
| Tn        | 2.6  | 2.6  | 5.1  | 7    | 10.3 | 13.7 | 15.7 | 16   | 13.1 | 10.1 | 5.9  | 3    | 8.8   |
| AbsTn     | -6.5 | -7.1 | -8.5 | -0.4 | 0.9  | 5.5  | 8.8  | 7.8  | 3.9  | -0.3 | -4.8 | -9.5 | -9.5  |
| dh        | 7.2  | 5.9  | 1.4  | 0.1  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.1  | 1.1  | 6.5  | 22.3  |
| AbsTnm    | -3   | -2.7 | -0.5 | 1.7  | 4.5  | 8.7  | 10.8 | 10.9 | 7.5  | 3.3  | -0.5 | -2.9 | 3.2   |

En la primera columna aparece la abreviatura del parámetro, que se corresponde con estos parámetros:

**Tabla 3-2** Parametros y sus abreviaturas.

| Abreviatura | Parámetro                                   |
|-------------|---|
| P           | Precipitación media [mm]                    |
| Px24        | Precipitación máxima 24 horas [mm]          |
| Dr          | Días de lluvia                              |
| Dn          | Días de nieve                               |
| AbsTx       | Temperatura máxima absoluta [°C]            |
| Tx          | Temperatura media de máximas [°C]           |
| Tm          | Temperatura media [°C]                      |
| Tn          | Temperatura media de mínimas [°C]           |
| AbsTn       | Temperatura mínima absoluta [°C]            |
| Dh          | Días de helada                              |
| AbsTnm      | Temperatura media de mínimas absolutas [°C] |

Hay que tener en cuenta los siguientes matices:

- N** Se han contabilizado los días de lluvia cuando la precipitación diaria es igual o superior a 1 mm.
- N** Al no disponer de los datos de días de nieve se han derivado según la condición: TMAX < 0°C y Precip > 0 mm. La pega es que calculados así se contabilizan menos días de los reales.
- N** Tampoco contamos con los días de granizo, por lo que no aparece.

A partir de las fichas climáticas se han elaborado gráficos climatológicos y el balance hídrico, que complementará los resultados de los índices anteriores, facilitando la interpretación de los climas de Navarra y el análisis de su evolución a lo largo del tiempo pasado, presente y futuro.

### Datos en rejilla

Otro tanto se ha hecho con los datos de proyecciones en rejilla, para cada uno de los puntos de la misma.

**Tabla 3-3:** Ficha climática del punto 39 de rejilla [≈ Pamplona] para el periodo 2021-2050.

| Parámetro | ene   | feb  | mar  | abr  | May  | jun  | jul  | ago  | sep  | oct  | nov   | dic   | año   |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| P         | 107.3 | 95.1 | 95.7 | 87   | 84.3 | 45.2 | 19.6 | 23.9 | 47.5 | 77.7 | 108.7 | 105.6 | 897.5 |
| Px24      | 52.6  | 43.3 | 43.8 | 45.2 | 67.1 | 49.9 | 40.3 | 41.3 | 53.7 | 62   | 57.5  | 52.4  | 85.5  |
| dr        | 14.7  | 13.5 | 14.4 | 13.4 | 11.6 | 6.8  | 3.8  | 4    | 6.4  | 10.2 | 14    | 14.2  | 127   |
| dn        | 0.3   | 0.2  | 0.1  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0.3   | 1     |
| AbsTx     | 15.6  | 18.4 | 24.4 | 28   | 32.4 | 37.9 | 41.2 | 39.8 | 36.8 | 30.2 | 23.2  | 17.4  | 41.2  |
| Tx        | 7.7   | 8.8  | 11   | 13.9 | 17   | 22.5 | 26.4 | 27.1 | 23.9 | 17.7 | 11.7  | 8.3   | 16.3  |
| Tm        | 4.7   | 5.4  | 7    | 9.3  | 12.3 | 17.2 | 20.4 | 20.9 | 18.3 | 13.2 | 8.3   | 5.4   | 11.8  |
| Tn        | 1.7   | 1.9  | 2.9  | 4.8  | 7.5  | 11.8 | 14.3 | 14.7 | 12.8 | 8.7  | 4.9   | 2.5   | 7.4   |

|               |      |      |      |      |     |     |     |     |     |      |      |      |       |
|---------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|
| <b>AbsTn</b>  | -9.2 | -9.3 | -6.6 | -2.9 | 0.1 | 3.5 | 6.7 | 6.6 | 3.7 | -0.8 | -4   | -8.5 | -11.1 |
| <b>dh</b>     | 7.7  | 6.5  | 4.1  | 1.2  | 0.1 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0.1  | 1.4  | 5.7  | 26.7  |
| <b>AbsTnm</b> | -3   | -2.5 | -1.5 | 0.2  | 2.5 | 6.5 | 9.8 | 9.9 | 7.2 | 2.9  | -0.1 | -2.4 | 2.5   |

Tabla 3-4: Ficha climática del punto 39 de rejilla [≈ Pamplona] para el periodo 2051-2080.

| Parámetro     | ene  | feb  | mar  | abr  | May  | jun  | jul  | ago  | sep  | oct  | nov   | dic  | año   |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| <b>P</b>      | 106  | 91.2 | 94.5 | 76.6 | 64.9 | 42.4 | 14.2 | 20.4 | 47.2 | 74.8 | 100.5 | 96   | 828.8 |
| <b>Px24</b>   | 43.4 | 63.9 | 48.9 | 51.5 | 65.6 | 56.7 | 32.8 | 53.9 | 63.4 | 67.4 | 59.9  | 49.4 | 97.3  |
| <b>dr</b>     | 14.1 | 13   | 13.7 | 12.1 | 9.2  | 5.9  | 2.6  | 3.4  | 6.2  | 9.9  | 12.8  | 12.9 | 115.8 |
| <b>dn</b>     | 0.2  | 0.1  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0.1  | 0.5   |
| <b>AbsTx</b>  | 17.4 | 19.9 | 25.8 | 31.2 | 34.4 | 41   | 44   | 44   | 39.6 | 31.6 | 26    | 18.1 | 44.6  |
| <b>Tx</b>     | 8.8  | 10   | 12.2 | 15.1 | 19   | 24.8 | 28.4 | 29.4 | 26.2 | 19.2 | 13.2  | 9.7  | 18    |
| <b>Tm</b>     | 5.8  | 6.4  | 8    | 10.5 | 13.9 | 19   | 22.1 | 23.1 | 20.6 | 14.8 | 9.8   | 6.7  | 13.4  |
| <b>Tn</b>     | 2.7  | 2.9  | 3.9  | 5.8  | 8.9  | 13.3 | 15.9 | 16.7 | 15   | 10.4 | 6.3   | 3.6  | 8.8   |
| <b>AbsTn</b>  | -8   | -7.1 | -4.6 | -1.4 | 0.4  | 4.6  | 8.3  | 8.2  | 5    | 0.9  | -2.9  | -4.9 | -9.1  |
| <b>dh</b>     | 4.9  | 4.2  | 2.2  | 0.3  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.7   | 3.1  | 15.5  |
| <b>AbsTnm</b> | -2   | -1.5 | -0.7 | 1    | 3.6  | 8    | 11.4 | 12   | 9.2  | 4.6  | 0.6   | -1   | 3.8   |

A partir de las fichas climáticas se han elaborado gráficos climatológicos y el balance hídrico, que complementará los resultados de los índices anteriores, facilitando la interpretación de los climas de Navarra y el análisis de su evolución a lo largo del tiempo pasado, presente y futuro. Aquí se han incluido las correspondientes a las estaciones de Arizkun, Pamplona y Buñuel, representativas de tres ámbitos climáticos bien contrastados.

### 3.2.2 Diagramas bioclimáticos

En los diagramas ombrotérmicos de Gaussen y Bagnouls se usan dos escalas, una para la temperatura y otra para la precipitación, de manera que a x grados de temperatura le corresponden 2x milímetros de lluvia. La escala de precipitaciones se divide por 10 a partir de 100 mm para evitar que los diagramas desborden por arriba [Gaussen y Bagnouls, 1952].

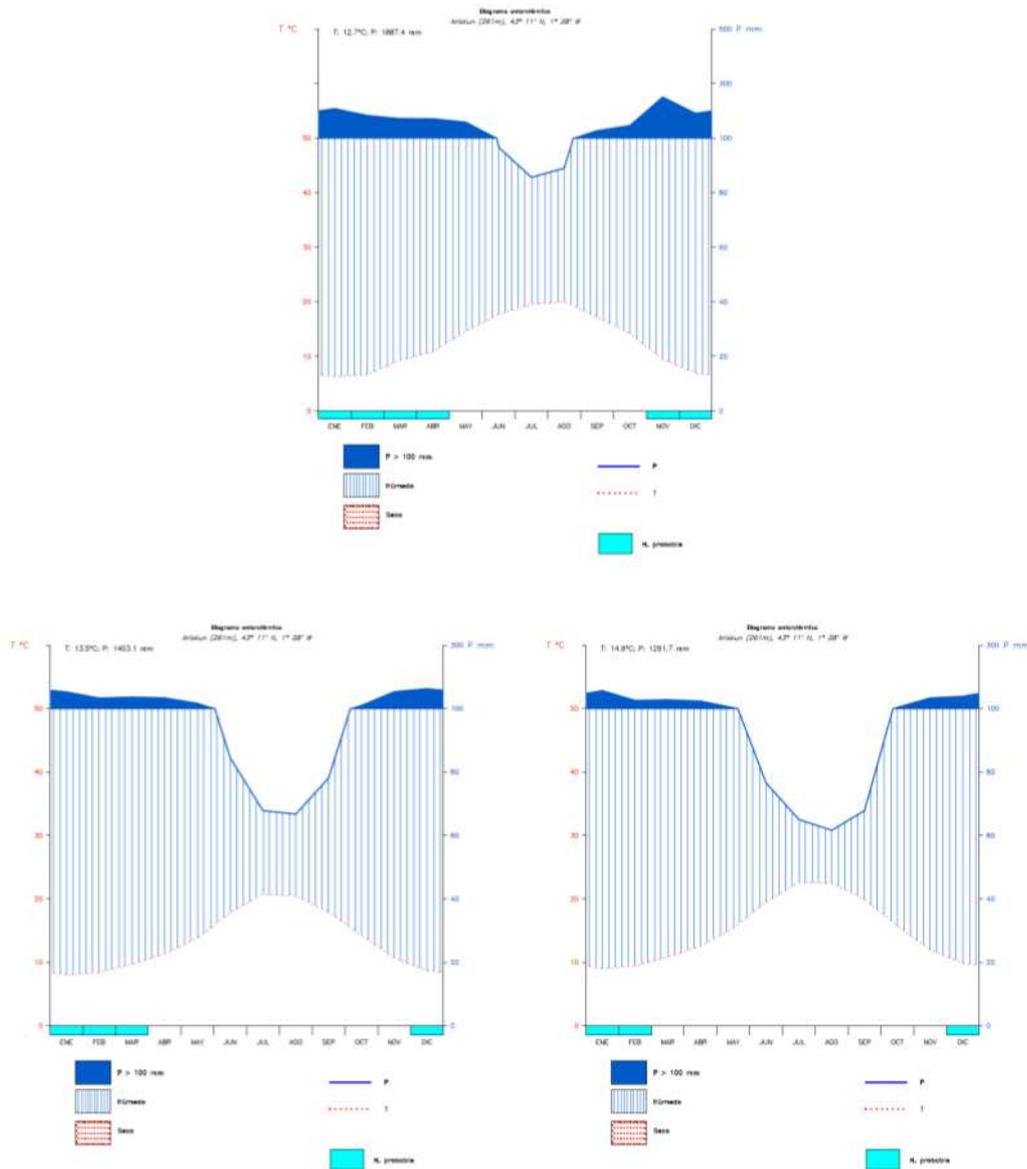
Un mes se considera seco si la precipitación [mm] es inferior a dos veces la temperatura [°C] y húmedo en caso contrario. Esto se ha resaltado en los gráficos con diferente trama y color. Además, se han complementado con referencias a las heladas probables y seguras.

Las heladas se representan en una barra debajo de la línea horizontal que hay sobre las etiquetas de los meses. Se trata de una aproximación cuando se dispone de los datos de media de las mínimas [tmi] y media de las mínimas absolutas [tmia]:

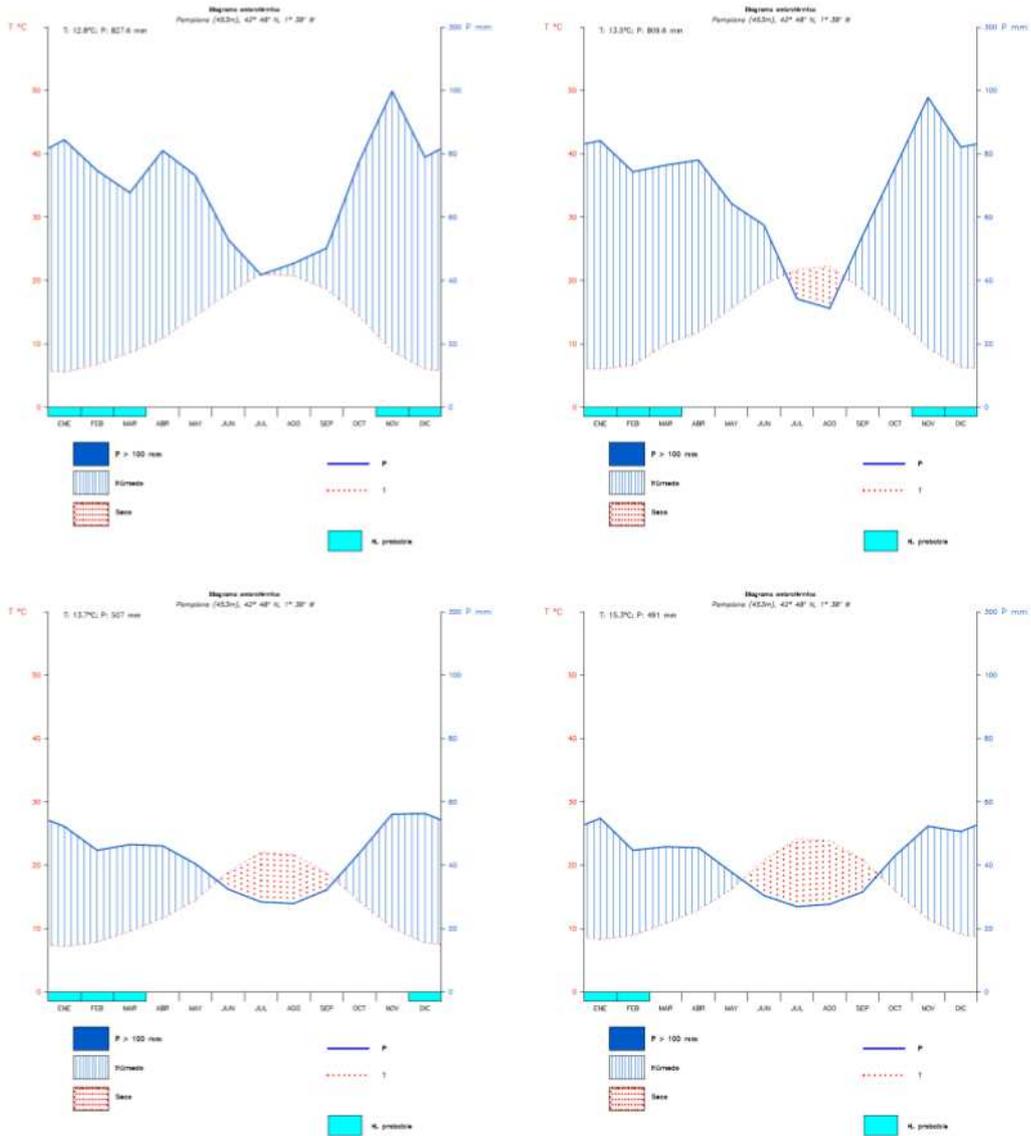
-  Si  $tmia > 0$  y  $tmi > 0$ : No hay heladas en ese mes.
-  Si  $tmia < 0$  y  $tmi > 0$ : Hay heladas probables en ese mes.
-  Si  $tmia < 0$  y  $tmi < 0$ : Hay heladas seguras en ese mes.

**Datos en estaciones**

A continuación se muestran los diagramas ombrotérmicos en estaciones significativas de Navarra: Arizkun, Pamplona y Buñuel.

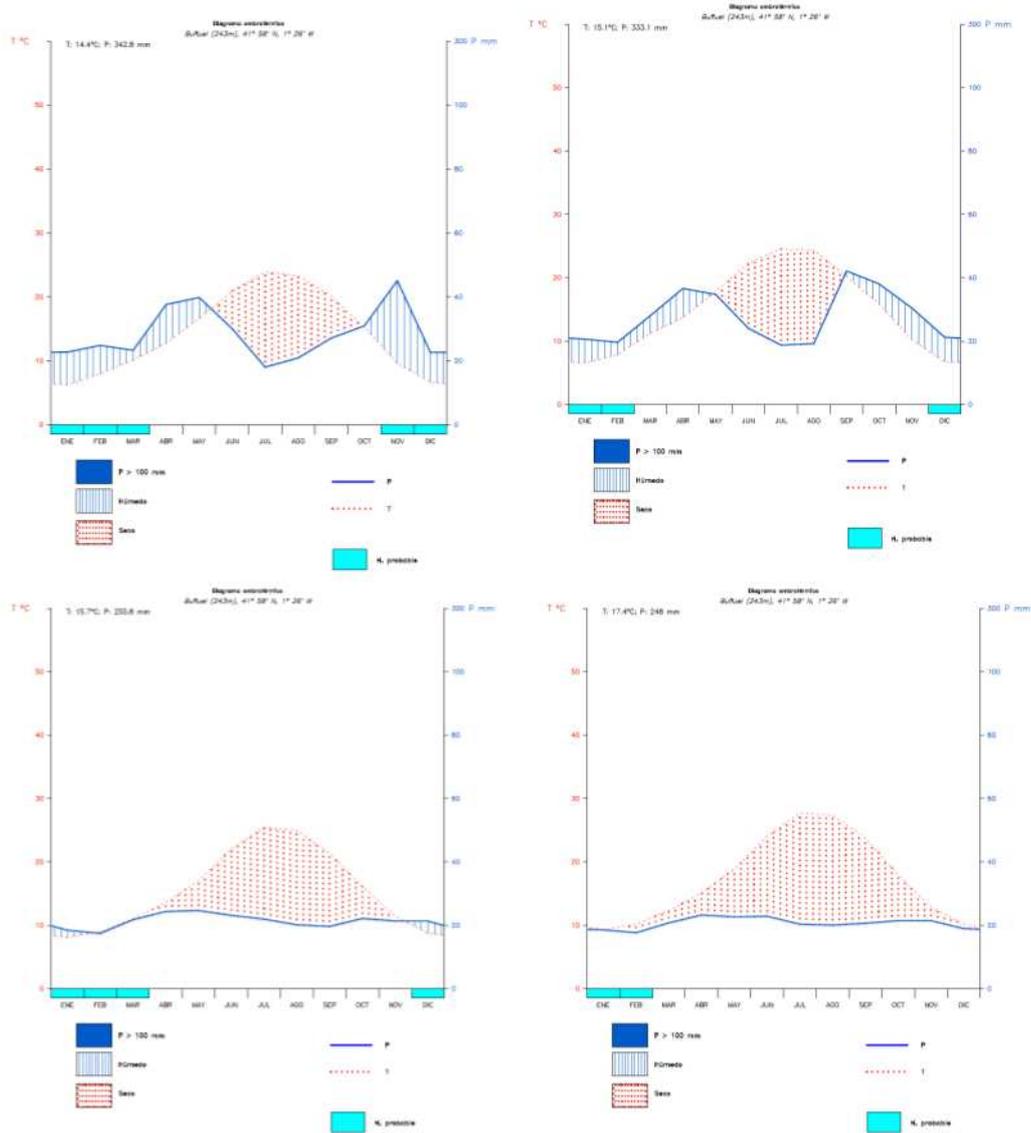


**Ilustración 22.** Diagramas ombrotérmicos de Arizkun para los periodos normales: 1991-2017 (arriba), 2021-2050 (abajo izq.) y 2051-2080 (abajo dcha.).



**Ilustración 23.** Diagramas ombrotérmicos de Pamplona para los periodos normales: 1961-1990 [arriba izq.], 1991-2017 [arriba drcha.], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].





**Ilustración 24.** Diagramas ombrotérmicos de Buñuel para los periodos normales: 1961-1990 [arriba izq.], 1991-2017 [arriba dcha.], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].





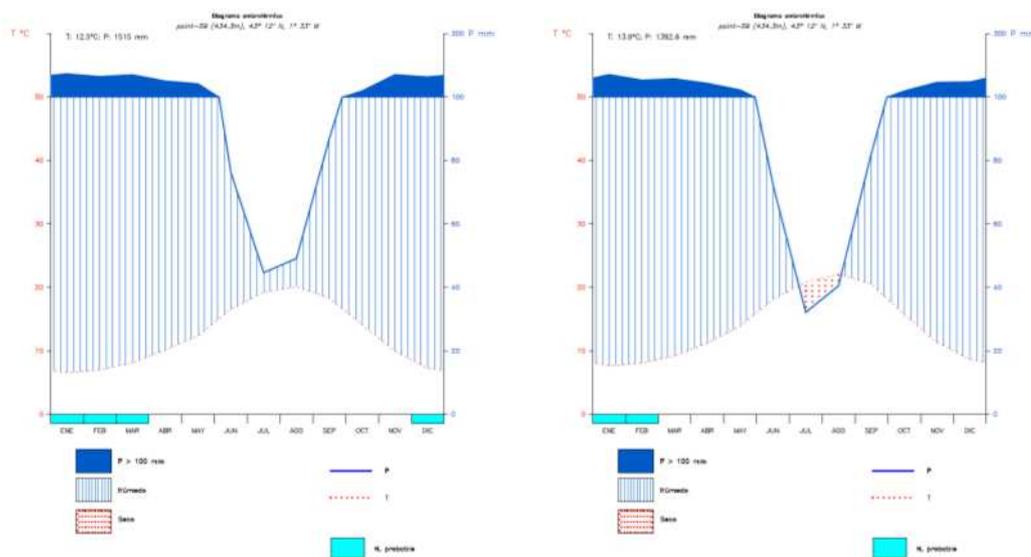
En el norte de Navarra los datos proyectados para Arizkun no muestran meses secos, tal y como se entienden en los diagramas ombrotérmicos. Hacia el sur, en la comarca del Arga la estación de Pamplona amplía el periodo de sequía, de los actuales meses de julio y agosto pasa a estar delimitado de junio a septiembre. Ya en la Ribera, la estación de Buñuel agudiza significativamente el periodo de sequía, con un alcance en el futuro más lejano prácticamente anual.

Si atendemos al contraste del periodo de solape 2006-2017, estos resultados habría que tomarlos con cautela puesto que, como vimos en el apartado 2.1, las proyecciones puntuales de los modelos del tipo SDSM subestiman considerablemente la precipitación.

De igual modo, el periodo de heladas probables también se modifica. El mes de noviembre es el primero en verse afectado, al alargarse la época cálida del año. Las heladas probables de diciembre todavía están presentes en el periodo 2021-2050, pero para el siguiente periodo parecen quedarse relegadas a los meses estrictamente invernales, de enero y febrero.

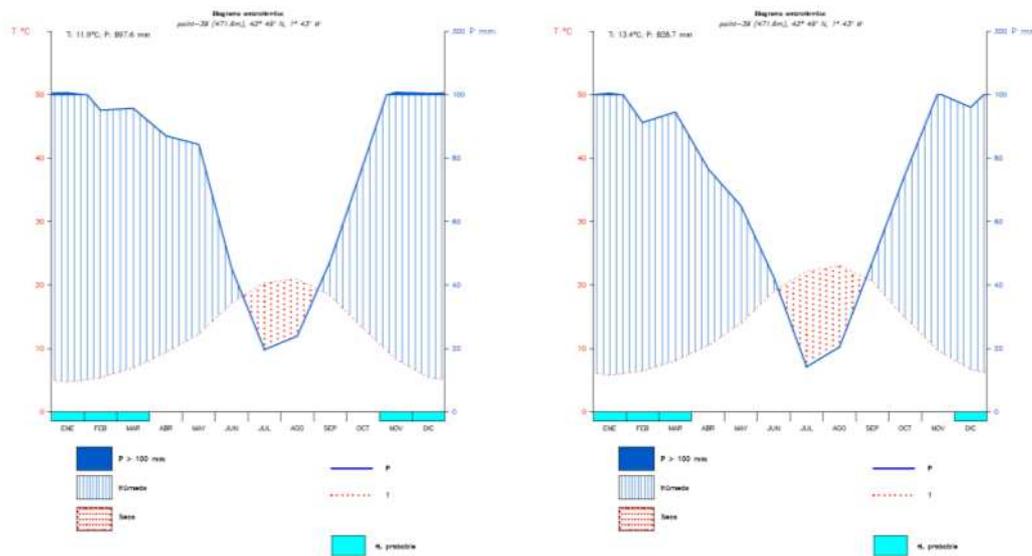
### Datos en rejilla

De igual manera, se presentan a continuación los diagramas ombrotérmicos elaborados a partir de datos proyectados en rejilla, en puntos cercanos a las estaciones del apartado anterior, y que podemos considerar congruentes con ellas.

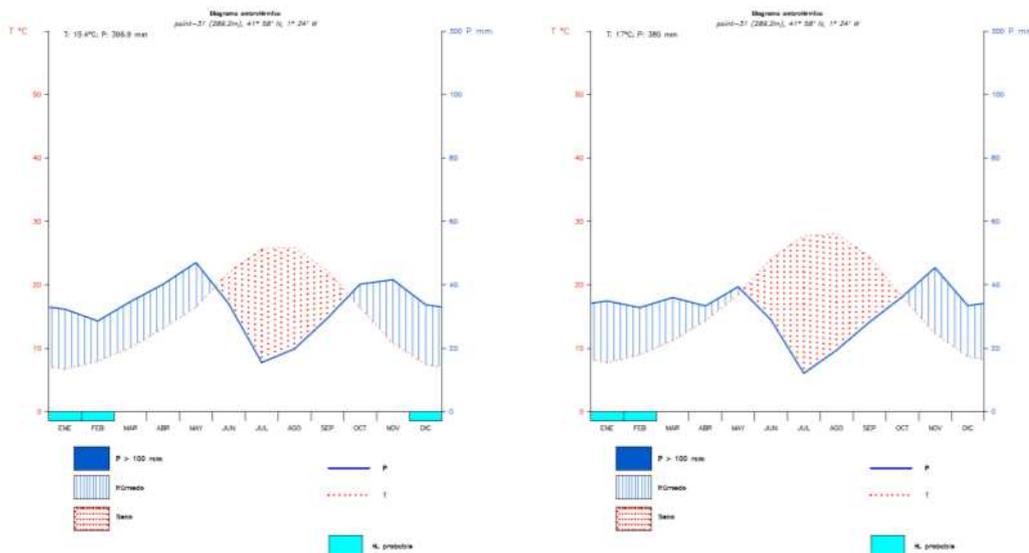


**Ilustración 25.** diagramas ombrotérmicos del punto 59 de rejilla [≈ Arizkun] para los periodos 2021-2050 [izq.] y 2051-2080 [dcha.].





**Ilustración 26.** Diagramas ombrotérmicos del punto 39 de rejilla [≈ Pamplona] para los periodos 2021-2050 [izq.] y 2051-2080 [dcha.].



**Ilustración 27.** Diagramas ombrotérmicos del punto 31 de rejilla [≈ Buñuel] para los periodos 2021-2050 [izq.] y 2051-2080 [dcha.].

En los diagramas ombrotérmicos del punto 59 de rejilla, congruente con la estación de Arizkun, hay cambios estacionales significativos en las precipitaciones. Se reducen considerablemente en verano, de manera que la distribución deja de ser regular y comienza a aparecer ya sequía estival en el periodo 2051-2080. Además, las heladas probables desaparecen en diciembre en este periodo.

En el caso del punto 39 de rejilla, asimilable a la estación de Pamplona, es clara la sobreestimación de la precipitación en la época húmeda. Como ocurre con Arizkun, la distribución deja de ser regular, profundizándose la sequía estival en los meses de julio y agosto. Sin embargo, el periodo de heladas permanece sin cambios, excepto en el periodo 2051-2080, que desaparecen en noviembre.

En la Ribera, el punto 31 de rejilla, muy próximo a Buñuel, también refleja con claridad que los modelos introducen más precipitación. En consecuencia, no hay grandes cambios en los periodos proyectados. El periodo de sequía se estiraría un mes más, hasta septiembre. Las heladas probables permanecerían sin cambios, menos en diciembre en el periodo 2051-2080, que desaparecerían.

### 3.2.3 Balances hídricos

A partir de los datos de precipitaciones medias mensuales y de la evapotranspiración mensual estimada podemos calcular el balance del agua en el suelo a lo largo del año. El conocimiento de dicho balance hídrico es necesario para definir la falta y los excesos de agua. Son muy utilizados en edafología y en planificación hidráulica, y de aplicación también para las clasificaciones climáticas.

En este apartado abordaremos el método de estimación del balance hídrico directo. El más empleado es el de Thornthwaite, por su simplicidad y posibilidades de estimación para cualquier lugar del mundo. En el método directo el agua del suelo se va perdiendo mes a mes hasta agotar la reserva para poder cubrir las necesidades de agua [evapotranspiración]. Existe otro método, el método exponencial, en el que la reserva de humedad del suelo se va agotando exponencialmente, la pérdida de agua durante el período seco se ajusta a una exponencial negativa de manera que cuanto más seco está el suelo más difícil es extraer el agua y, por tanto, más difícil es llegar a la evapotranspiración.

El balance hídrico no considera la variabilidad interanual del clima, específicamente de la precipitación, por lo que la ocurrencia de extremos [muy húmedos o muy secos], así como la variación la magnitud de los mismos no serían identificados por este tipo de balance ya que los balances se calculan a partir de las normales climatológicas.

A partir de los datos de partida antes mencionados, el balance hídrico consiste en definir mes a mes los siguientes parámetros [mm]:

- N** P: precipitación media mensual.
- N** ETP: evapotranspiración potencial o de referencia.
- N** P-ETP [precipitación útil]: diferencia entre la P y la ETp.
- N** R: reserva.
- N** VR: variación de reserva.
- N** ETR: evapotranspiración real.

**N** SP: Superávit.

**N** D: Déficit.

A continuación analizaremos los diferentes parámetros.

**N** P-ETP

Es el balance mensual de entradas y salidas potenciales de agua del suelo. La diferencia nos clasifica los meses en secos ( $P-ETP < 0$ ) y en húmedos ( $P-ETP > 0$ ) según las entradas superen o no a las salidas potenciales.

**N** R, reserva del suelo

Cuando en un mes se produzcan más entradas que salidas ( $P > ETP$ ) el agua sobrante pasará a engrosar la reserva del suelo; por el contrario, cuando las salidas sean mayores que las entradas se reducirá la reserva del suelo.

Sin embargo, el suelo tiene una capacidad de retención de humedad en función de sus características físicas y cuando se alcance la capacidad de retención máxima del suelo, el agua añadida "en exceso" escurrirá superficialmente o en profundidad. Por tanto, debemos exponer el concepto de reserva máxima o cantidad de agua por unidad de superficie (mm) que el suelo es capaz de almacenar en su perfil. Hay diferentes valores estándar que se toman como referencia climática para comparaciones entre distintas zonas (independientemente del suelo y vegetación). Thornthwaite y Mather, 1955, dieron valores de reserva máxima entre 50 y 400. En el presente proyecto se ha tomado como referencia climática una reserva máxima de 200 mm.

En el balance hídrico la reserva del mes se calcula agregando los incrementos ( $P-ETP$ ) cuando estos son positivos. Los valores de la reserva se irán acumulando mes a mes en el período húmedo, según los incrementos  $P-ETP > 0$ , y disminuirán al llegar el período seco, decreciendo mes a mes según los valores mensuales  $P-ETP < 0$ . La reserva nunca tendrá como valor uno mayor que la reserva máxima, ni un número negativo.

Necesitamos la reserva del mes anterior para comenzar el cálculo de la reserva, por ello, asignamos un valor hipotético a un mes y realizamos ciclos anuales de cálculo (aunque el cuadro del balance hídrico tenga un mes inicial y otro final) hasta que la hipótesis de que partimos se confirme al final del ciclo.

**N** VR, variación de la reserva.

Es la diferencia entre la reserva del mes en el que estamos realizando el cálculo y la reserva del mes anterior.

**N** ETR, evapotranspiración real.

Aunque según el clima habrá una capacidad potencial de evapotranspiración, sólo habrá evaporación y transpiración de tal cantidad si hay agua disponible. La evapotranspiración real es el volumen de agua que realmente se evapotranspira en el mes dependiendo de que haya suficiente agua disponible para evaporar y así llegar a la evapotranspiración potencial o de referencia o no. El agua disponible para evaporar será la que cae como precipitación en el mes considerado y la existente en la reserva del suelo.

**N** SP, superávit de agua.

Es el agua que excede de la reserva máxima y que se habrá perdido por escorrentía superficial o profunda.

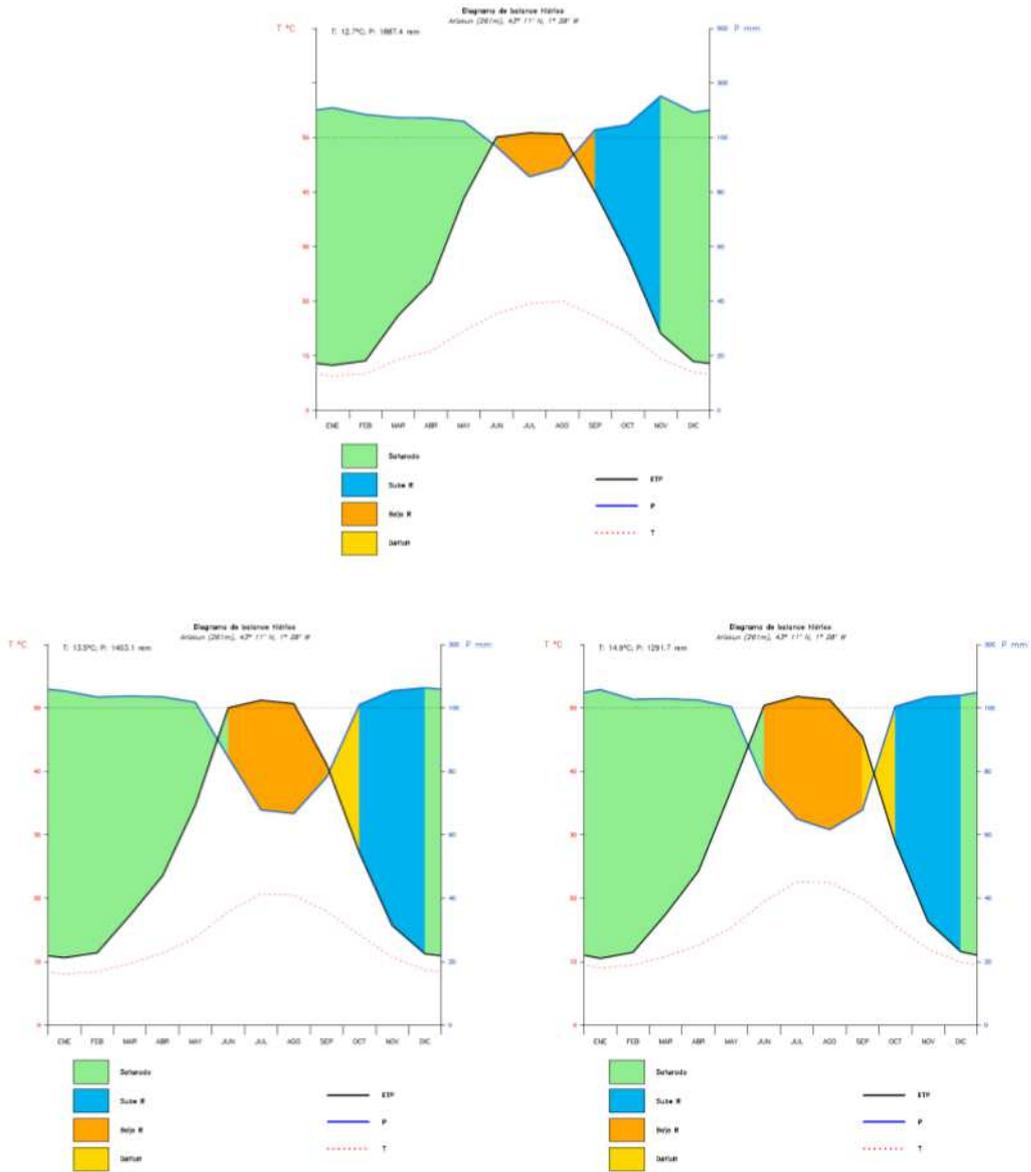
**N** D, déficit de agua.

Es el volumen de agua que falta para cubrir las necesidades potenciales de agua [para evaporar y transpirar].

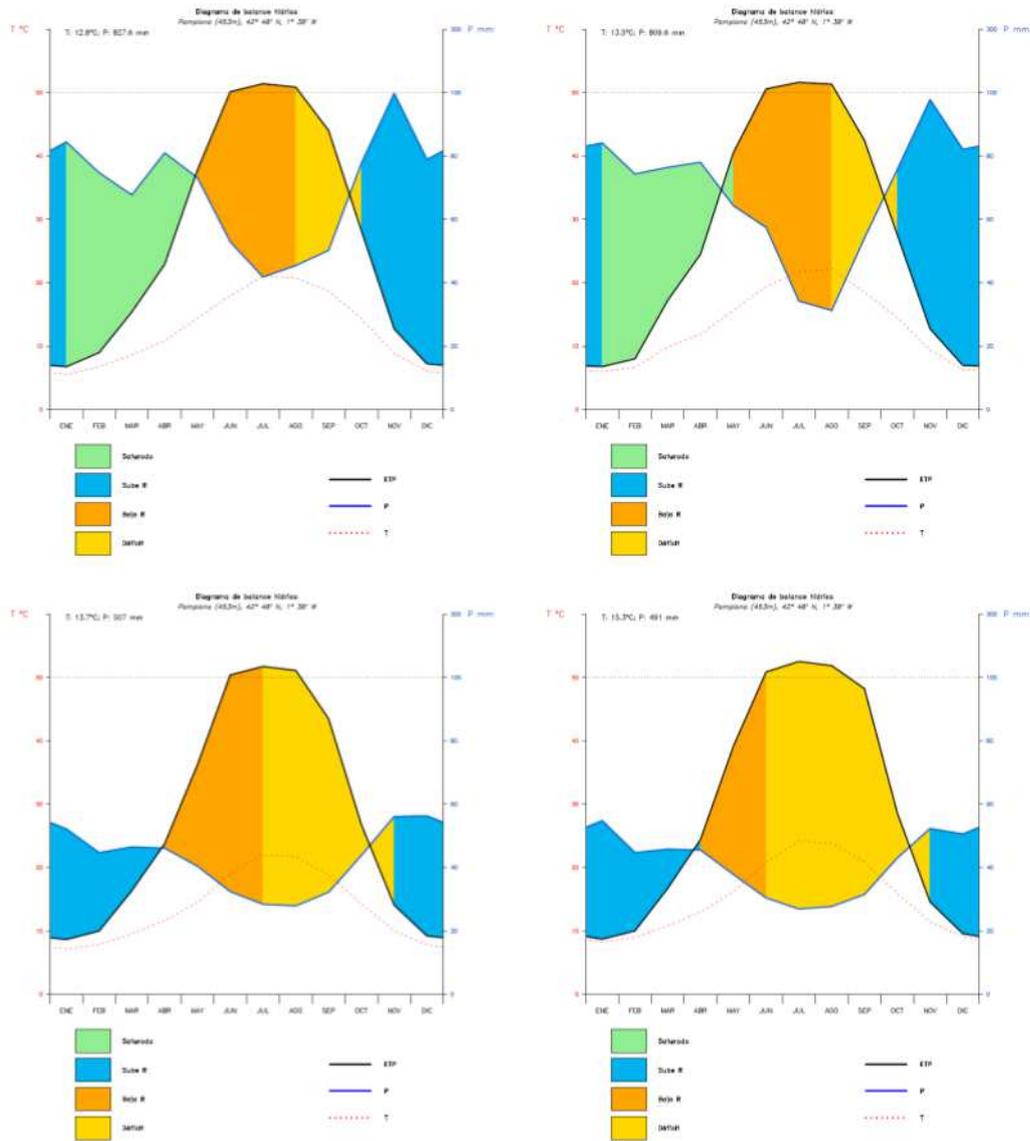
Los resultados del balance hídrico pueden mostrarse de forma gráfica. Se toma para ello como base los ejes de los diagramas ombrotérmicos. Con líneas se representa la evolución mensual de la precipitación, temperatura y la ETP. Con tramas de color se identifica si sube o baja la reserva del suelo, así como los periodos de superávit y de déficit.

### Datos en estaciones

A continuación mostramos la representación gráfica del balance hídrico en estaciones significativas de Navarra: Arizkun, Pamplona y Buñuel [Ilustración 28-30].

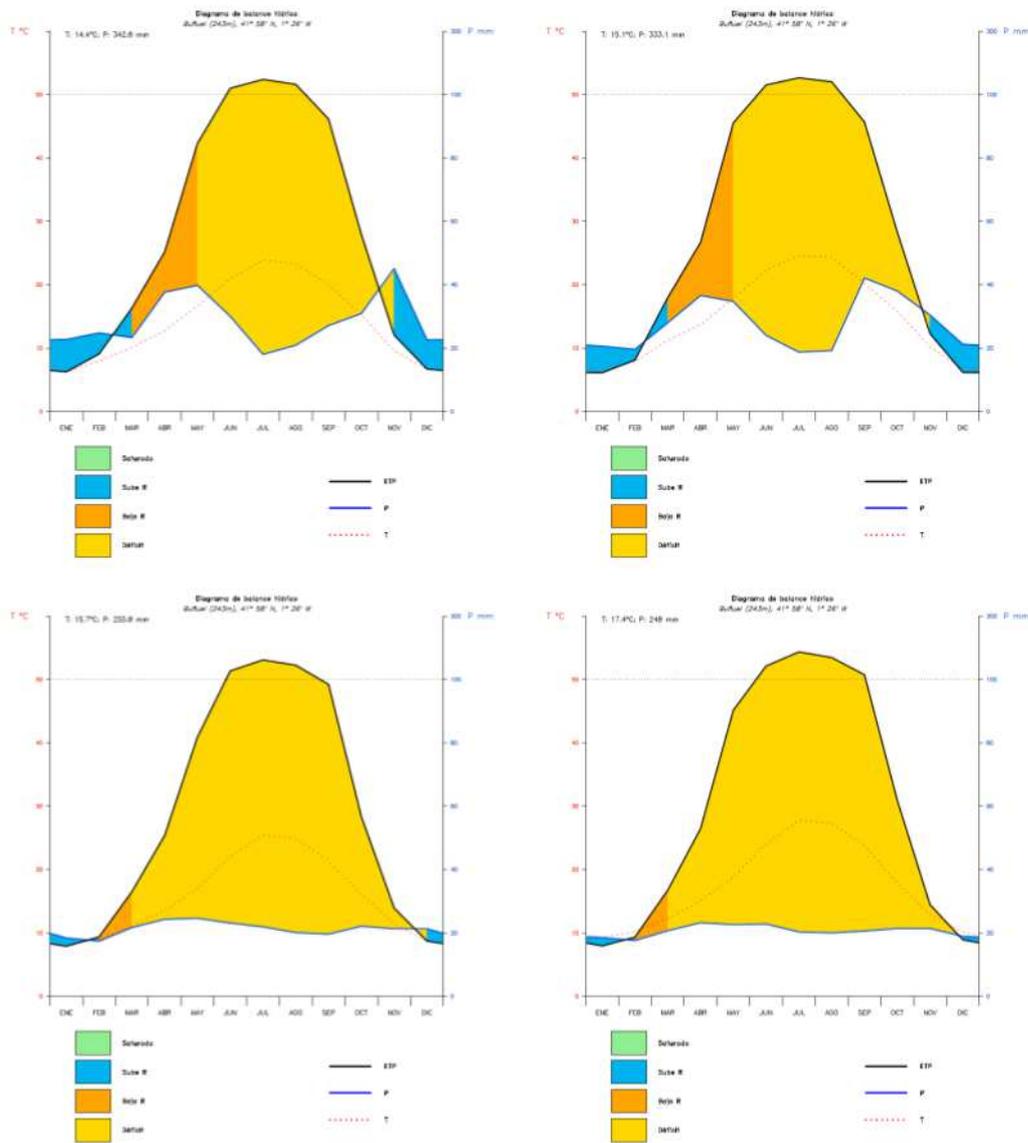


**Ilustración 28.** Diagramas de balance hídrico de Arizkun para los periodos normales: 1991-2017 [arriba], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].



**Ilustración 29.** Diagramas de balance hídrico de Pamplona para los periodos normales: 1961-1990 [arriba izq.], 1991-2017 [arriba dcha.], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].





**Ilustración 30.** Diagramas de balance hídrico de Buñuel para los periodos normales: 1961-1990 [arriba izq.], 1991-2017 [arriba dcha.], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].

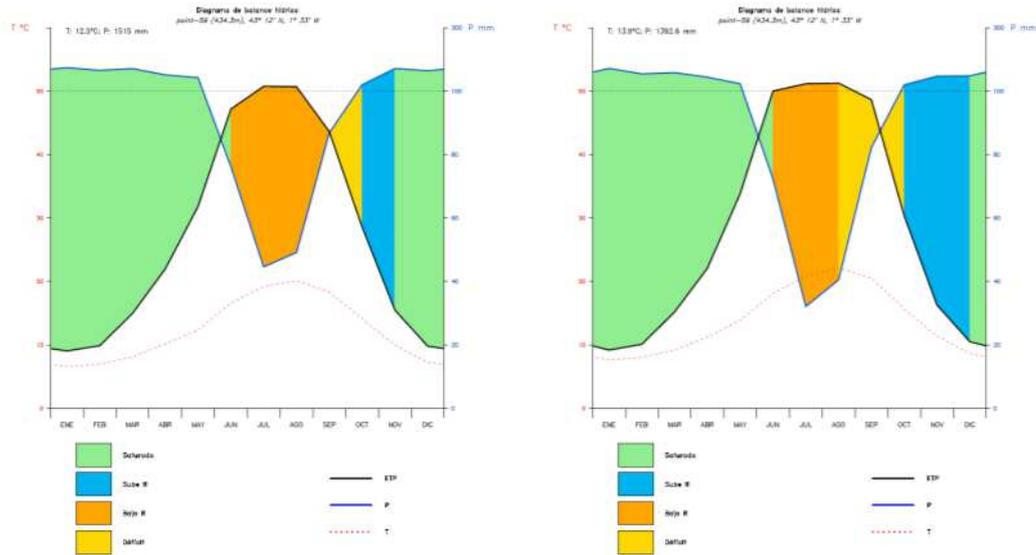
Los gráficos hablan por sí mismos y dejan ver claramente cómo se prolonga el periodo de déficit de agua [Pamplona, Buñuel] o comienza a aparecer en lugares donde hasta la fecha no se llegaban a dar [Arizkun].

De nuevo, hay que cuestionar la confiabilidad de estos resultados, debido a la infravaloración introducida por los modelos de SDSM.

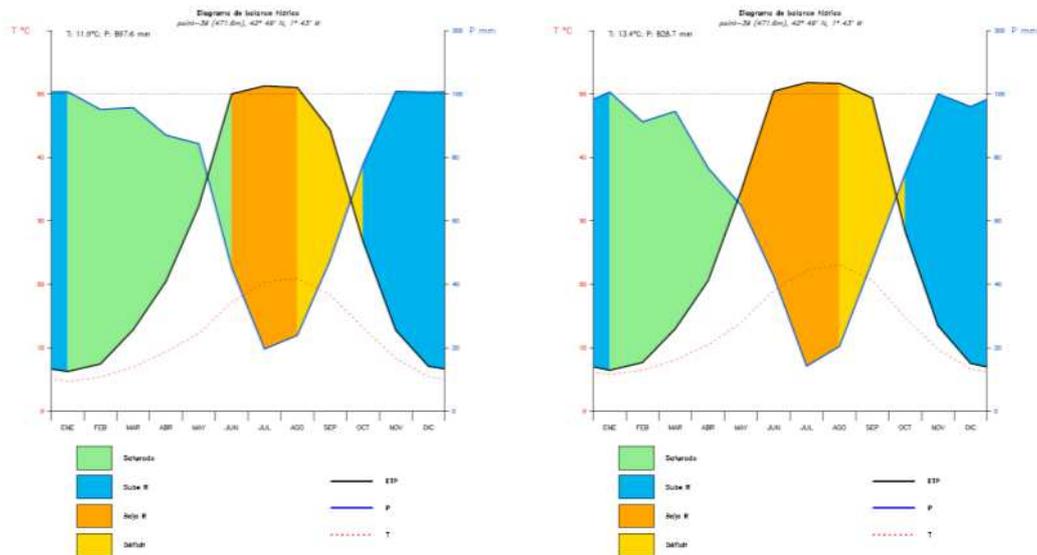
### Datos en rejilla

De manera paralela, también hemos elaborado los diagramas de balance hídrico a partir de datos proyectados en rejilla. Incluimos aquí los correspondientes a los puntos más cercanos

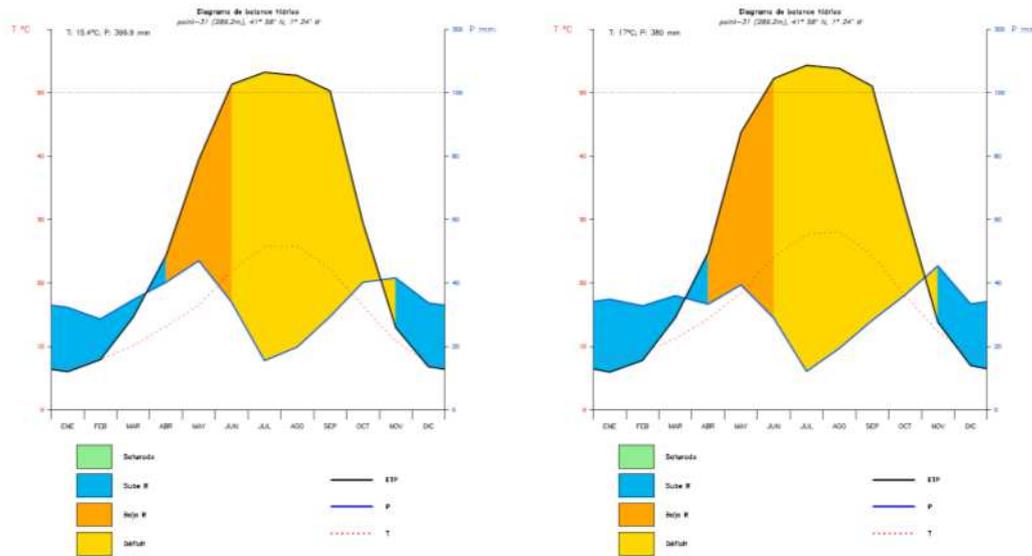
a las estaciones seleccionadas [Arizkun, Pamplona y Buñuel] [Ilustraciones 31-33], que podemos considerar congruentes con ellas.



**Ilustración 31.** diagramas de balance hídrico del punto 59 de rejilla [≈ Arizkun] para los periodos 2021-2050 [izq.] y 2051-2080 [dcha.].



**Ilustración 32.** diagramas de balance hídrico del punto 39 de rejilla [≈ Pamplona] para los periodos 2021-2050 [izq.] y 2051-2080 [dcha.].



**Ilustración 33.** diagramas de balance hídrico del punto 31 de rejilla ( $\approx$  Buñuel) para los periodos 2021-2050 [izq.] y 2051-2080 [dcha.].

Los resultados de los balances hídricos elaborados a partir de datos proyectados en rejilla no son tan extremos como los de proyecciones puntuales, debido a la sobreestimación de la precipitación. No hay diferencias significativas respecto a los balances actuales, a excepción de la zona norte, representada por el punto de rejilla 59, asimilable a Arizkun. En su balance aparece ya un periodo de déficit hídrico a finales del verano. Además, en la segunda mitad del siglo XXI, en general, aumentaría el periodo en el que la reserva de agua baja.

### 3.3 Mapas climáticos

A continuación se presentan diferentes mapas que describen los dos principales elementos climáticos. En concreto, se han elaborado mapas de precipitación total, temperatura media, temperatura máxima media, temperatura mínima media y temperatura media de las mínimas absolutas, a partir de los datos observados y proyectados en rejilla.

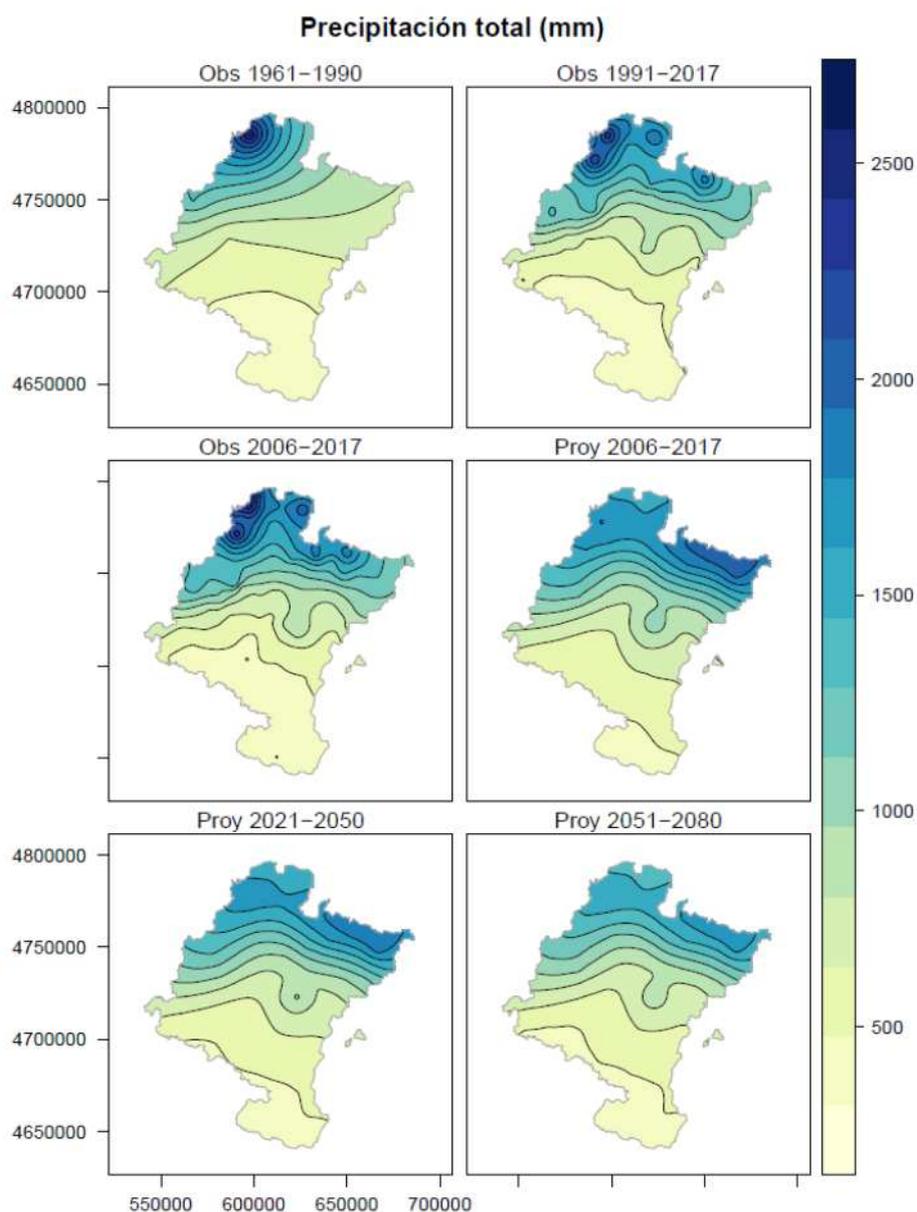
Para su construcción se han empleado técnicas del campo de la Geoestadística. En el caso de la precipitación se ha aplicado la técnica univariada conocida como *kriging ordinario* [KO], ajustando un modelo de tendencia con la latitud. Para la temperatura del aire se ha utilizado una bivariada, *kriging con deriva externa* [KDE]. En la estimación espacial de este último elemento en puntos no muestreados es usual considerar la inclusión de la elevación del terreno como variable explicativa. La información secundaria se introduce como Modelo Digital de Elevaciones [MDE], de forma que es conocida tanto en los puntos de observación como en los puntos a estimar. Aquí se empleará un MDE con una resolución espacial de 200\*200 m, proveniente del Centro Nacional de Información Geográfica [CNIG].

Aquí se ha utilizado un MDE con una resolución espacial de 200x200 m con el dominio de Navarra y entorno.

Una vez más hay que recordar la singular distribución espacial que las proyecciones en rejilla realizan de los acumulados de precipitación, ubicando la zona más lluviosa en la comarca de Pirineos, con un repunte en la Sierra de Alaiz durante la época cálida [Ilustración 34]. Esto puede considerarse una deficiencia de los modelos, puesto que en los mapas de datos observados los máximos se localizan en las inmediaciones de las comarcas de Larraun-Leitzaldea y del Bidasoa, con otros máximos secundarios en Pirineos.

Los mapas de datos observados y proyectados del periodo de solape 2006-2017 dejan ver claramente dicho efecto. Al margen de esto, se observa también que las proyecciones en rejilla sobreestiman la precipitación.

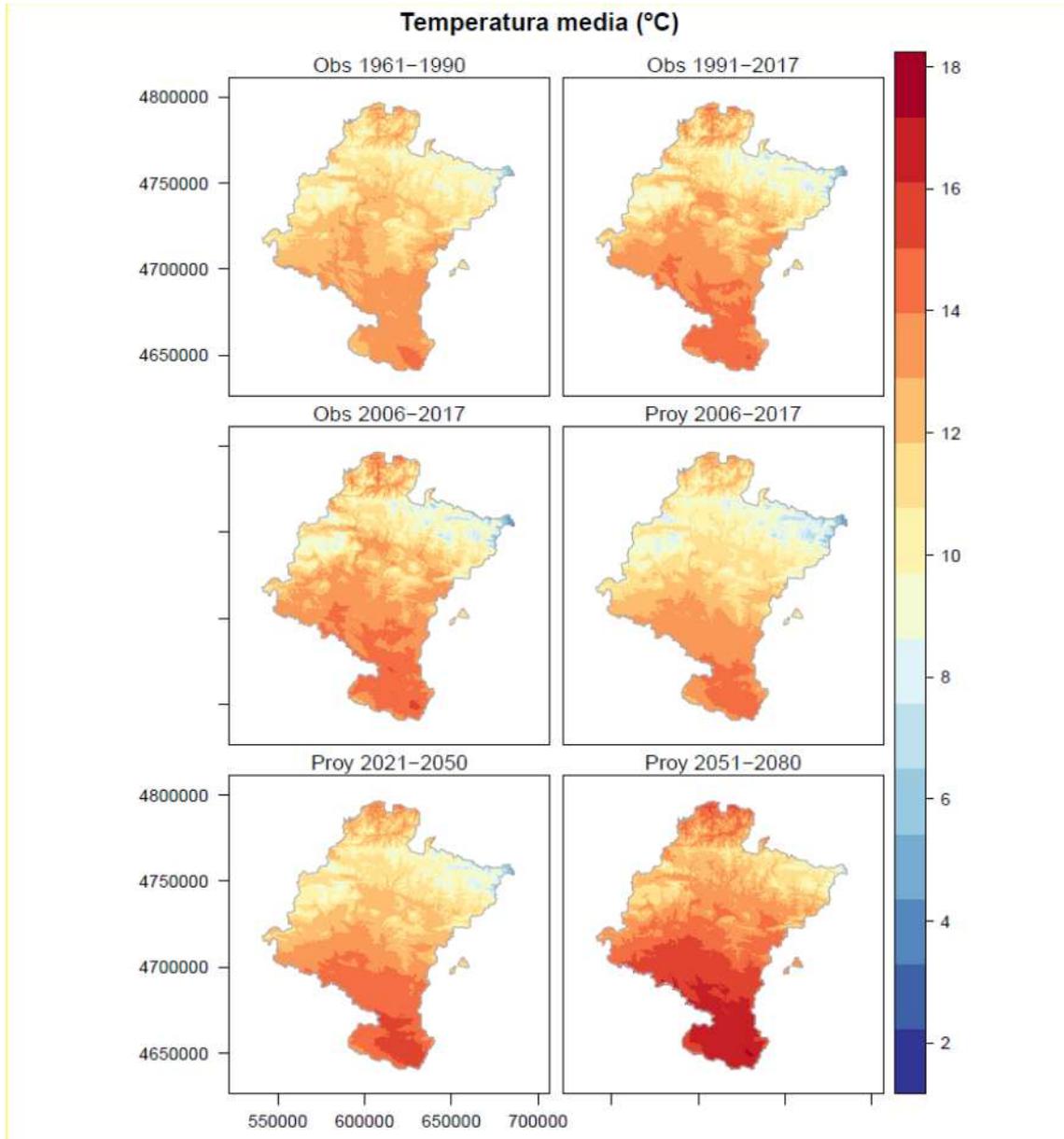
Si tenemos en cuenta esas deficiencias, se puede afirmar que la magnitud del cambio en las precipitaciones es muy leve, especialmente en el primer periodo proyectado, con un ligero descenso en la segunda mitad del siglo XXI.



**Ilustración 34.** Mapas de precipitación total

En el caso de las temperaturas medias, la Ilustración 35 reflejaría una clara tendencia positiva a lo largo de todo el periodo de estudio. Este incremento sería bastante homogéneo espacialmente, aunque algo más marcado quizá al este de Pirineos, en la Sakana y hacia la Ribera.

El contraste de los mapas de datos observados y proyectados en el periodo de solape 2006-2017 señala que estos últimos están algo subestimados, debido en mayor medida a la mayor anomalía de las temperaturas máximas.



**Ilustración 35.** Mapas de temperatura media

Los resultados reflejados para la temperatura media se extienden a la temperatura máxima y mínima.

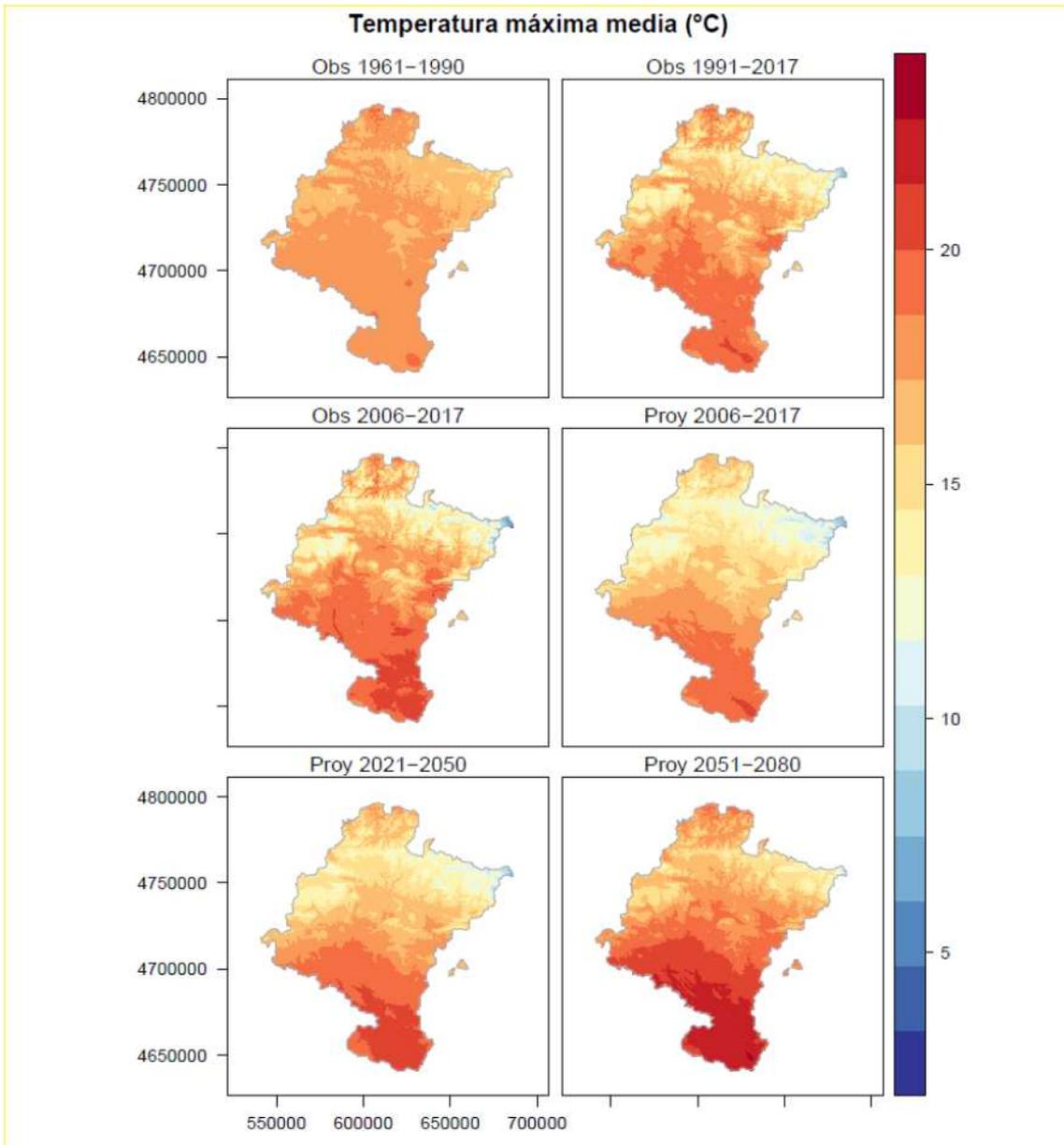
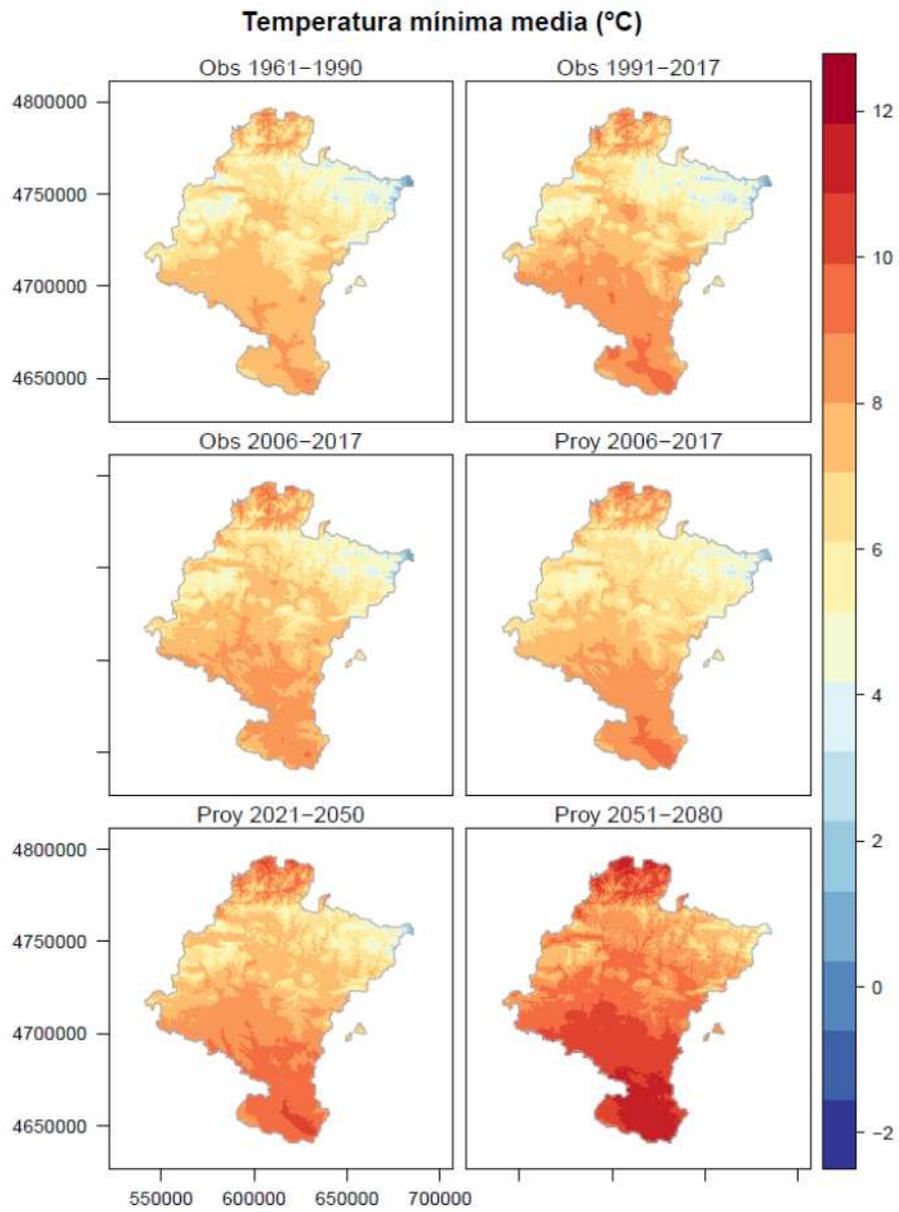
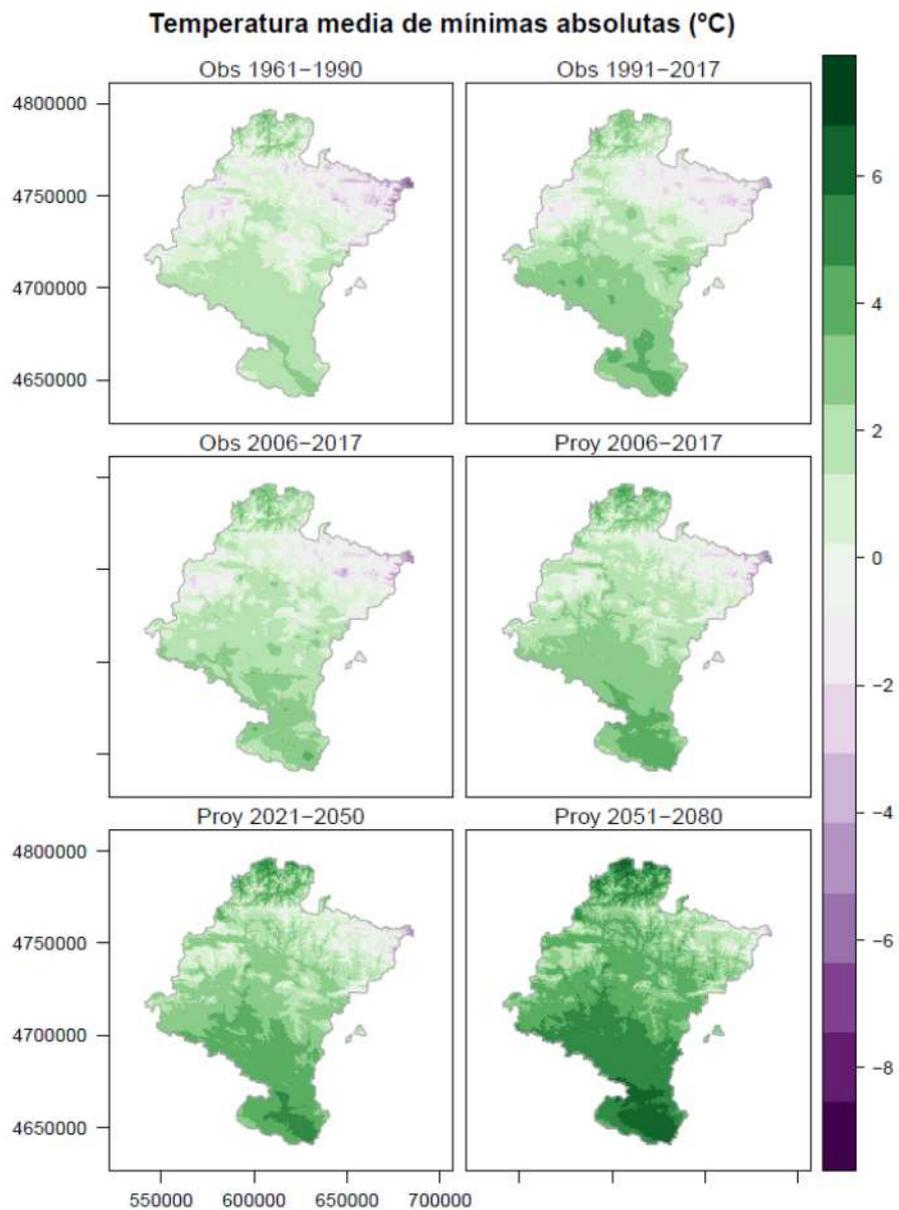


Ilustración 36. Mapas de temperatura máxima media.



**Ilustración 37.** Mapas de temperatura mínima media.



**Ilustración 38.** Mapas de temperatura de las mínimas absolutas

La evapotranspiración potencia [ETP] se ha obtenido de a partir de los valores de temperatura media, mediante el método de Thornthwaite. Así, al igual que ocurriría con la evolución de la anomalía térmica, también cabría esperar un incremento en la ETP a lo largo del siglo, tal y como se refleja en la Ilustración 39.

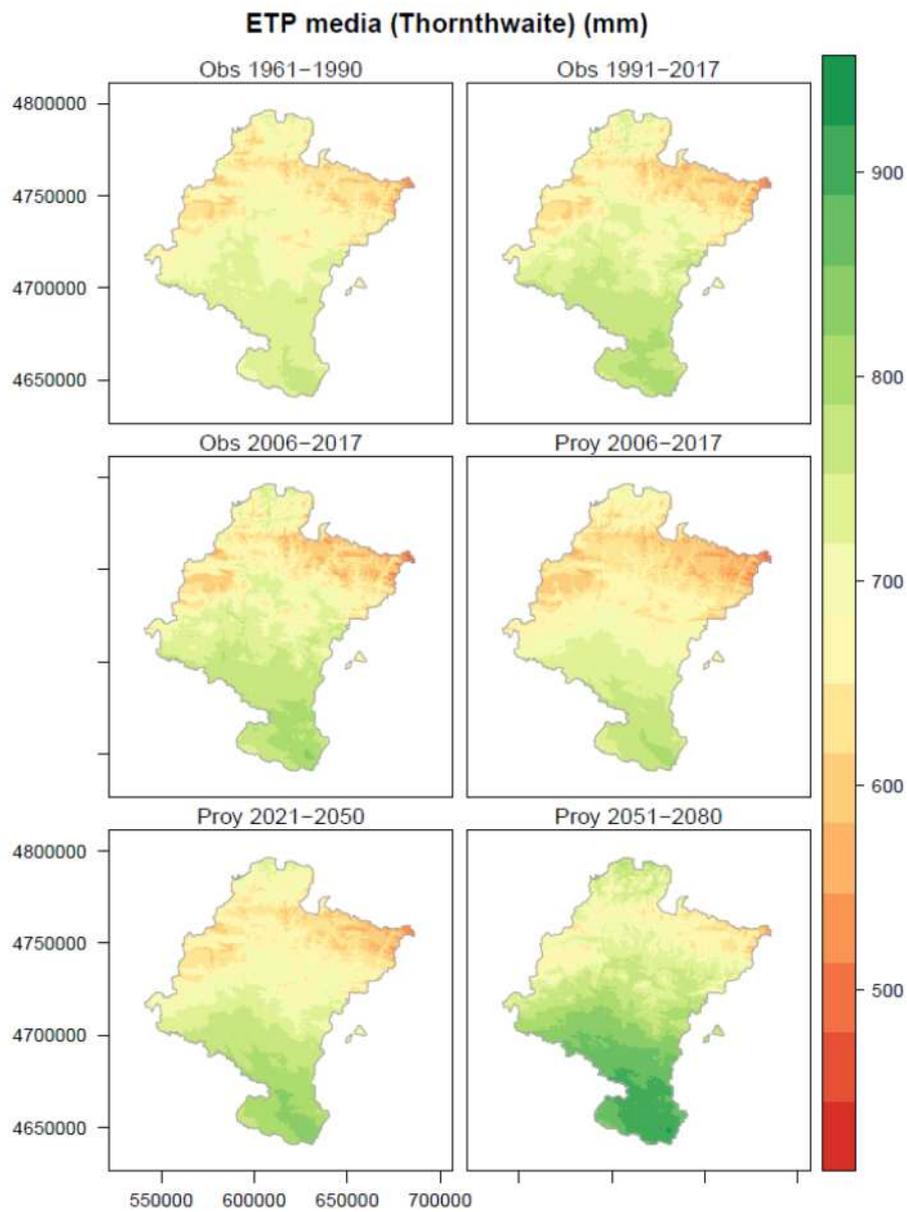


Ilustración 39. Mapas de ETP [Thornthwaite].

## 4. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE NAVARRA SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

El Código Técnico de la Edificación [en adelante CTE] divide el territorio de España en zonas climáticas con objeto de determinar las exigencias para limitar el consumo energético de los edificios, en función de la zona climática de la localidad de ubicación y del uso previsto.

El objeto del trabajo que se ha efectuado consiste en determinar si debido a las nuevas solicitudes derivadas del cambio climático, se van a producir cambios en la adscripción de los municipios de Navarra a las zonas climáticas que se establecen en el CTE a lo largo del tiempo.

En el siguiente apartado se describe en primer lugar el procedimiento que establece el CTE para la clasificación climática [sección 4.1], en base al cual, se ha establecido el proceso metodológico para el cálculo de las clasificaciones climáticas en Navarra y que se describe en la sección 4.2, a partir de la aplicación de dicha metodología se presentan los resultados de la clasificación climática en Navarra [sección 4.3] y las conclusiones [sección 4.4].

### 4.1 Definición de los climas de referencia según el CTE

El CTE define los “climas de referencia”, que representan las solicitudes exteriores, en base a una serie de parámetros representativos de una zona climática.

De todos los parámetros representativos, la temperatura seca, la humedad relativa, y la Irradiancia solar global sobre plano horizontal [W/m<sup>2</sup>] son considerados normativos, y se establecen como determinantes del comportamiento del clima tipo reglamentario. El resto de los parámetros se consideran no normativos.

Las zonas climáticas se determinan mediante el cálculo de las “severidades climáticas” para invierno y para verano.

Para el cálculo de las severidades climáticas se establecen dos fórmulas matemáticas, que son las siguientes:

#### 4.1.1 Severidad climática de invierno:

$$SCI = a.GD + b.(n/N) + c.GD^2 + d.(n/N)^2 + e$$

donde:

**GD:** es la suma de los grados-día de invierno en base 20 para los meses que van desde octubre a mayo.

**n/N:** es el cociente entre número de horas de sol y el número de horas de sol máximas, sumadas cada una de ellas por separado para los meses que van desde octubre a mayo.

**a, b, c, d, e** son los coeficientes de regresión.

#### 4.1.2 Severidad climática de verano:

$$SCV = a.GD + b.GD^2 + c$$

donde:

**GD:** es la suma de los grados-día de invierno en base 20 para los meses que van desde octubre a mayo.

**n/N:** es el cociente entre número de horas de sol y el número de horas de sol máximas, sumadas cada una de ellas por separado para los meses que van desde octubre a mayo.

**a, b, c,** son los coeficientes de regresión.

Como vemos, para la determinación de las severidades climáticas los parámetros que se utilizan son los grados/día en base 20, de invierno y de verano, y el cociente entre las horas de sol y las horas de sol máximas, además de los distintos coeficientes de regresión, que en este trabajo se considerarán constantes.

Los resultados se clasifican por intervalos. Para invierno se definen cinco intervalos, y para verano se definen 4. Combinando los 5 intervalos de invierno con los 4 de verano se obtendrían 20 zonas distintas, pero en algunas de ellas no se ubican localidades de la península. Para Canarias se determina también el área climática de invierno "α".

Las zonas referidas, correspondientes a los intervalos definidos se identifican mediante una letra, para la severidad climática de invierno, y un número, para la de verano de acuerdo con los siguientes intervalos:

Intervalos para la zonificación de invierno siendo **α** la zona más templada, correspondiente a Canarias y E la más fría, correspondiente por ejemplo a Soria o a Isaba en el Pirineo Navarro.

| <b>α</b> | <b>A</b>       | <b>B</b>         | <b>C</b>         | <b>D</b>          | <b>E</b>   |
|----------|----------------|------------------|------------------|-------------------|------------|
| SCI ≤ 0  | 0 < SCI ≤ 0,23 | 0,23 < SCI ≤ 0,5 | 0,5 < SCI ≤ 0,93 | 0,94 < SCI ≤ 1,51 | SCI > 1,51 |

Intervalos para la zonificación de verano, siendo la zona 1 la de verano más suave y la 4 la de más caluroso.

| <b>1</b>  | <b>2</b>         | <b>3</b>          | <b>4</b>   |
|-----------|------------------|-------------------|------------|
| SCV ≤ 0,5 | 0,5 < SCV ≤ 0,83 | 0,83 < SCV ≤ 1,38 | SCV > 1,38 |

Pamplona se encuentra incluida en la zona climática "D1".

Para determinar la zona climática de un municipio, se parte de la zona en la que se encuentra la capital de la provincia y en función de esta y de la altitud respecto del nivel del mar se determina la del municipio que buscamos. Todo esto se regula en la tabla del apéndice B del documento básico HE.

A partir de aquí, una vez determinada la zona climática en la que estamos trabajando se deberán cumplir las condiciones para dicha zona en el cálculo de las características de la edificación para cumplir con las exigencias de ahorro energético.

## **4.2 Metodología para el cálculo de las severidades climáticas de Navarra según el CTE bajo escenarios de cambio climático**

Se han calculado las severidades climáticas de invierno y de verano, para el municipio de Pamplona, aplicando los incrementos de temperatura que se obtienen como resultado del estudio climático realizado y que se ha presentado en los apartados previos del siguiente informe. La zona climática para el resto de los municipios, como se ha comentado anteriormente, se adscriben a su zona climática, partiendo de la de la capital y en función de la altitud respecto del nivel del mar.

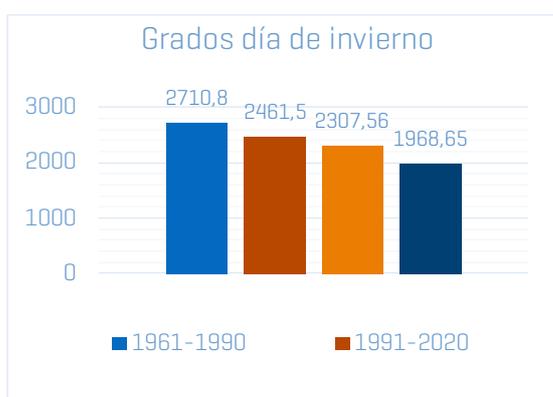
### **4.2.1 Consideraciones metodológicas previas**

En primer lugar, hay que advertir que los cálculos realizados, debido a las limitaciones del actual marco del trabajo, parten de algunas simplificaciones previas que, si bien no permitirían determinar los datos con exactitud matemática, sí que nos van a permitir predecir la tendencia y obtener conclusiones para la toma de decisiones.

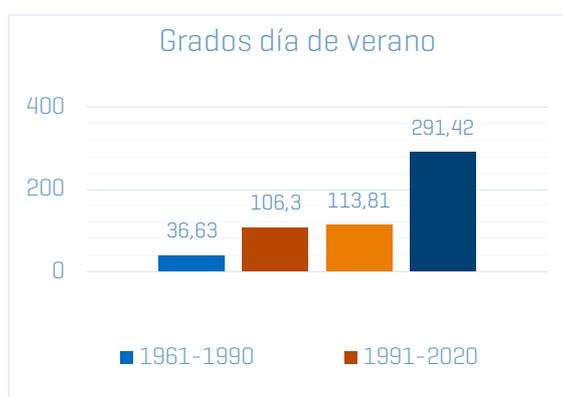
Se disponen de los datos de grados día en base 20 desde el año 1961 hasta el año 2080, pero, los datos de horas de sol dividido por horas de sol máximas solamente están disponibles desde el año 1998 al 2017, ya que no hay registros anteriores y no se han calculado previsiones de futuro de este parámetro. Igualmente, como se ha mencionado, se han considerado como constantes los coeficientes de regresión de cada fórmula, por resultar inabordable en el presente trabajo el cálculo de los coeficientes a futuro en función de los parámetros previstos y su evolución. Así pues, se puede definir el planteamiento, como el análisis de la evolución en la adscripción a las zonas climáticas del CTE, en función de la evolución de la temperatura.

## 4.2.2 Cálculo

Se han calculado los parámetros anuales de grados día en base 20 para invierno y verano, para los años 1961 a 2080. Estos parámetros se han dividido en períodos de 30 años, en coherencia con el estudio climático realizado, y se han considerado por tanto los períodos 1961/1990, 1991/2020, 2021/2050 y 2051/2080. De cada uno de estos períodos se ha calculado la mediana de los datos anuales de los treinta años, para descartar los valores extremos, que pudieran distorsionar los resultados, obteniendo de esta manera el parámetro a introducir en la fórmula de cálculo para cada período. Se han calculado también las medias de estos valores en cada período, pudiéndose constatar que las diferencias entre este parámetro y el de la mediana no resultan significativas y no harían variar los resultados.

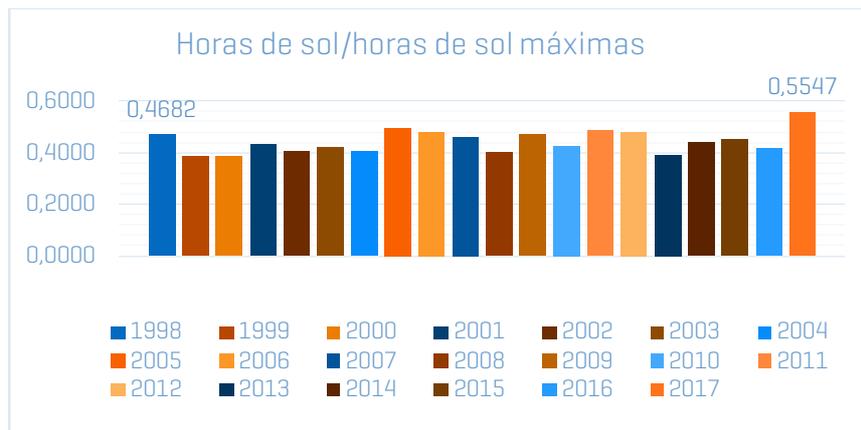


**Ilustración 40.** Valores de grados día de invierno en los períodos normales de estudio utilizados para el cálculo



**Ilustración 41.** Valores de grados día de verano en los períodos normales de estudio utilizados para el cálculo

Respecto del parámetro de horas de sol dividido por horas de sol máximas ( $n/N$ ), se han podido conseguir, de la estación automática de Pamplona del Gobierno de Navarra, datos de soleamiento en segundos/día desde el 19 de mayo de 1997 hasta 2017. Se ha descartado el año 1997 por estar incompleto y se han calculado las horas de soleamiento ( $n$ ) de los años 1998 a 2017, todos ellos pertenecientes al período 1991/2020. Las horas de sol máximas ( $N$ ) se han obtenido de la página [https://salidaypuestadelsol.com/spain/pamplona\\_6220.html](https://salidaypuestadelsol.com/spain/pamplona_6220.html). Con estos datos se han calculado los parámetros de  $n/N$  de los años disponibles (1998-2017) y se ha calculado la mediana de estos valores para descartar datos extremos. Igualmente se ha calculado la media pudiendo constatar, como en los grados día, que la diferencias no son significativas. Al no contar con valores de proyección de futuro, el parámetro así obtenido se ha considerado constante para todos los períodos, con el valor 0,4349 resultado del cálculo con los datos disponibles.



**Ilustración 42.** Valores de horas de sol/horas de sol máxima observados en la estación de Pamplona para los años disponibles

Una vez obtenidos todos los parámetros, se ha efectuado el cálculo para los diferentes períodos de treinta años. En primer lugar, se han efectuado, para todos los períodos, los cálculos de las severidades climáticas de invierno y de verano para Pamplona, considerando como dato de grados día, la mediana de cada período, y, en la severidad climática de invierno, como dato de n/N, para todos los períodos, el de la mediana de los años 1998/2017 [0,4349], que como se ha explicado son los únicos datos disponibles.

Respecto de la severidad climática de verano [SCV], dado que no se considera para su cálculo el parámetro de n/N podemos calcular con exactitud su valor disponiendo únicamente de los grados día y manteniendo constantes los coeficientes de regresión.

### 4.3 Resultados

Se muestra en el siguiente apartado los resultados obtenidos de la clasificación climática de Pamplona y de todo el territorio Navarro.

#### 4.3.1 Clasificación climática según el CTE para Pamplona

Se muestra en la siguiente tabla los resultados de la zona climática para Pamplona para cada uno de los periodos normales establecidos junto con los valores de cada uno de los parámetros considerados para el cálculo.

**Tabla 4-1 Clasificación** climática de Pamplona para los periodos normales establecidos.

| CALCULO DE LAS SEVERIDADES CLIMÁTICAS |            |           |          |             |                 |           |                 |          |                    |         | zona climática |
|---------------------------------------|------------|-----------|----------|-------------|-----------------|-----------|-----------------|----------|--------------------|---------|----------------|
| 1961-1990                             | SCI        | a         | GD       | b           | n/N             | c         | GD <sup>2</sup> | D        | (n/N) <sup>2</sup> | e       | D              |
|                                       | 1,27467591 | 0,0003546 | 2.710,80 | -0,4043     | 0,4349          | 8,394E-08 | 7348436,64      | -0,07325 | 0,18916981         | -0,1137 |                |
| 1990-2020                             | SCV        | a         | GD       | b           | GD <sup>2</sup> | c         |                 |          |                    |         | 1              |
|                                       | -          | 0,00299   | 36,63    | -1,1597E-07 | 1341,39063      | -0,1713   |                 |          |                    |         |                |
| 1990-2020                             | SCI        | a         | GD       | b           | n/N             | c         | GD <sup>2</sup> | D        | (n/N) <sup>2</sup> | e       | D              |
|                                       | 1,07803733 | 0,0003546 | 2.461,50 | -0,4043     | 0,4349          | 8,394E-08 | 6058982,25      | -0,07325 | 0,18916981         | -0,1137 |                |
| 2020-2050                             | SCV        | a         | GD       | b           | GD <sup>2</sup> | c         |                 |          |                    |         | 1              |
|                                       | 0,14522657 | 0,00299   | 106,30   | -1,1597E-07 | 11299,69        | -0,1713   |                 |          |                    |         |                |
| 2020-2050                             | SCI        | a         | GD       | b           | n/N             | c         | GD <sup>2</sup> | D        | (n/N) <sup>2</sup> | e       | D              |
|                                       | 0,96182573 | 0,0003546 | 2.307,56 | -0,4043     | 0,4349          | 8,394E-08 | 5324833,15      | -0,07325 | 0,18916981         | -0,1137 |                |
| 2050-2080                             | SCV        | a         | GD       | b           | GD <sup>2</sup> | c         |                 |          |                    |         | 1              |
|                                       | 0,16747496 | 0,00299   | 113,81   | -1,1597E-07 | 12951,578       | -0,1713   |                 |          |                    |         |                |
| 2050-2080                             | SCI        | a         | GD       | b           | n/N             | c         | GD <sup>2</sup> | D        | (n/N) <sup>2</sup> | e       | C              |
|                                       | 0,71999475 | 0,0003546 | 1.968,65 | -0,4043     | 0,4349          | 8,394E-08 | 3875563,14      | -0,07325 | 0,18916981         | -0,1137 |                |
| 2080-2100                             | SCV        | a         | GD       | b           | GD <sup>2</sup> | c         |                 |          |                    |         | 2              |
|                                       | 0,69018236 | 0,00299   | 291,42   | -1,1597E-07 | 84922,7022      | -0,1713   |                 |          |                    |         |                |

A tenor de los resultados se observa que la adscripción actual de Pamplona a la zona climática D1, se mantendría desde el período 1961/1990.

Respecto de las zonas climáticas a futuro se ha observado lo siguiente:

En el caso de la severidad climática de **invierno**, si se introduce el parámetro de los grados día manteniendo el de n/N en 0,4349, se puede ir observando la evolución, que nos apunta que en el período 2051/2080 Pamplona cambiaría a la zona climática "C"; no obstante, no es previsible que el parámetro n/N permanezca constante, ya que, si aumentan las temperaturas, con seguridad aumentarán las horas de sol. Podemos calcular el límite para el valor de n/N en la zona "C" y concluir que, si este parámetro se situase por encima de 0,5024 en el período 2021/2050 esto determinaría que la zona climática de invierno a la que se adscribiría Pamplona en este período sería la "C", y en el período 2051/2080 podría darse el cambio a la zona "B" en los años finales del periodo. Hay que hacer notar que, en 2017, n/N se situó en 0,5547, lo cual, aunque pueda ser producto de un año excepcional, puede ser un indicador de que con toda probabilidad este parámetro se situará por encima del valor límite expuesto para el período 2021-2050 y Pamplona quedaría adscrita a la zona "C". Como resultado de este estudio adoptaremos para el período 2021/2050 la zona "C".

Igualmente sería bastante probable que en los últimos años del período 2051/2080 se adscribiese a la “B”, pero se ha mantenido como resultado la zona “C”.

Este es el máximo “salto” que se podría derivar del cambio de  $n/N$ , ya que dicho parámetro no puede situarse por encima de 1, y si calculamos la SCI con dicho parámetro en el año 2080 [prácticamente imposible, por otro lado] seguiríamos estando dentro de los parámetros correspondientes al área climática B.

En lo que se refiere a la severidad climática de **verano**, si introducimos en la fórmula el parámetro de grados día correspondiente a la mediana de los datos anuales de cada período, podemos observar una evolución que haría pasar a Pamplona de la zona climática de verano “1” a la “2” en el período 2051/2080; no obstante, al final de este período, en la última década, de 2071/2080, el parámetro de grados día nos situaría dentro del rango de valores de la zona 3.

#### 4.3.2 Clasificación climática según el CTE para Navarra

A partir de la clasificación climática de la capital, el CTE establece la clasificación climática del resto del territorio en base a la altura. En el caso de Navarra la clasificación que establece el CTE en función de la altura es la que se muestra en la tabla 4-2 para el período actual [1991-2020]. A partir de esta clasificación se establecen las clasificaciones en función de la altura para los períodos futuros establecidos.

**Tabla 4-2** Clasificación climática para Navarra en función de altura que establece el CTE para los períodos normales establecidos.

| ZONAS CLIMATICAS DE LOS MUNICIPIOS DE NAVARRA EN EL CTE |          |       |       |       |       |
|---|----------|-------|-------|-------|-------|
| PERIODO   | PAMPLONA | h<100 | h<300 | h<600 | h≥600 |
| 1961-1990   | D1       | C2    | D2    | D1    | E1    |
| 1991-2020   | D1       | C2    | D2    | D1    | E1    |
| 2021-2050   | C1       | B2    | C2    | C1    | D1    |
| 2051-2080   | C2       | B3    | C3    | C2    | D2    |

#### 4.4 Resultados gráficos: Clasificación climática de Navarra según el CTE

A partir de los resultados obtenidos de la clasificación climática del territorio Navarro en función de la altura y para los períodos normales establecidos de acuerdo con el CTE, se han elaborado las salidas cartográficas para el conjunto del territorio.

Esta representación gráfica permite, por un lado, conocer la clasificación climática según el CTE en cualquier punto del territorio y por otro, observar la evolución de dicha clasificación en el futuro bajo escenarios de cambio climático. La representación cartográfica de la clasificación climática según el CTE se ha realizado a tres niveles, tal y como se muestra a continuación, i) para el conjunto del territorio, ii) para las entidades de población y iii) a nivel municipal.

#### 4.4.1 Clasificación climática según el CTE para el conjunto de Navarra

A partir del Modelo Digital de Elevaciones de Navarra se obtiene la clasificación climática según el CTE para el conjunto del territorio. Se traduce la altura con las clasificaciones obtenidas en la tabla 4-2.

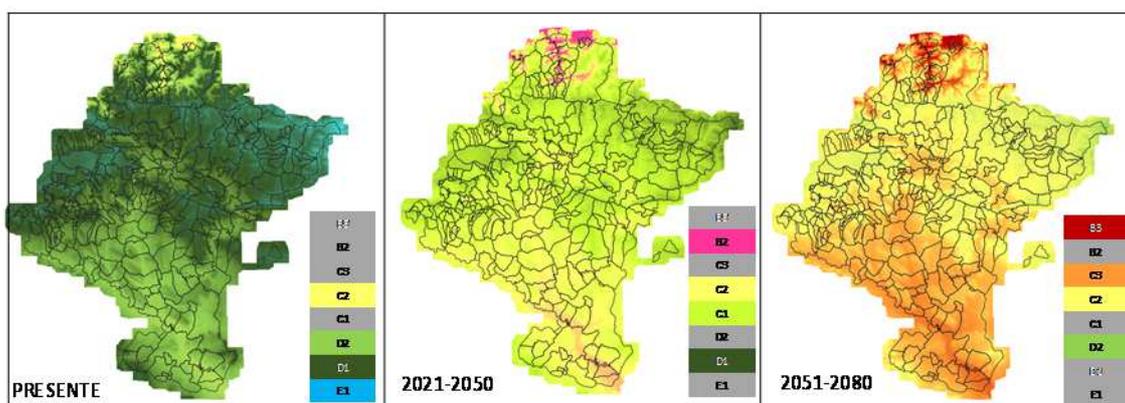


Ilustración 43. Clasificación climática de Navarra según el CTE para el presente [izquierda], el periodo futuro próximo [centro] y finales de siglo [derecha].

#### 4.4.2 Clasificación climática según el CTE para las entidades de población de Navarra

Si bien la clasificación climática del conjunto del territorio permite observar los cambios en el conjunto de Navarra, las prescripciones que establece el CTE aplican a los núcleos de población. Por este motivo se ha representado esta clasificación para las entidades de población.

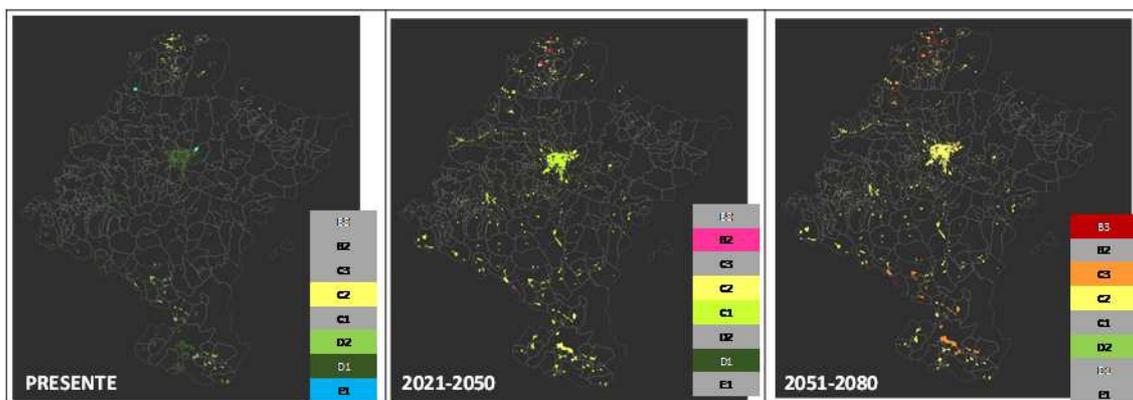


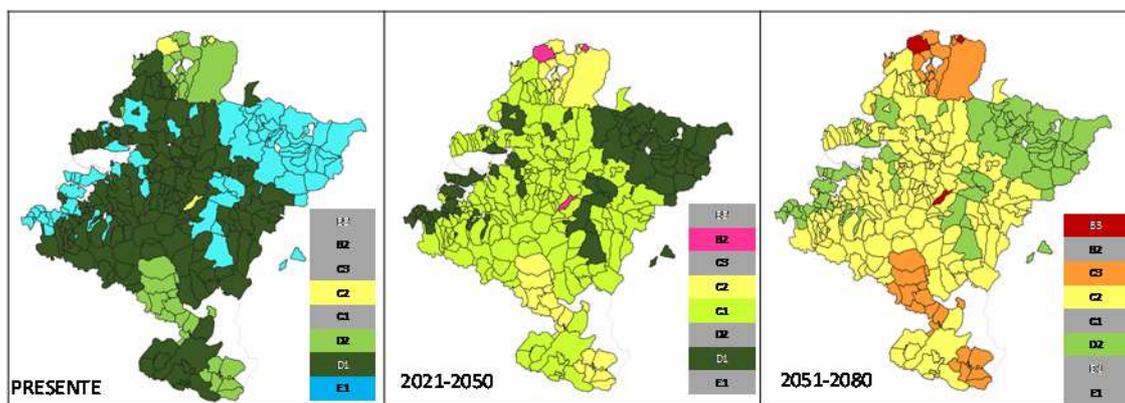
Ilustración 44. Clasificación climática de las entidades de población de Navarra según el CTE para el presente [izquierda], el periodo futuro próximo [centro] y finales de siglo [derecha].

Para la obtención de estos mapas se han realizado el tratamiento de información cartográfica mediante SIG, concretamente cruzando el MDE con el de entidades de población de Navarra. La resolución de los resultados se ha obtenido a 80m [respecto a la resolución inicial del MDE de 2m]. El objetivo de reducir la resolución es disminuir el tamaño de los archivos para hacerlos manejables y poder operar con ellos en tiempos razonables. Al realizar esta operación observamos que algunas entidades de población contienen más de un valor de clasificación climática del CTE, con valores de alturas en los rangos diferentes que establece el CTE, mientras que otras entidades de población se quedan sin valor de altura [por la bajada de resolución comentada]. En el primero de los casos se toma el valor de la moda, valor más repetido dentro de las entidades de población, y en la segunda casuística se procede a la corrección manual.

#### 4.4.3 Clasificación climática según el CTE para los municipios Navarra

Se muestra en esta sección la clasificación climática según el CTE a nivel municipal, calculada a partir de la clasificación de las entidades de población dentro de un mismo municipio. La finalidad de esta agregación es disponer de resultados a esta escala que es la que se empleará en el análisis de vulnerabilidad y riesgo propuesto.

Para los municipios con más de una entidad de población, se ha aplicado el mismo criterio que en el caso anterior, que es utilizar el valor de la moda, es decir, la clasificación climática de las entidades de población que más se repite dentro de un municipio.



**Ilustración 45.** clasificación climática de los municipios Navarra según el CTE para el presente [izquierda], el periodo futuro próximo [centro] y finales de siglo [derecha].

Del ejercicio de cálculo efectuado, con todas las simplificaciones explicadas, se deduce que Pamplona pasaría de la actual adscripción a la zona climática “D” para invierno, a adscribirse, en el periodo 2021/2050 a la zona “C”, si las horas de sol superasen el valor de 0,5024 y en el periodo, 2051/2080 se situaría en la zona “C”. Podría darse el cambio a la “B” en los años finales del período.

Respecto del verano, Pamplona pasaría de la zona “1” actual, a la zona “2” en el período 2051/2080, y a la zona “3” en la última década de este período.

## **5. PREDIAGNÓSTICO QUE PERMITIRÁ ESTABLECER ÁREAS CLIMÁTICAS PARA LAS QUE SE ESTABLECERÁN LAS MEDIDAS DE GESTIÓN ADAPTATIVA DEL PAISAJE Y MEDIO CONSTRUIDO**

En este apartado se recogen las principales conclusiones a las que se ha llegado en el análisis climático de la situación presente y futura en Navarra.

Algunos estudios regionales ya han analizado la evolución del clima en Navarra (Oria, 2017). Éstos, indican unas tendencias de calentamiento en la Comunidad Foral coincidentes con la tendencia general del clima en Europa occidental, en torno a 0.15-0.2°C/década. También en las precipitaciones anuales, que en general se mantienen aproximadamente constantes o han disminuido ligeramente (5% - 10%). El presente proyecto no pretende repetir estos estudios previos, antes bien, complementarlos, mediante el análisis de otros indicadores.

El estudio ha sido simétrico a los datos que proporciona AdapteCCa. Esta Plataforma se nutre de dos fuentes de datos principales de Escenarios-PNACC 2017:

- i. Proyecciones puntuales, obtenidas aplicando técnicas estadísticas de regionalización a los datos de series locales.
- ii. Proyecciones en rejilla, provenientes de las regionalizaciones dinámicas generadas en la iniciativa internacional Euro-CORDEX, que proporcionan datos en una rejilla de aproximadamente 10 km de resolución.

Por tanto, se han generado productos climatológicos complementarios. Los realizados con las proyecciones puntuales se han presentado en tablas y gráficos. Dado que no se dispone de demasiados puntos en territorio navarro, no se han hecho estimaciones espaciales para componer mapas. Los realizados con las proyecciones en rejilla sí que se han presentado en forma de mapas, por su propia naturaleza. También se han elaborado las fichas climáticas, diagramas ombrotérmicos y de balance hídrico para cada uno de los puntos de rejilla.

### **5.1 Variables climáticas temperatura y precipitación**

Del análisis de los mapas climáticos se deduce que, en el caso de las temperaturas medias, hay una clara tendencia positiva a lo largo de todo el periodo de estudio. Este incremento sería bastante homogéneo espacialmente, aunque algo más marcado quizá al este de Pirineos, en la Sakana y hacia la Ribera. El contraste de los mapas de datos observados y



proyectados en el periodo de solape 2006-2017 señala que estos últimos están algo subestimados, debido en mayor medida a la mayor anomalía de las temperaturas máximas.

En el caso de la precipitación, el cambio es progresivo, más acentuado en el segundo periodo proyectado. En la comparación entre los mapas de datos observados y proyectados del periodo de solape 2006-2017 se observa que estos últimos sobreestiman la precipitación.

La evapotranspiración potencial [ETP] se ha obtenido de a partir de los valores de temperatura media, mediante el método de Thornthwaite. Así, al igual que ocurriera con la evolución de la anomalía térmica, también cabría esperar un incremento en la ETP a lo largo del siglo.

Para finalizar, comentar que la disparidad entre modelos climáticos de estaciones es grande. Los basados en la técnica SDSM proyectan temperaturas más altas y precipitaciones más bajas que aquellos basados en análogos. En especial, las diferencias en la precipitación son más que notables. Quizá hubiera sido una buena opción descartar de partida esos modelos para dicha variable.

## 5.2 Índices climáticos y bioclimáticos

Es difícil obtener conclusiones de la clasificación de Koeppen manejando las pocas estaciones que tienen datos proyectados de temperatura y de precipitación. Los resultados de las proyecciones en rejilla son más claros.

Es evidente el paulatino retroceso hacia el norte del clima oceánico [Cfb] y su substitución por el clima mediterráneo de veranos frescos [Csb] y el mediterráneo [Csa].

El clima subtropical húmedo [Cfa] reduce también significativamente su presencia. Es algo que ya ha ocurrido en el presente siglo, siendo substituido en buena parte por el mediterráneo [Csa]. Las proyecciones en rejilla indican que se retira hacia la Ribera Alta en el periodo 2021-2050, para en el siguiente 2051-2080 desaparecer de ahí y saltar al norte de Navarra, compartiendo espacio con el oceánico.

Por su parte, el clima estepario frío [BSk] es el más estable, caracterizando la mitad sur de la Ribera.

Aunque anecdótico, también desaparece el grupo D, el clima continental, de inviernos muy fríos, presente actualmente en las inmediaciones de la Mesa de los Tres Reyes.

Si atendemos a la comparación de los mapas en el periodo de solape 2006-2017, los resultados para el futuro no son totalmente confiables. En términos generales, el clima Csa no aparece correctamente identificado, su lugar lo ocupa el Cfa. Además, el clima BSk aparece excesivamente retirado hacia el sur de la Ribera.



En cuanto a la aridez, parece que evoluciona progresivamente hacia valores más bajos, con las categorías seco y semiárido ganando terreno. Esto sería especialmente así en el periodo 2051-2080, que es cuando se aprecian más los cambios, con una profundización hacia valores más áridos. Si atendemos a la comparación de los mapas en el periodo de solape 2006-2017, los resultados para el futuro parecen bastante confiables, a excepción de la zona de Pirineos, donde se sobreestima el índice.

Respecto a la oceanidad, aunque dentro de un contexto oceánico, se aprecia claramente que hay una tendencia progresiva a ir perdiendo ese carácter, acercándose el sur de la Comunidad Foral hacia la categoría semicontinental. Si atendemos a la comparación de los mapas en el periodo de solape 2006-2017, los resultados para el futuro parecen razonablemente confiables, aunque un tanto suavizados.

### 5.3 Índices de extremos climáticos

De los indicadores de temperaturas mínimas se deduce que los días de helada se reducirían, hasta prácticamente la mitad en el periodo 2021-2050, y las noches tropicales aumentarían, en consonancia con el aumento del porcentaje de noches cálidas [pasarían a doblarse en el segundo periodo proyectado].

Otro tanto se puede decir de los indicadores asociados a las temperaturas máximas. De este modo, disminuirían los días de hielo y aumentarían los días de verano. El porcentaje de días fríos y de días cálidos nos señalaría que las comarcas del sur de Navarra serían las que experimentarían una mayor tasa de cambio.

Las olas de calor reforzarían esa última idea. Aumentaría significativamente tanto la frecuencia de las olas de calor, como su magnitud. La duración de la mayor ola de calor pasaría de 15 días en 1991-2017 a unos 30 y 40 días en los periodos proyectados, que golpearían a la comarca de la Ribera.

En consonancia con el incremento en las temperaturas medias, el periodo de tiempo en el cual las plantas pueden crecer también aumentaría.

En cuanto al número de días húmedos, parece razonable pensar que descienden a medida que avanza la segunda mitad del siglo XXI. Otro tanto sucedería con el número de días de precipitaciones abundantes ( $\geq 10$  mm). Finalmente, el número de días de precipitaciones intensas ( $\geq 20$  mm) aumentaría en el futuro.

Más evidente sería el aumento de las precipitaciones máximas en un día y en cinco días.

El indicador de días secos consecutivos, al igual que en el índice del número de días  $\geq 1$  mm, en el periodo 2051-2080 sí que se aprecia un ligero aumento.



En definitiva, todo esto parece indicar que en el futuro, sobre todo en la segunda mitad del siglo XXI, cabría esperar episodios de precipitaciones más intensas, seguidos de periodos de sequía algo más largos.

## 5.4 Resúmenes climáticos

Aunque la disparidad en los resultados según las proyecciones es grande, se pueden extraer algunas conclusiones. En la Navarra oceánica la distribución de la precipitación a lo largo del año deja de ser regular y comienza a aparecer o a profundizarse la sequía estival principalmente en el periodo 2051-2080.

El periodo de heladas probables también se modifica. Al alargarse la época cálida del año, las heladas probables parecen quedarse relegadas a los meses estrictamente invernales, de diciembre a febrero.

Se pronostica de manera general una reducción de recursos hídricos en Navarra conforme avance el siglo XXI y por lo tanto un aumento de la escasez de agua.

## 5.5 Clasificación climática según el CTE

Adicionalmente al estudio climático, las proyecciones de temperatura bajo escenarios de cambio climático se han utilizado para evaluar la adscripción climática de Navarra según establece el Código Técnico de la Edificación. La evolución de las temperaturas, de acuerdo con las previsiones derivadas del cambio climático, va a suponer un cambio de zona climática para Pamplona, y por tanto para el resto de los municipios de Navarra, en la adscripción a las zonas climáticas del código técnico. Pamplona pasaría de la actual adscripción a la zona climática "D" para invierno, a adscribirse, en el periodo 2021/2050 a la zona "C". Respecto del verano, Pamplona pasaría de la zona "1" actual, a la zona "2" en el período 2051/2080, y a la zona "3" en la última década de este período.

Atendiendo a la representación gráfica de los resultados se observa que en el presente las clasificaciones abarcan desde E1 hasta C2, en el periodo 2021-2050 el rango de clasificaciones abarca desde D1 a B2 y para finales de siglo desde D2 a B3.



## 6. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y PRÓXIMOS PASOS

### 6.1 Análisis metodológico proyecciones

Valiéndonos de las proyecciones disponibles en AdapteCCa y los datos observacionales de la red de estaciones de la Comunidad Foral de Navarra se dispone de suficiente información para obtener conclusiones que, en general, representan adecuadamente el cambio climático en Navarra. No obstante, siempre es posible realizar este estudio con más detalle, bien en escala bien en un parámetro climático concreto.

Por un lado, se podrían ajustar proyecciones en más ubicaciones que a día de hoy no están disponibles en AdapteCCa. En las estaciones con datos pasados que se extienden a más de 20 o 30 años y no existe proyección en AdapteCCa, es posible realizar ajuste de sesgo utilizando las mismas técnicas estadísticas utilizadas en el proyecto VALUE. Por otro lado, es posible aplicar corrección de sesgo a la rejilla completa utilizando las observaciones disponibles [Spain02].

Todo esto se propone para utilizar el máximo de información, es decir el mayor número de modelos proyectados. Aumentando la información disminuye la incertidumbre de las proyecciones en el futuro. También se podría ir más allá y utilizar modelos de EURO-CORDEX que no están incluidos en AdapteCCa. Además del número de modelos también se puede ampliar el número de escenarios o RCP. En este proyecto nos hemos centrado en el escenario que simula las emisiones más altas (RCP 8.5) pero es habitual añadir las series proyectadas de un escenario medio como es el RCP 4.5, sin embargo, dadas las evoluciones y también las previsiones, incluso de establecer un escenario con 500 ppm CO<sub>2</sub> en atmósfera, parece que en un futuro puede que el escenario medio sea precisamente el RCP 8.5.

El objetivo de realizar un estudio detallado complementario es evitar incertidumbres espaciales que se han detectado en este proyecto. Ciertas zonas no están tan bien representadas como nos gustaría. Por ejemplo, respecto a la variable temperatura, en la zona de Pirineos en general, los errores son mayores que en el resto de la comunidad. Para la variable precipitación se aprecian grandes diferencias entre la zona norte y la zona sur, lo achacamos a que son zonas de precipitación con distribuciones muy diferentes en el periodo actual. Esto puede ser debido a que en las zonas con orografía con mucho gradiente el modelo de *downscaling* numérico puede no realizar correctamente las predicciones.

También destacaría el efecto señal o faro que tiene la estación de Aibar, tanto en precipitación como en temperatura.

En este proyecto se ha utilizado la información de las proyecciones en rejilla, sin aplicar la corrección de sesgo, que sería la opción óptima. Sin embargo, se tomó la decisión de realizar



una selección de modelos que mejor representen la zona de Navarra, siendo esta una solución intermedia adecuada teniendo en cuenta el alcance del proyecto.

## **6.2 Análisis de resultados del estudio climático**

Se dispone de un gran número de proyecciones climáticas hoy en día. Por ello, es necesario efectuar una selección representativa de las mismas para poder realizar estudios de impacto. Dicha elección es importante, puesto que va a condicionar los resultados del análisis del impacto del cambio climático. En este sentido, pasamos a reseñar los problemas más importantes con los que nos hemos topado.

Hay mucha disparidad entre tipos de proyecciones, puntuales y en rejilla. Lo mismo que también la hay dentro de los diferentes modelos climáticos del mismo tipo.

De manera general, se observa que en las proyecciones puntuales los modelos basados en análogos proyectan temperaturas más bajas que aquellos basados en la técnica SDSM. La incertidumbre en precipitación es aún mayor. Los modelos de SDSM minusvaloran demasiado la precipitación, condicionando en gran medida los diferentes productos climatológicos extraídos a partir de ellos. Quizá sería recomendable no contar con ellos en futuros análisis de esta variable.

Además, las proyecciones puntuales no hacen un reparto diario de la precipitación coherente, en especial los modelos basados en la técnica SDSM. Lógicamente este comportamiento condiciona el resultado y la interpretación de los índices Climpact2, sobre todo aquellos que tengan que ver con extremos de precipitación, como el número de días de lluvia intensa, muy intensa, etc. Dicha discontinuidad es también observable en la temperatura, aunque en mucha menor medida.

Por otra parte, el clima simulado por modelos numéricos muestra desviaciones sistemáticas del clima observado, lo que limita su aplicabilidad a los modelos de impacto sin realizar una corrección de sesgo. Como ya se ha indicado anteriormente, las proyecciones en rejilla introducen demasiada precipitación en la comarca del Pirineo, con un repunte en la Sierra de Alaiz durante la época cálida, y hacen lo contrario en las comarcas de Larraun-Leitzaldea y del Bidasoa. En el conjunto de Navarra sobreestiman la precipitación, por lo que no captan de manera tan clara su reducción a lo largo del siglo XXI, tal y como indican las proyecciones en estaciones y otros estudios.

Por lo tanto, los resultados de los modelos climáticos deberían ser procesados posteriormente para que coincidan con el clima observado, tratando de corregir los sesgos.

### 6.3 Próximos pasos

Este estudio de variabilidad climática en Navarra corresponde a la Fase 1 de la asistencia técnica, de “Cambio Climático y medidas de gestión adaptativa del paisaje y medio construido en Navarra”.

Por tanto, los resultados que se obtienen de este estudio servirán de base para el desarrollo de las fases posteriores del proyecto. Se muestra en la Ilustración 46 el flujo de las fases en las que se estructura la asistencia técnica.

En el epígrafe 2.4, concretamente en la tabla 2-7, se indica la cadena de impacto en la que se utilizarán, cada uno de los índices climáticos calculados, en la fase 4 de “Análisis de vulnerabilidad y riesgo a nivel municipal”.

El proyecto finaliza con la fase 8 en la que se definirá un sistema de seguimiento y evaluación de la adaptación al cambio climático basada en un cuadro de mando específico, de forma que permita aportar información útil para una toma de decisiones fundamentada en el conocimiento del clima y sus implicaciones sobre el territorio de Navarra. El cuadro de mando a desarrollar se plantea alineado con la Hoja de Ruta HCCN-KLINA y con los objetivos del proyecto NAdapta-CC. Como parte de esta actividad se analizará que índices climáticos se incluyen en el cuadro de mando.

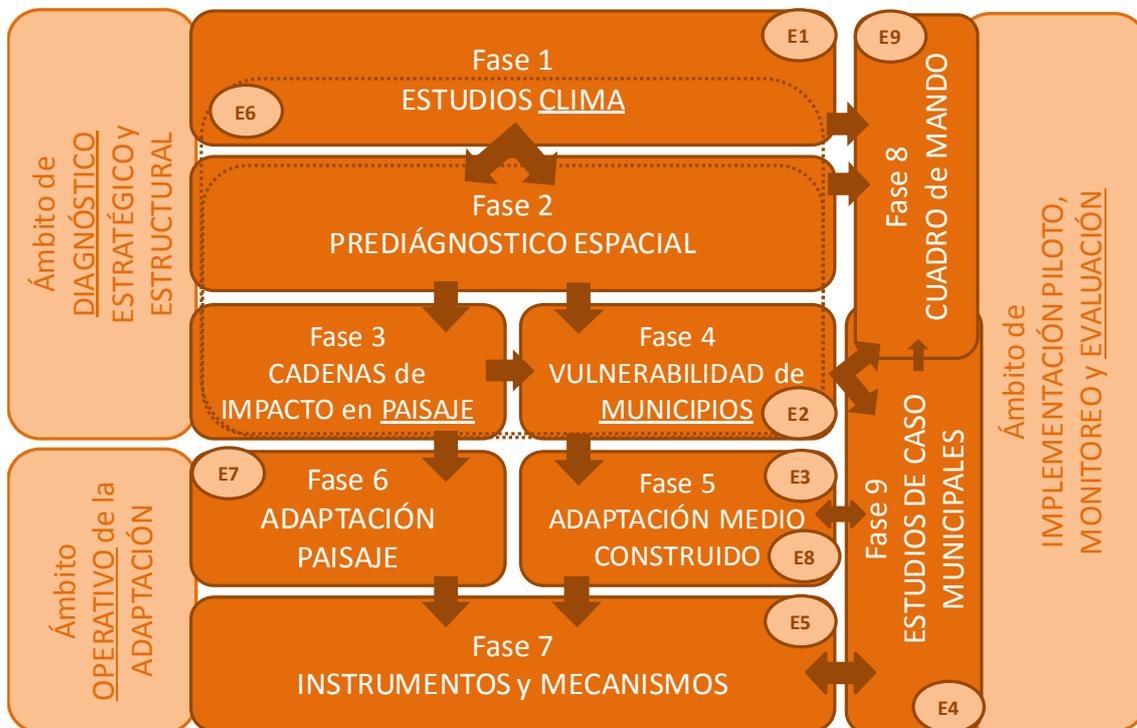


Ilustración 46. Flujo de las fases de trabajo y relación de entregables

Listado de entregables contemplados en el marco del proyecto:



- N** Entregable 1: Informe sobre las áreas climáticas de Navarra y las condiciones generales del clima previsto en Navarra;
- N** Entregable 2: Informe sobre las cadenas de impacto previsibles en Navarra;
- N** Entregable 3: Listado provisional de medidas de gestión adaptativa del tejido construido;
- N** Entregable 4: Informe sobre aplicación de las medidas de gestión adaptativa en los estudios de caso previstos;
- N** Entregable 5: Informe final sobre modificaciones necesarias en los marcos legislativos;
- N** Entregable 6: Contribución a Contenidos y premaqueta de una posible publicación denominada "Los climas futuros de Navarra";
- N** Entregable 7: Contribución a Propuesta de materiales y contenidos premaquetados para una "Guía temática de paisaje y cambio climático";
- N** Entregable 8: Propuesta de contenidos y materiales premaquetados para una "Guía de urbanismo y arquitectura Bioclimática en la Navarra de 2060" ;
- N** Entregable 9: Contribución a Cuadro de mando y gestión del seguimiento de los indicadores de gestión adaptativa.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Amann, J. [1929]: L'hygrothermie du climat, facteur determinant la repartition des especes atlantiques. *Revue Bryol.*, 56:126-133.

Caussinus, H. y Mestre, O. [2004]: Detection and correction of artificial shifts in climate series. *J. Roy. Stat. Soc. Series C53*: 405-425.

Coll, J.; Domonkos, P.; Curley, M.; Aguilar, E.; Walsh, S.; Sweeney, J. [2017]: Relative homogenisation of a dense monthly precipitation station network in Ireland. *EMS Annual Meeting Abstracts*, Vol. 14, EMS2017-62.

Conrad, V. [1946]: Usual formulas of continentality and their limits of validity. *Transactions, American Geophysical Union*, Volume 27, Issue 5, p. 663-664.

De Martonne E. [1925]: *Traite de Geographie Physique*. 3 tomes, Paris.

Díaz San Andrés, A. [2016]: [www.biogeografia.net.au.net](http://www.biogeografia.net.au.net) [versión 4.0]

Domonkos, P. [2011]. Adapted Caussinus-Mestre Algorithm for Networks of Temperature Series [ACMANT]. *Int. J. Geos.* 2: 293-309.

Domonkos, P. [2014]. Homogenisation of precipitation time series with ACMANT. *Theoretical and Applied Climatology*. 118:1-2. DOI 10.1007/s00704-014-1298-5.

Domonkos, P. y Coll, J. 2017: Homogenisation of temperature and precipitation time series with ACMANT3: Method description and efficiency tests. *Int. J. Climatol*, 37, 1910-1921. doi:10.1002/joc.4822.

Emberger, L. [1955]: Une classification biogeographique des climats. *Receuil des travaux des laboratoires de botanique, geologie et zoologie de la faculte des sciences de l'universite de Montpellier [Serie Botanique]*, Fascicule 7, 3-43.

Gams, H., 1932: Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalitaet in den Alpen. *Zeitschr. Ges. Erdkunde*, Berlin.

Guijarro, J.A.; Domonkos, P.; López, J.A.; Aguilar, E.; Brunet, M. [2016]: Comparación De Métodos De Homogeneización De Series: Primeros Resultados Del Proyecto Multitest. X Congreso Internacional AEC: Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio. Alicante.

Goovaerts, P. [1997]. *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Oxford University Press, New York.

Gorczyński, L. [1920]: Sur le calcul du degre de continentalisme et son application dans la climatologie. *Geografiska Annaler* 2, 324-331.



Gausson, H. y Bagnouls, F. [1952]. L'indice xérothermique. Bulletin de l'association des Géographes français: 10-16.

Hargreaves, G.H., y Samani, Z.A. [1985]: Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture, 1[2]:96-99

Herrera et. al. [2012]: Development and Analysis of a 50 year high-resolution daily gridded precipitation dataset over Spain [Spain02]. International Journal of Climatology, 32:74-85 DOI: 10.1002/joc.2256.

Herrera et. al. [2016]: Update of the Spain02 Gridded Observational Dataset for Euro-CORDEX evaluation: Assessing the Effect of the Interpolation Methodology. International Journal of Climatology, 36:900-908. DOI: 10.1002/joc.4391.

Klein, A.; Zwiers, F.; Zhang X. [2009]: Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. Climate Data and Monitoring WCDMP-No. 72.

Kotlarski et. al. [2017]: Observational uncertainty and regional climate model evaluation: a pan-European perspective. International Journal of Climatology, DOI: 10.1002/joc.5249.

Lang, R. [1920]: Verwitterung und Bodenbildung als Einfuehrung in die Bodenkunde. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart

Lebourgeoise, F. [2010]: Cours de bioclimatologie a l'usage des forestiers. Departement SIAFEE, UFR Forêts, Arbres et Milieux Naturels. ENGREF, Nancy Cedex.

McKee T B, Doesken N J y Kleist J 1993 The relationship of drought frequency and duration to time scales Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology vol 17 [American Meteorological Society Boston, MA, USA] pp 179-83.

Mestre, O., Domonkos, P., Picard, F, Auer, I., Robin, S. et al [2013]: HOMER: a homogenization software – methods and applications. Idojaras. 117 [1]: 47-67.

Michalet, R., y Souchier, B. [1991]: Une approche synthetique biopedoclimatique del montagnes mediterraneennes: l'exemple du Maroc septentrional. Thesis, Univ. J. Fourier, Grenoble, 273 pp.

Nairn J R y Fawcett R G 2013 Defining heatwaves: heatwave defined as a heat-impact event servicing all community and business sectors in Australia [Centre for Australian Weather and Climate Research] Online: [http://www.cawcr.gov.au/technical-reports/CTR\\_060.pdf](http://www.cawcr.gov.au/technical-reports/CTR_060.pdf).

Nairn J. R. y Fawcett J. B. [2015]: The Excess Heat Factor: A Metric for Heatwave Intensity and Its Use in Classifying Heatwave Severity. Int. J. Environ. Res. Public Health 2015, 12, 227-253.

Oria, P. [2017]: Evolución de los indicadores climáticos en Navarra. Delegación Territorial de AEMET en Navarra.





Perkins S E y Alexander L V 2013 On the Measurement of heatwaves J. Clim. 26 4500–17  
Online: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00383.1>.

Picard, F., Lebarbier, E., Hoebeke, M., Rigaiil, G., Thiam, B. and Robin, S. [2011]: Joint segmentation, calling and normalization of multiple CGH profiles. *Biostatistics*. 12: 413–428.

Rivas-Martínez, S. [1987]: Memoria del mapa de series de vegetación de España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Rivas-Martinez - <http://www.globalbioclimatics.org/>.

Thornthwaite, C.W. [1948]: An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, Vol. 38, No. 1[Jan.]:55–94.

Thornthwaite, C.W. y J.R. Mather [1955]. The water balance. *Laboratory of Climatology*, No. 8, Centerton NJ.

Trewartha, G.T. y Lyle, H.H. [1980]: An Introduction to Climate. MacGraw - Hill, 5th Ed. Appendix: Koeppen's Classification of Climates.

UNEP [United Nations Environment Programme] [1997]: World atlas of desertification. 2ED, UNEP, London.

Venema, V., O. Mestre, E. Aguilar, I. Auer, J. Guijarro, P. Domonkos, G. Vertacnik, T. Szentimrey, P. Stepanek, P. Zahradnicek, J. Viarre, G. Müller-Westermeier, M. Lakatos, C. Williams, M. Menne, R. Lindau, D. Rasol, E. Rustemeier, K. Kolokythas, T. Marinova, L. Andresen, F. Acquaotta, S. Fratianni, S. Cheval, M. Klancar, M. Brunetti, C. Gruber, M. Prohom-Duran, T. Likso, P. Esteban, T. Brandsma [2012]: Benchmarking homogenization algorithms for monthly data. *Climate of the Past*, 8, 89–115.

Vicente-Serrano S M, Beguería S y López-Moreno J I 2010 A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index J. Clim. 23 1696–718 Online: <http://dx.doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>.

Weigel, A. P. et. al. [2010]: Risks of Model Weighting in Multimodel Climate Projections. *Journal of Climate* 23: 4175–4191.

World Meteorological Organization [1989]: Calculation of Monthly and Annual 30-year Standard Normals [WMO/TD-No. 341]. Geneva.

———, [2003]: Guidelines on Climate Metadata and Homogenization [WMO/TD-No. 1186]. Geneva.

———, [2007]: The Role of Climatological Normals in a Changing Climate [WMO/TD-No. 1377]. Geneva.

———, [2009]: Handbook on CLIMAT and CLIMAT TEMP reporting [WMO/TD-No. 1188]. Geneva.





—, [2011]: Guide to Climatological Practices [WMO-No. 100]. Geneva.

—, [2012]: Standardized Precipitation Index User Guide [7 bis, avenue de la Paix – P.O. Box 2300 – CH 1211 Geneva 2 – Switzerland]

Online: [http://www.wamis.org/agm/pubs/SPI/WMO\\_1090\\_EN.pdf](http://www.wamis.org/agm/pubs/SPI/WMO_1090_EN.pdf)

—, [2014]: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation [WMO-No. 8]. Geneva.

—, [2015]: Seventeenth World Meteorological Congress [WMO-No. 1157]. Geneva.

—, [2016a]: Manual on Codes, Volume I.1, Annex II to the WMO Technical Regulations, Part A – Alphanumeric Codes [WMO-No. 306]. Geneva.

—, [2016b]: Technical Regulations, Basic Documents No. 2, Volume I – General Meteorological Standards and Recommended Practices [WMO-No. 49]. 2015 edition, updated in 2016. Geneva.

—, [2017]: Manual on the WMO Integrated Global Observing System [WMO-No. 1160]. 2015 edition, updated in 2017. Geneva.

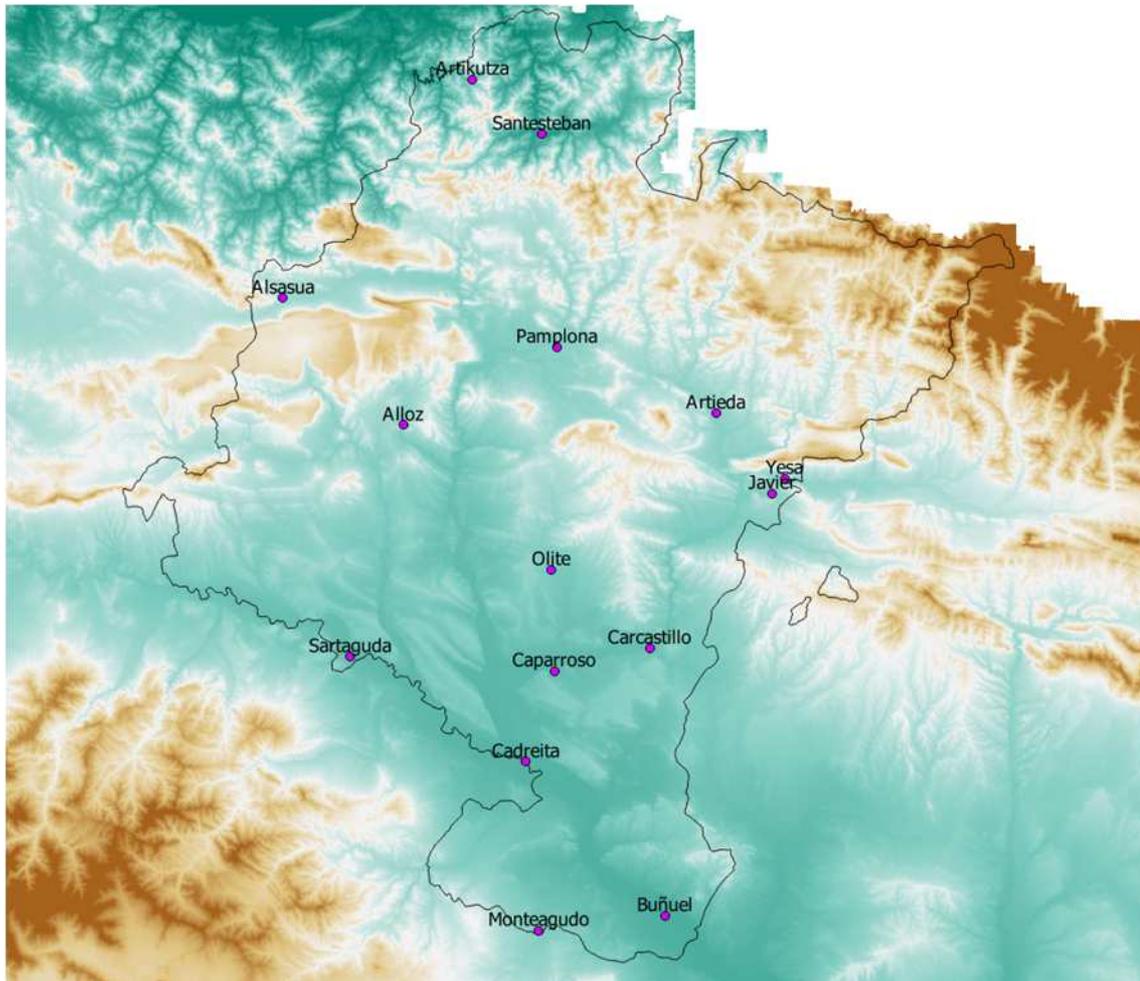
—, [2017]: WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals [WMO-No. 1203]. Geneva.

Zorita, E, y H von Storch [1999]: The Analog Method as a Simple Statistical Downscaling Technique: comparison with More Complicated Methods. *Journal of Climate* 12: 2474–89.

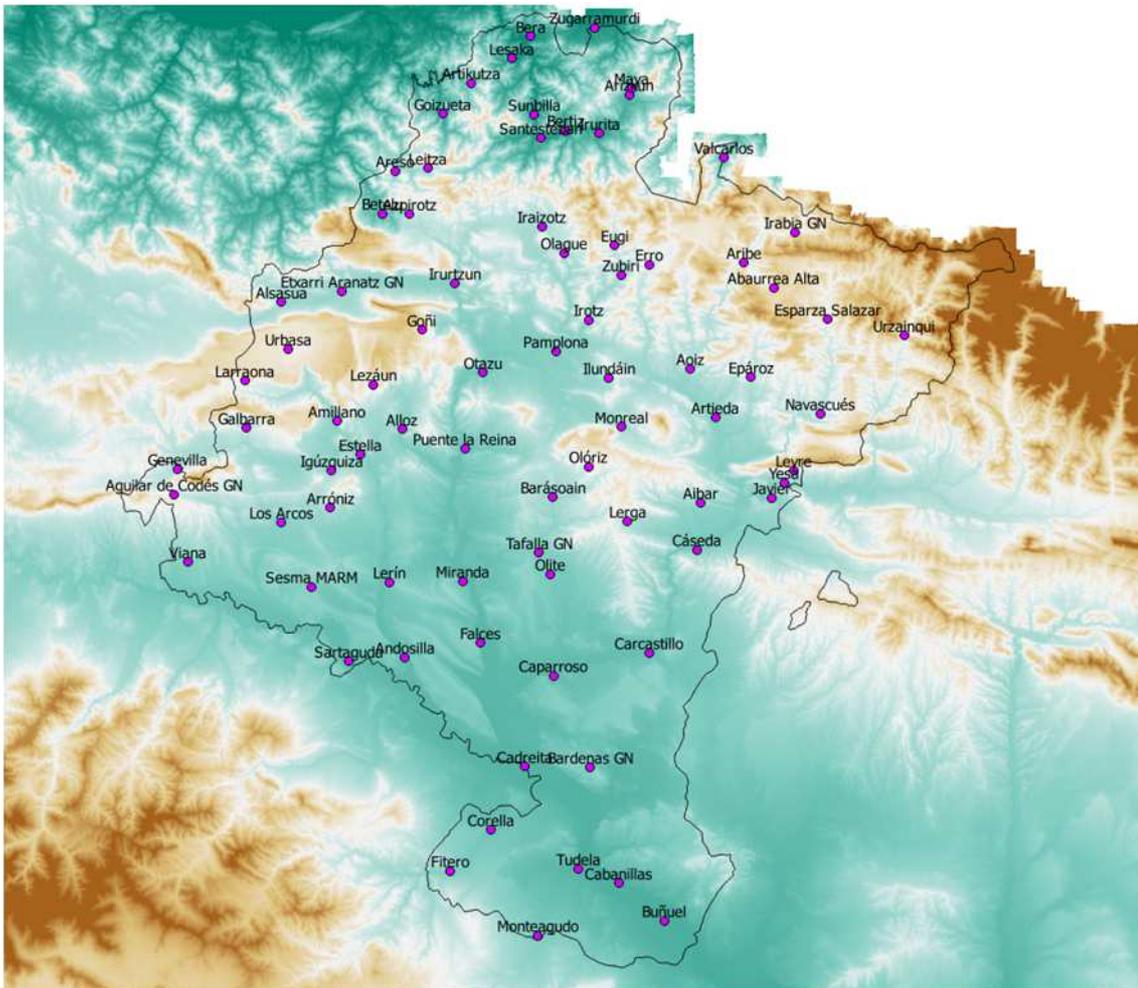


## 8. ANEXO 1. MAPAS CLIMÁTICOS MENSUALES

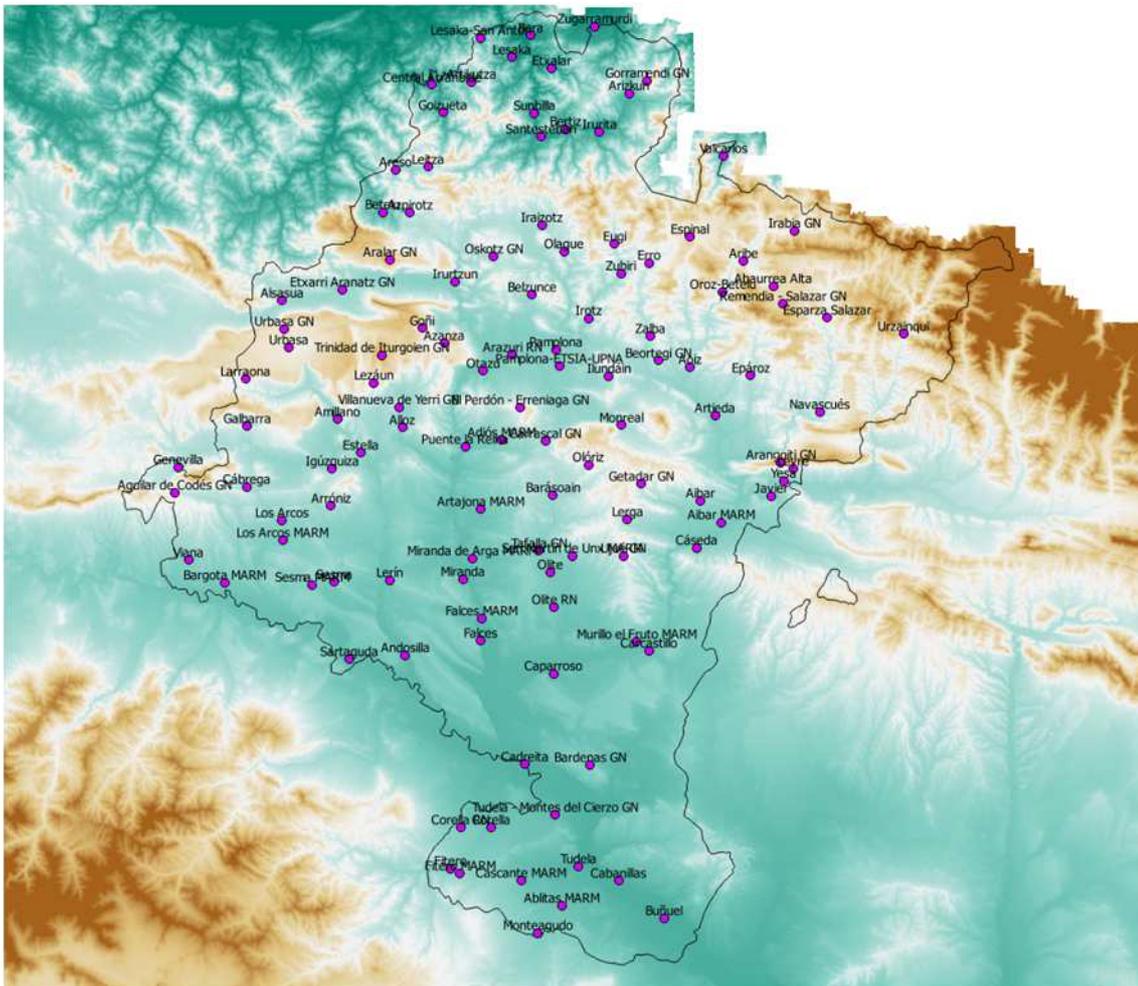
### 8.1 Red de estaciones meteorológicas de Navarra



Red de estaciones meteorológicas del periodo 1961-1990 [con menos del 20 % de valores faltantes].



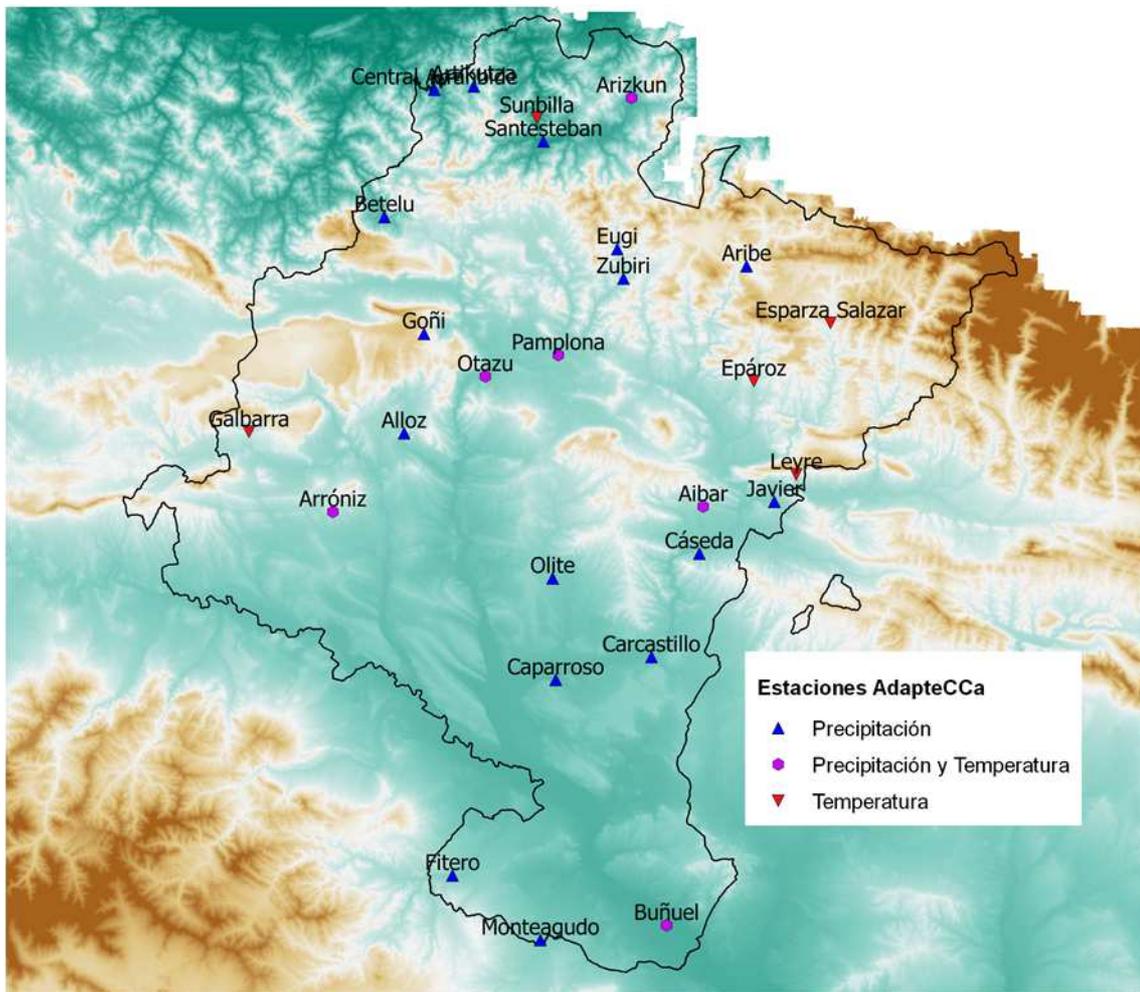
Red de estaciones meteorológicas del periodo 1991-2017 [con menos del 20 % de valores faltantes].



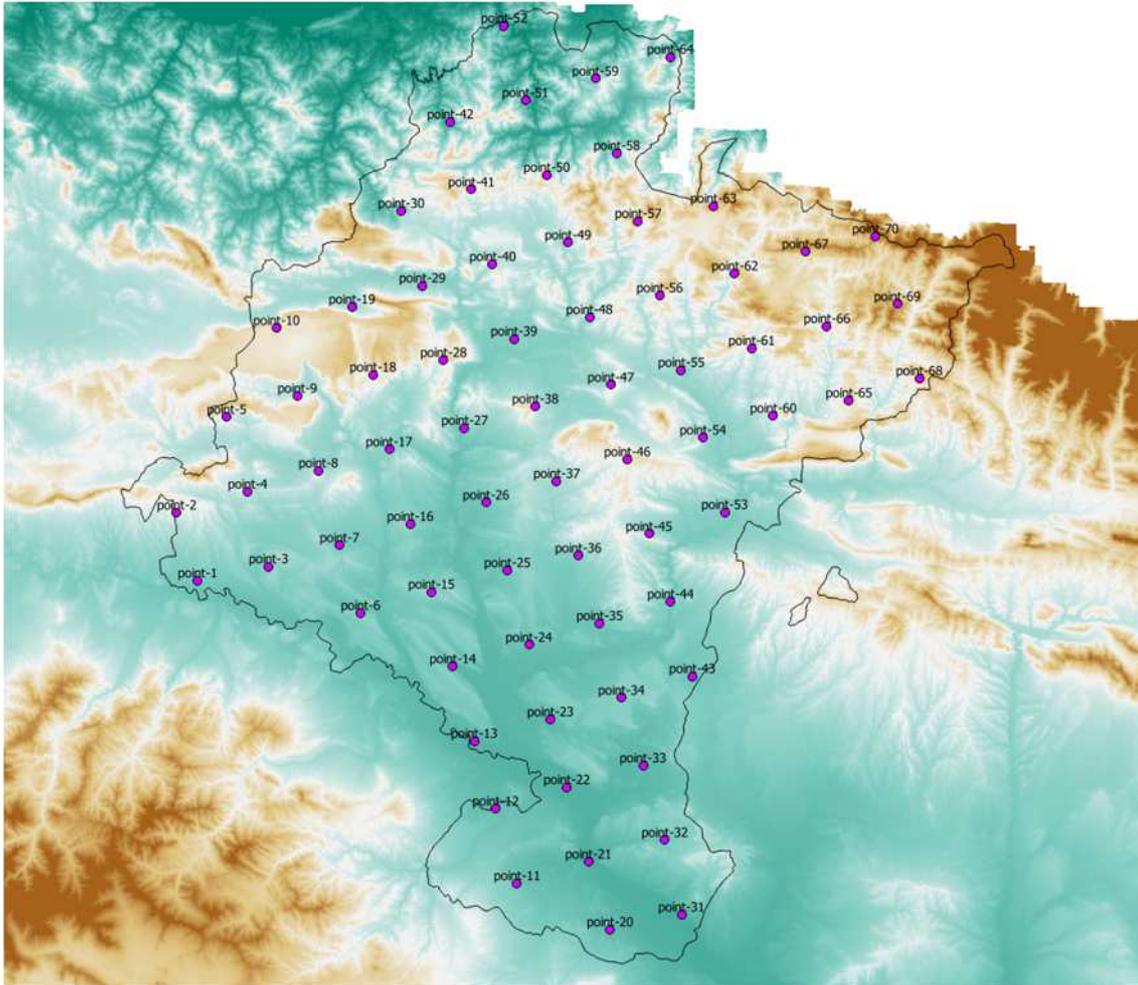
Red de estaciones meteorológicas del periodo 2006-2017 [con menos del 20 % de valores faltantes].

**N**

## 8.2 Puntos de rejilla de los modelos numéricos AdapteCCa en Navarra

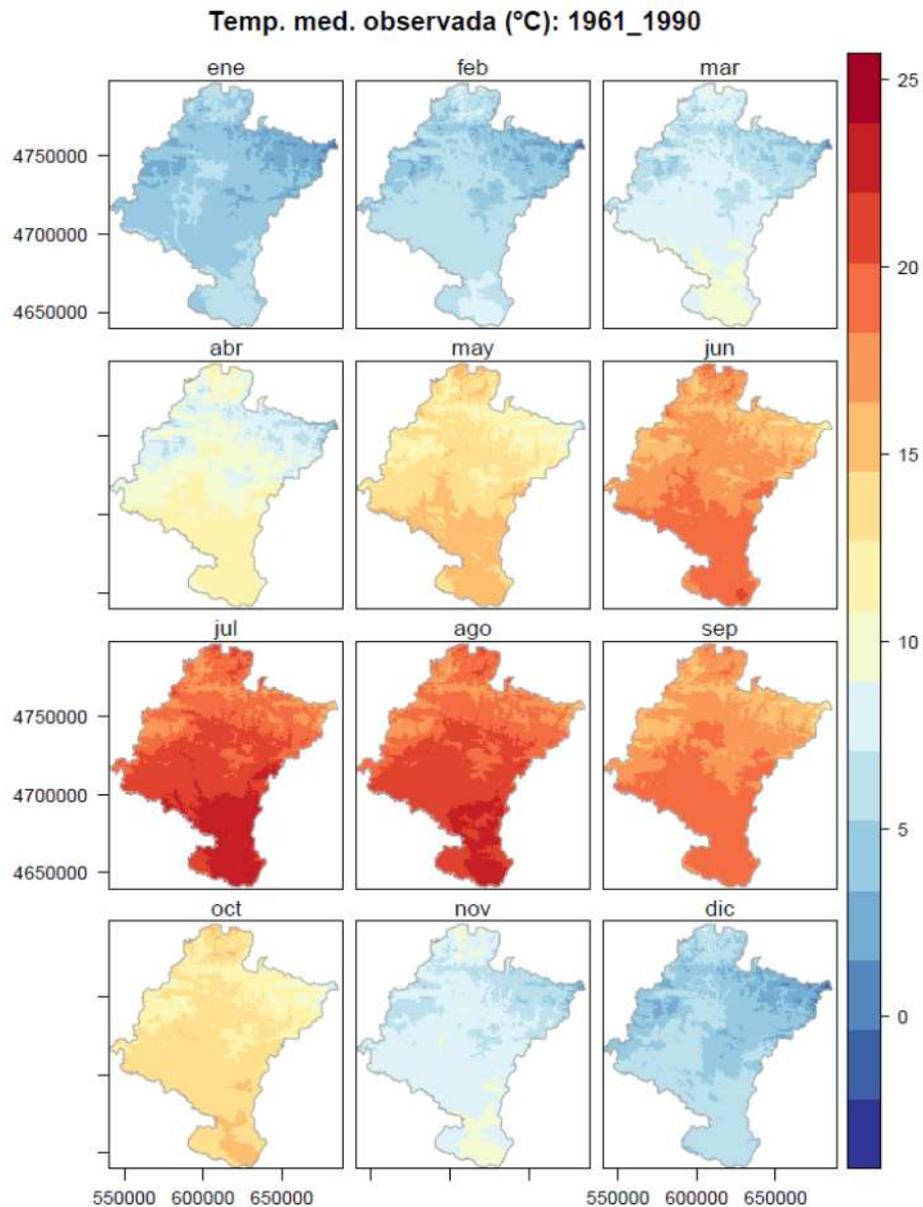


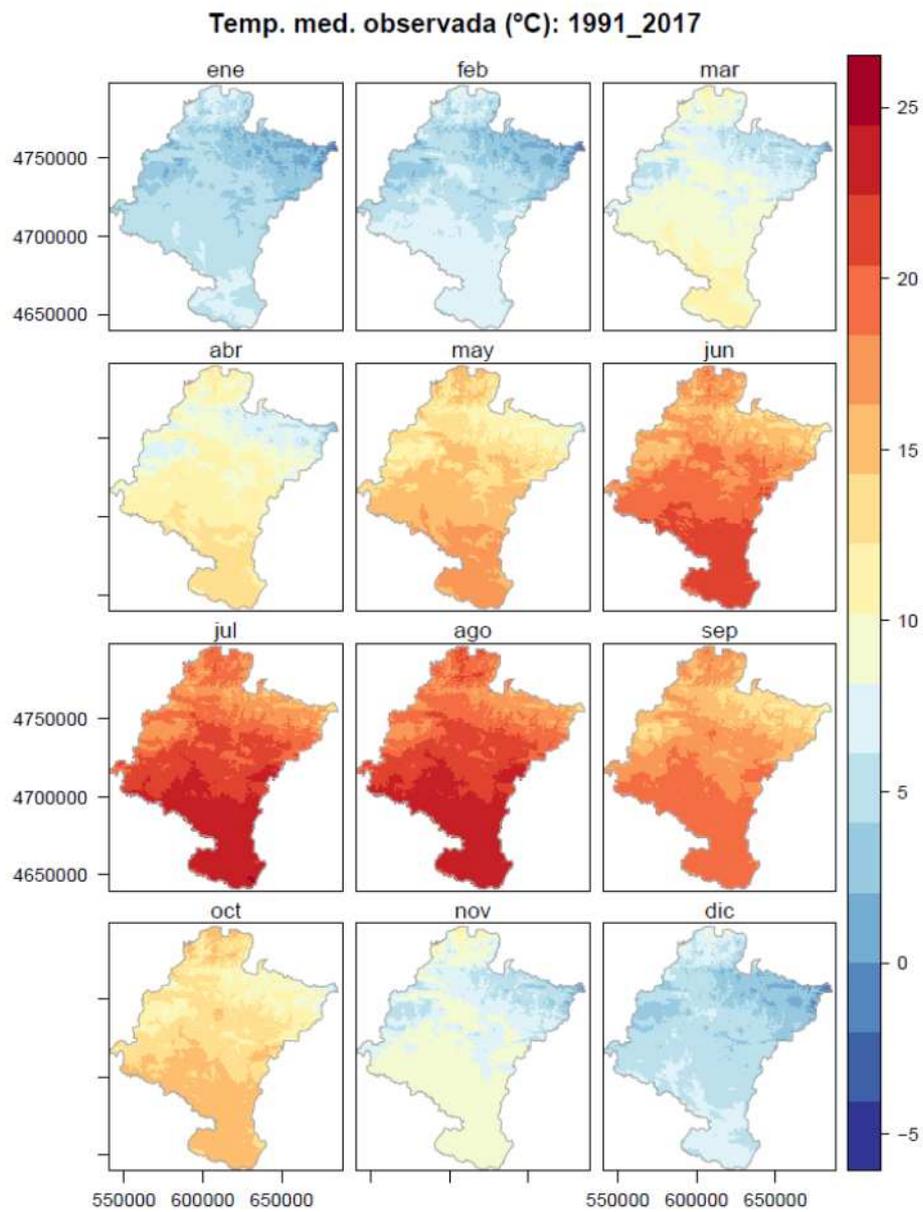
Red de estaciones meteorológicas disponibles en AdapteCCa.

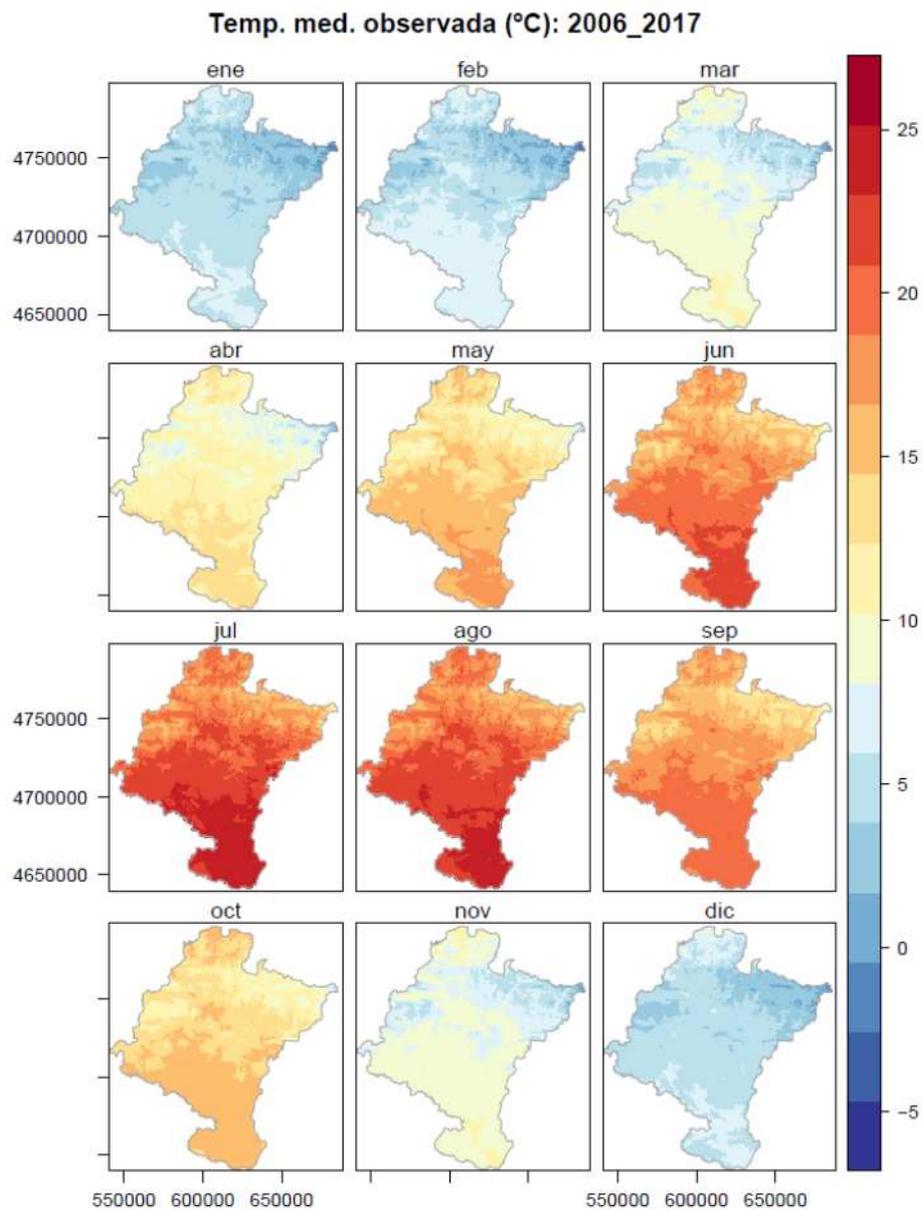


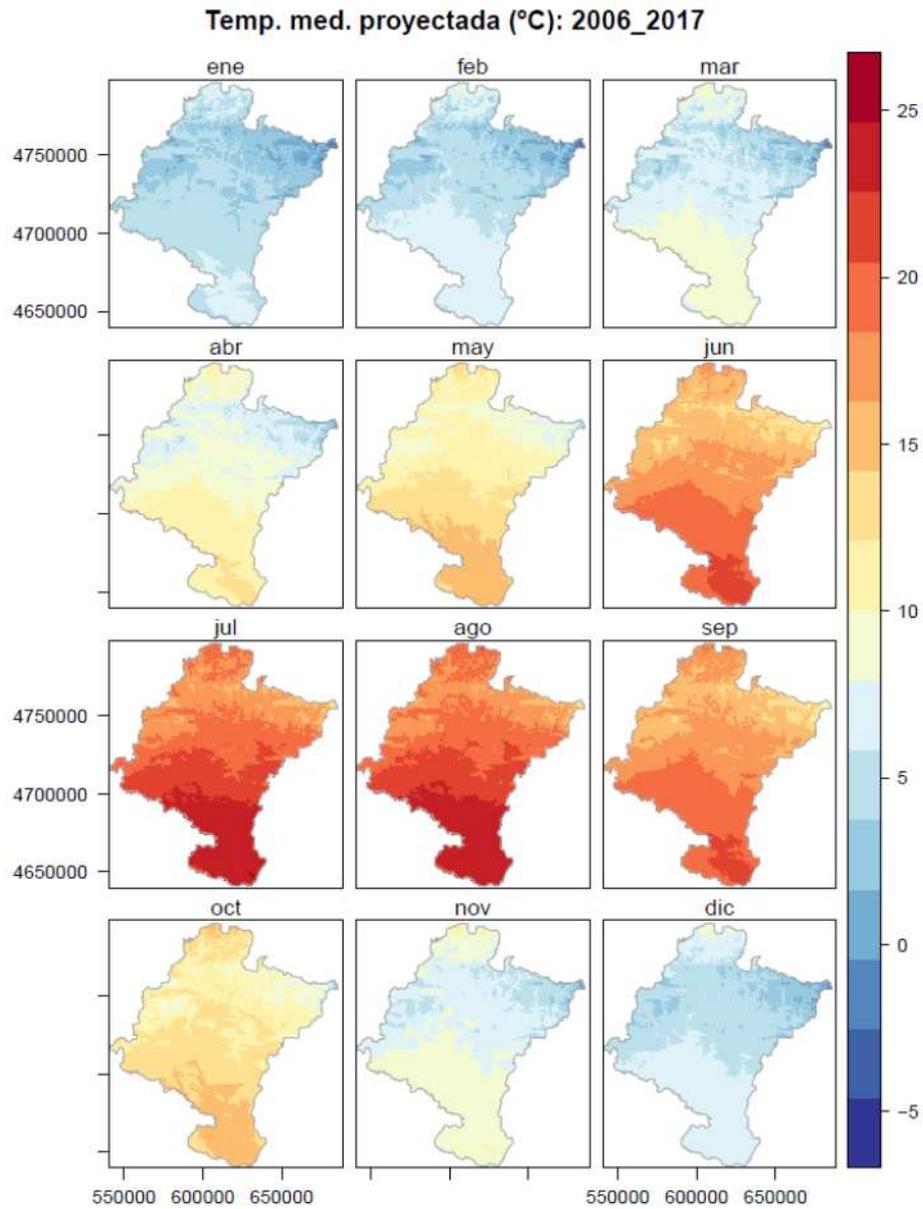
Puntos de rejilla de los modelos numéricos en AdapteCCa.

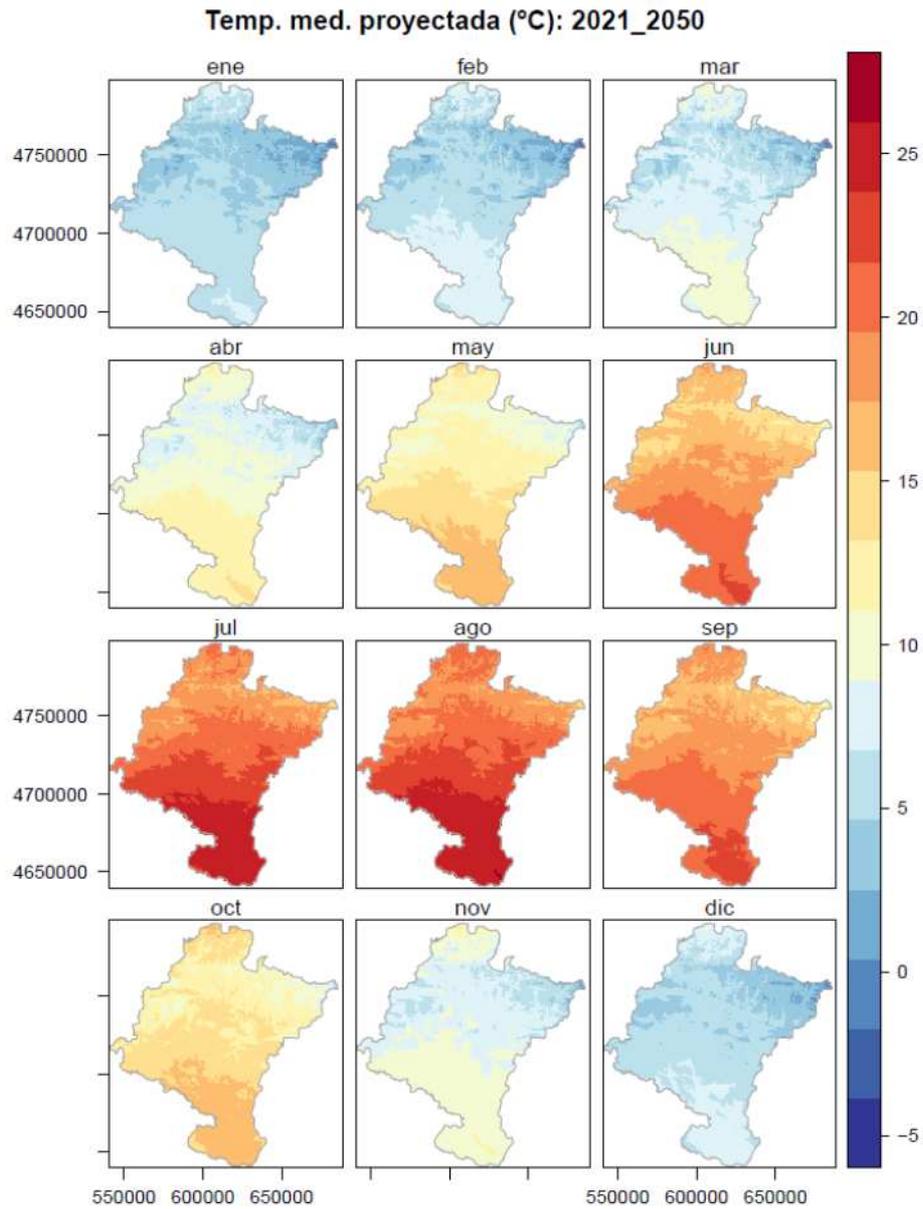
### 8.3 Temperatura media

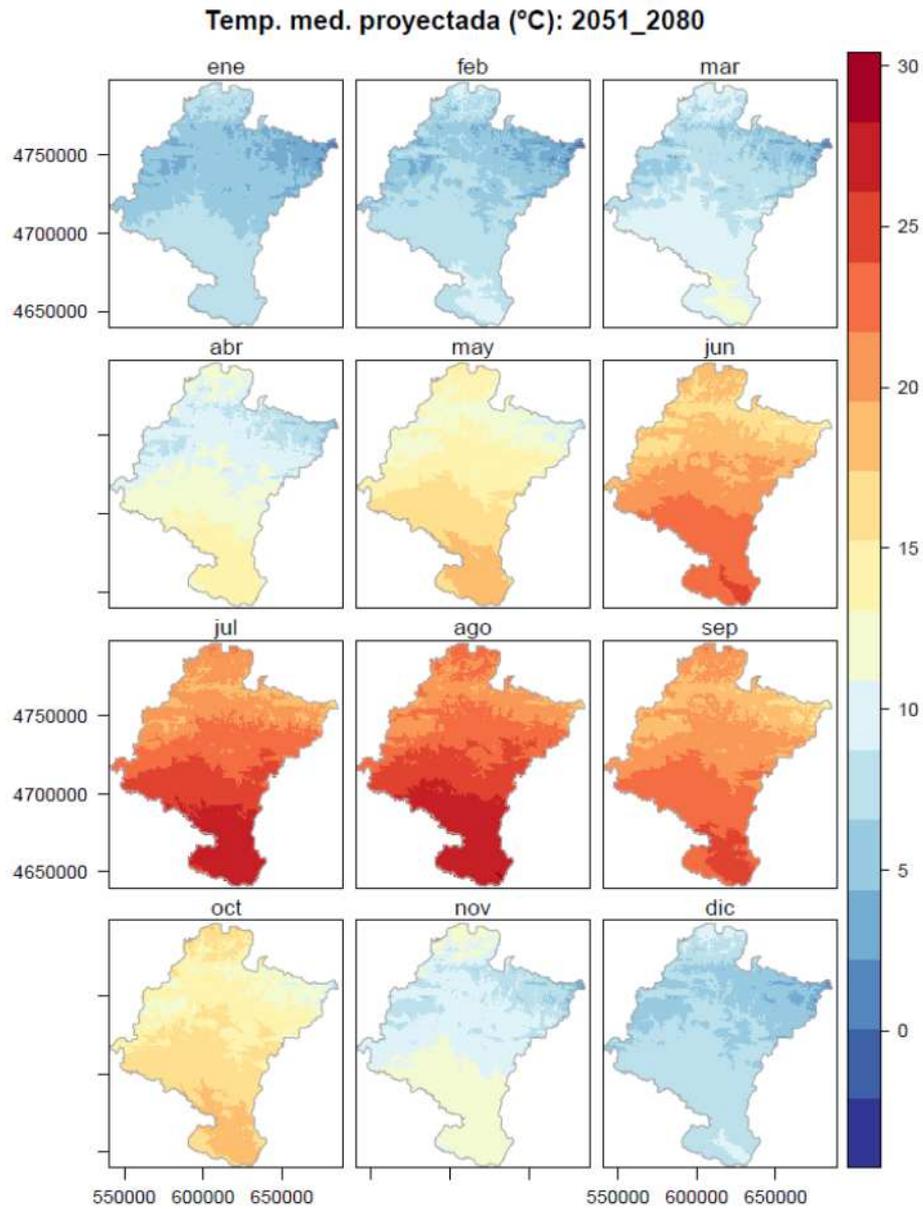




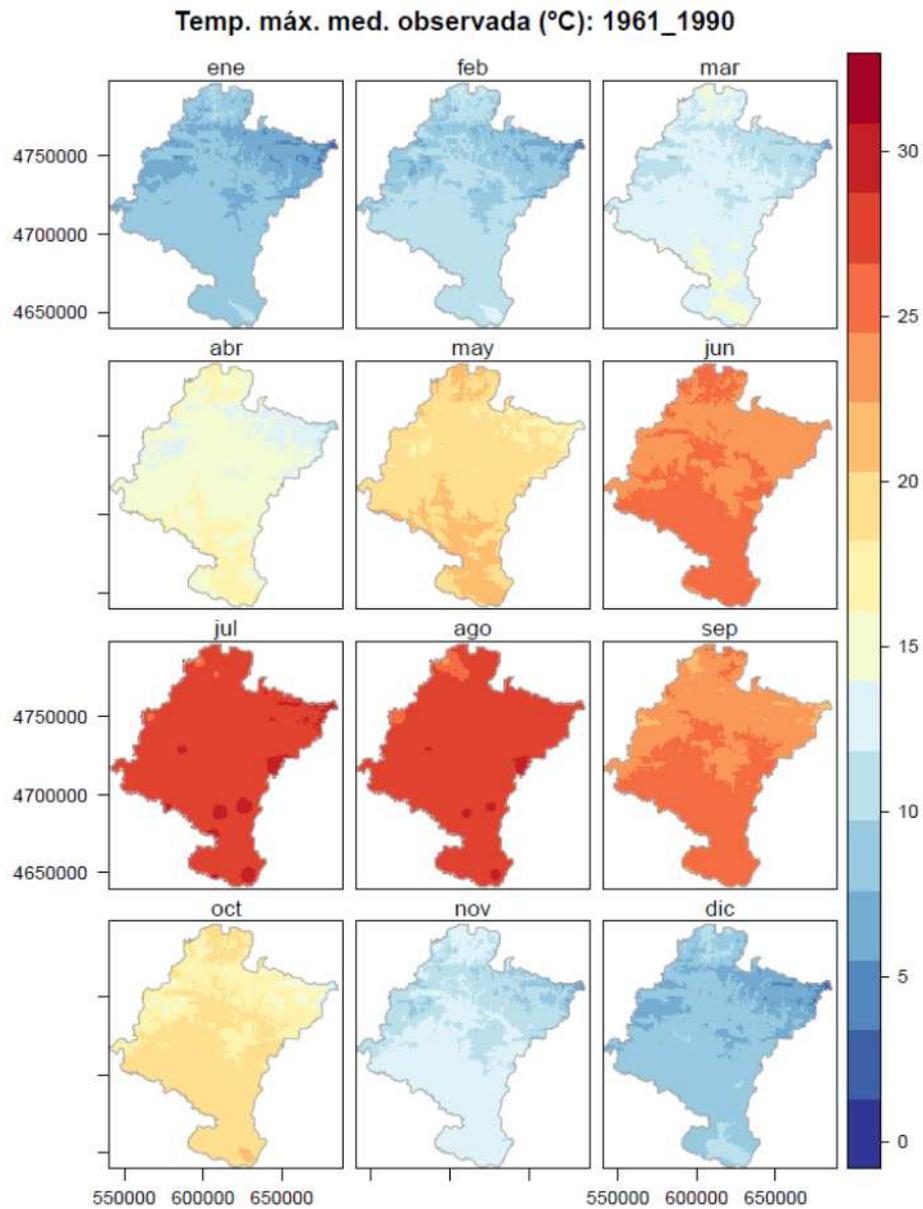


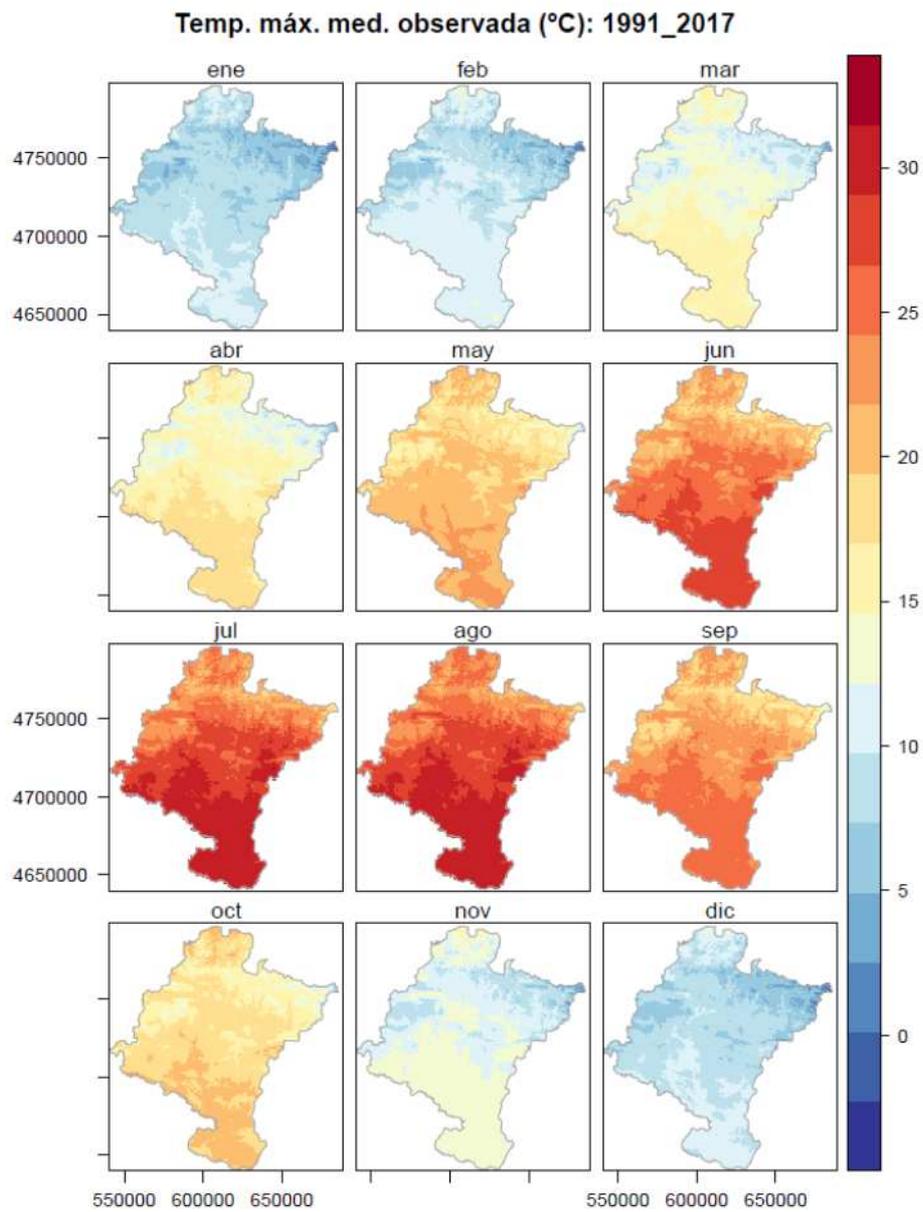


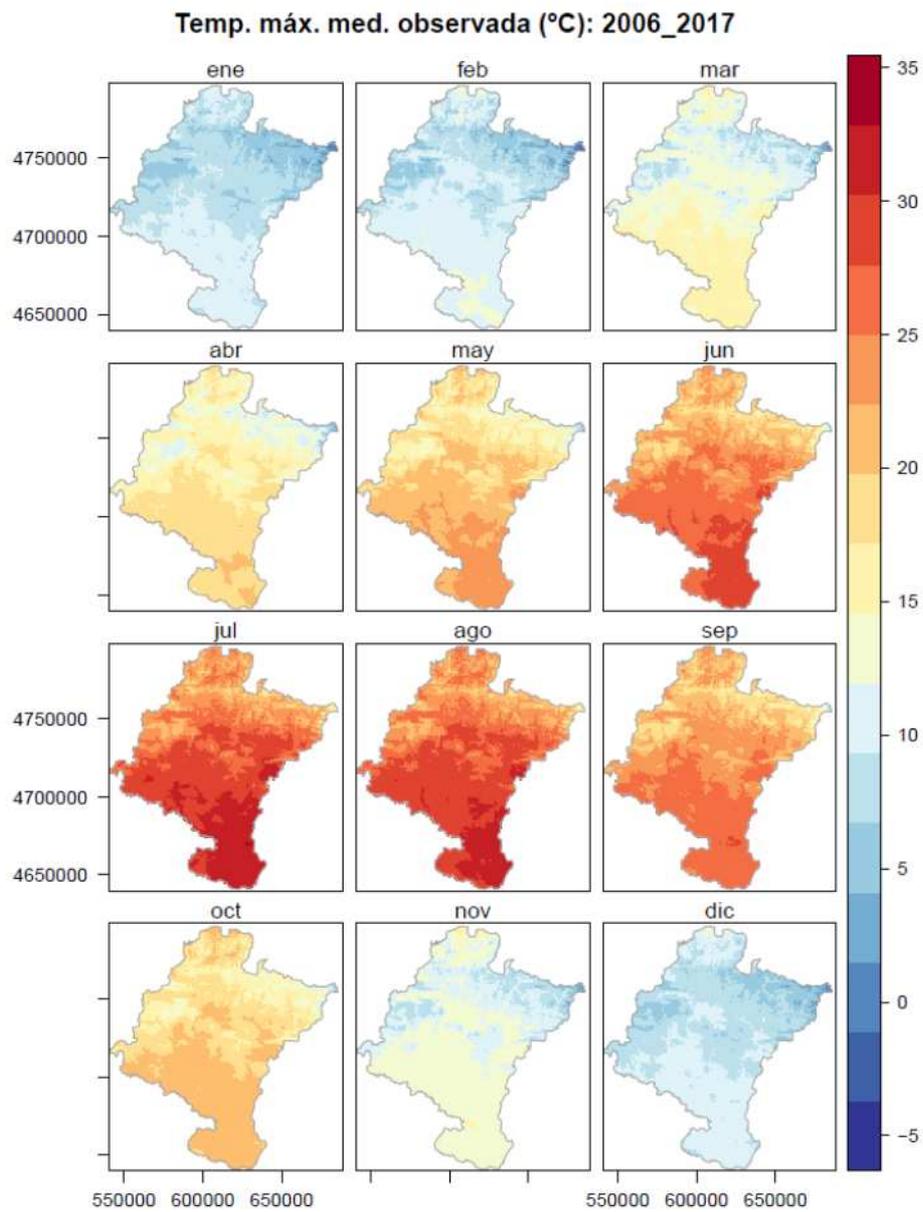


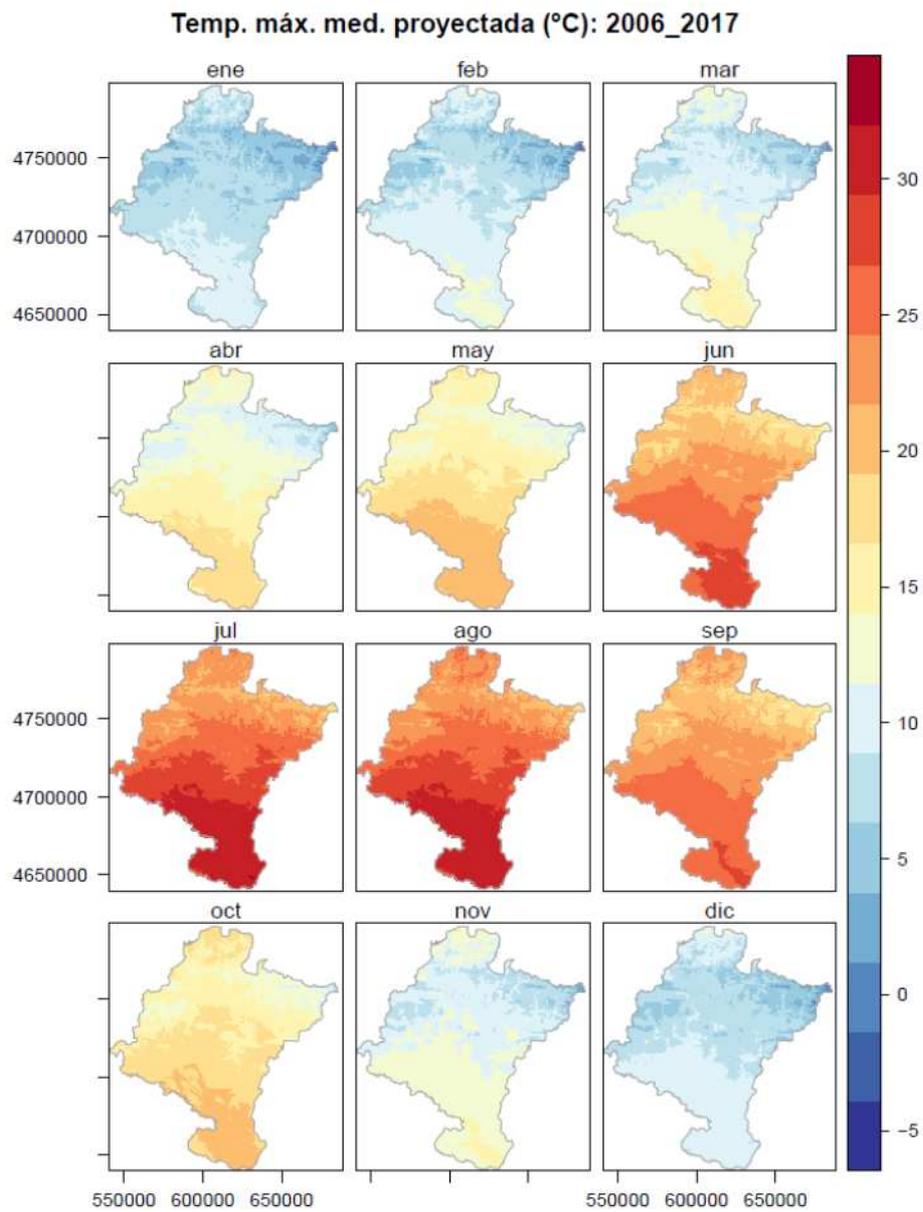


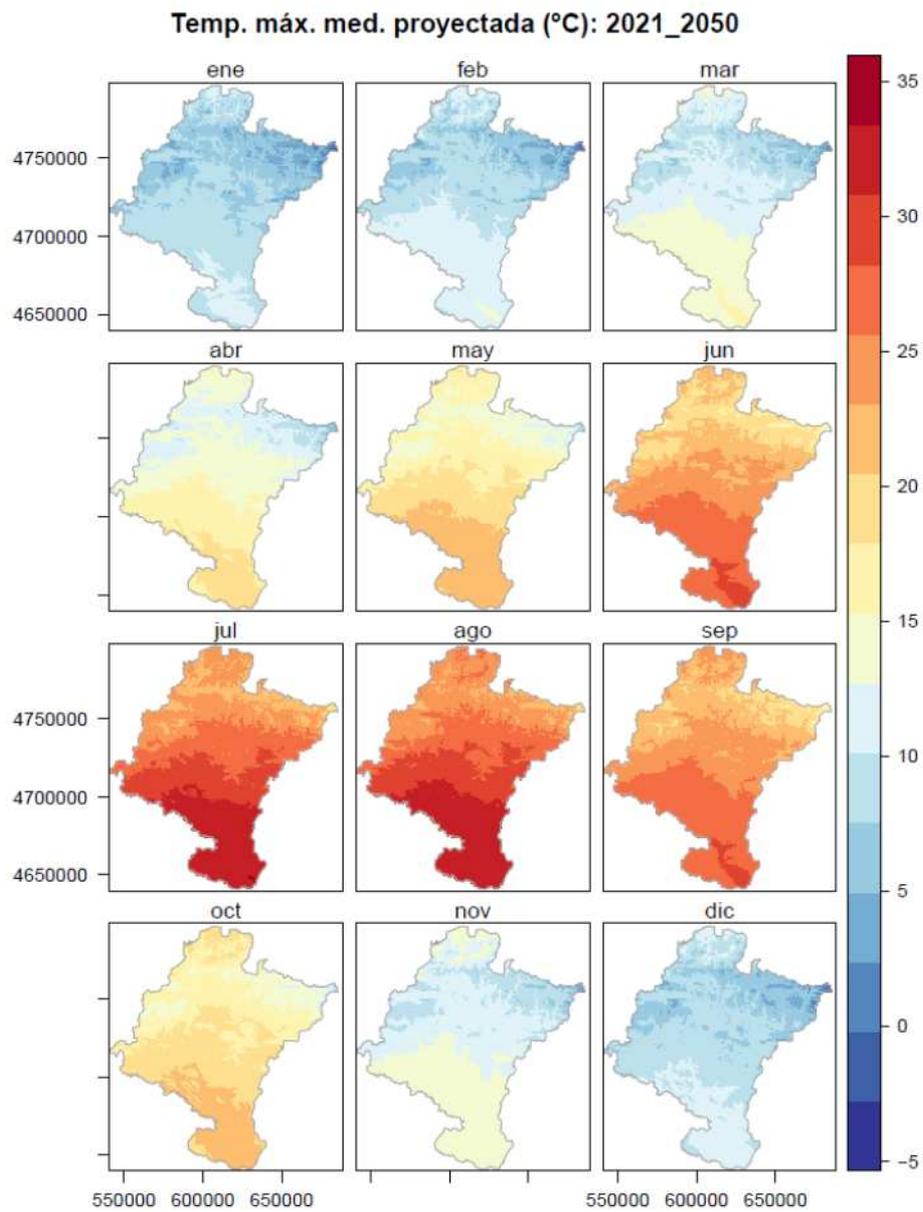
## 8.4 Temperatura máxima media

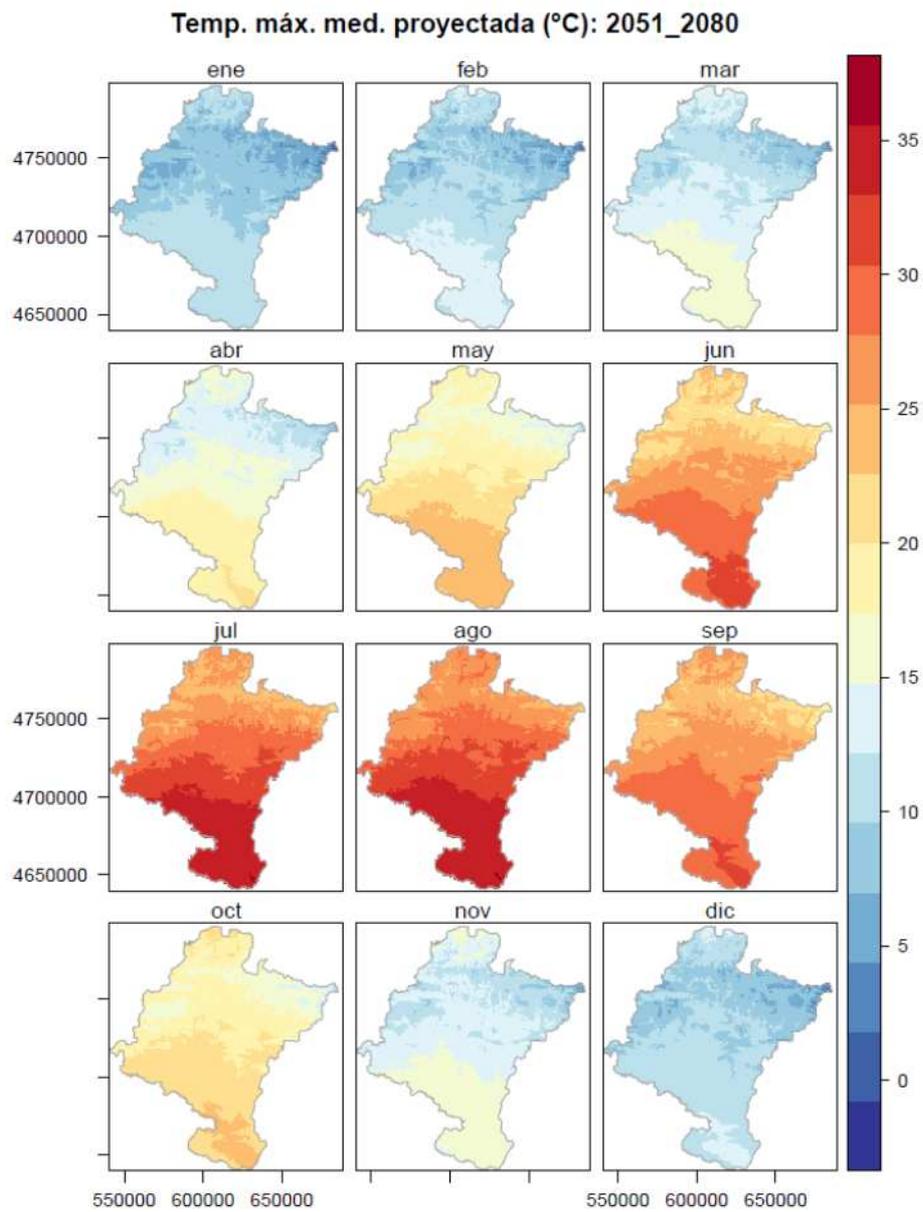




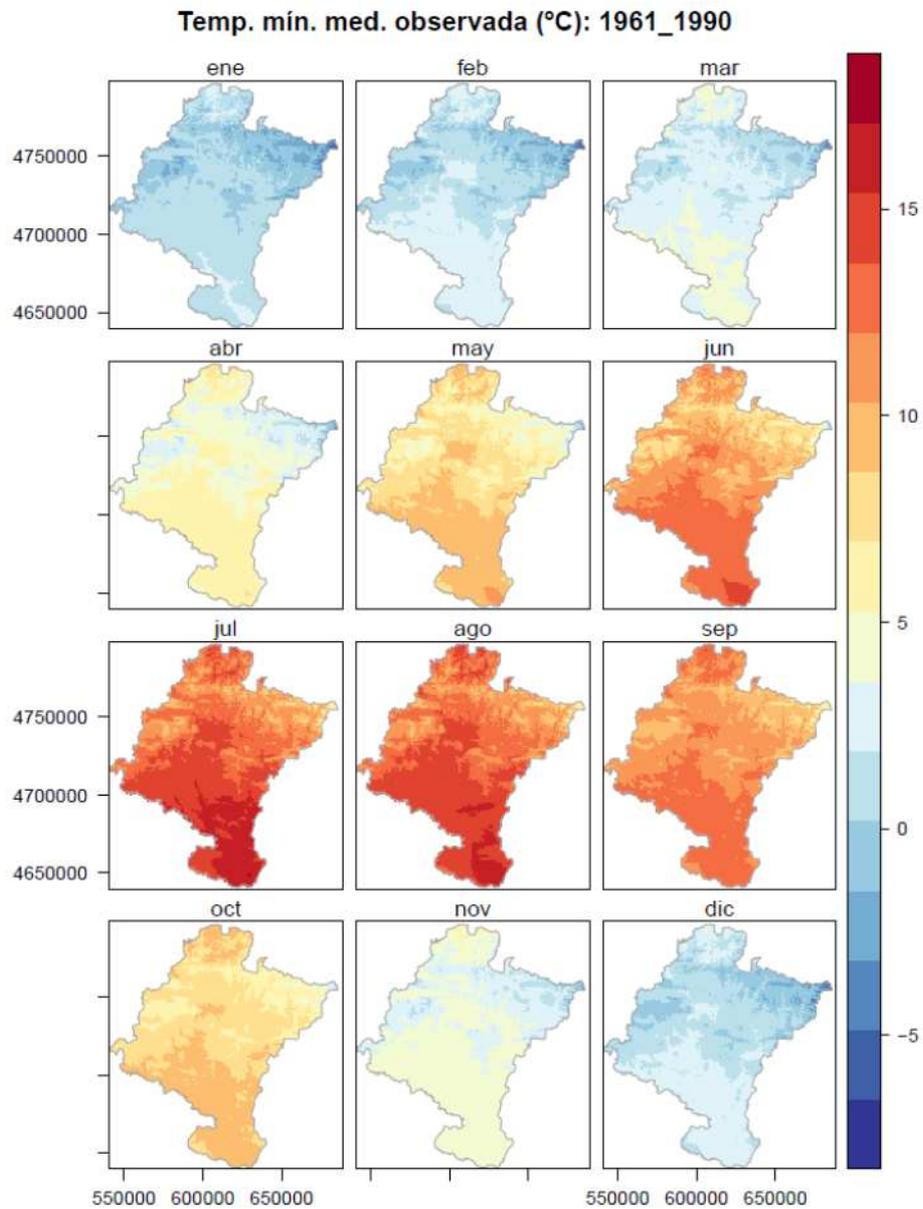


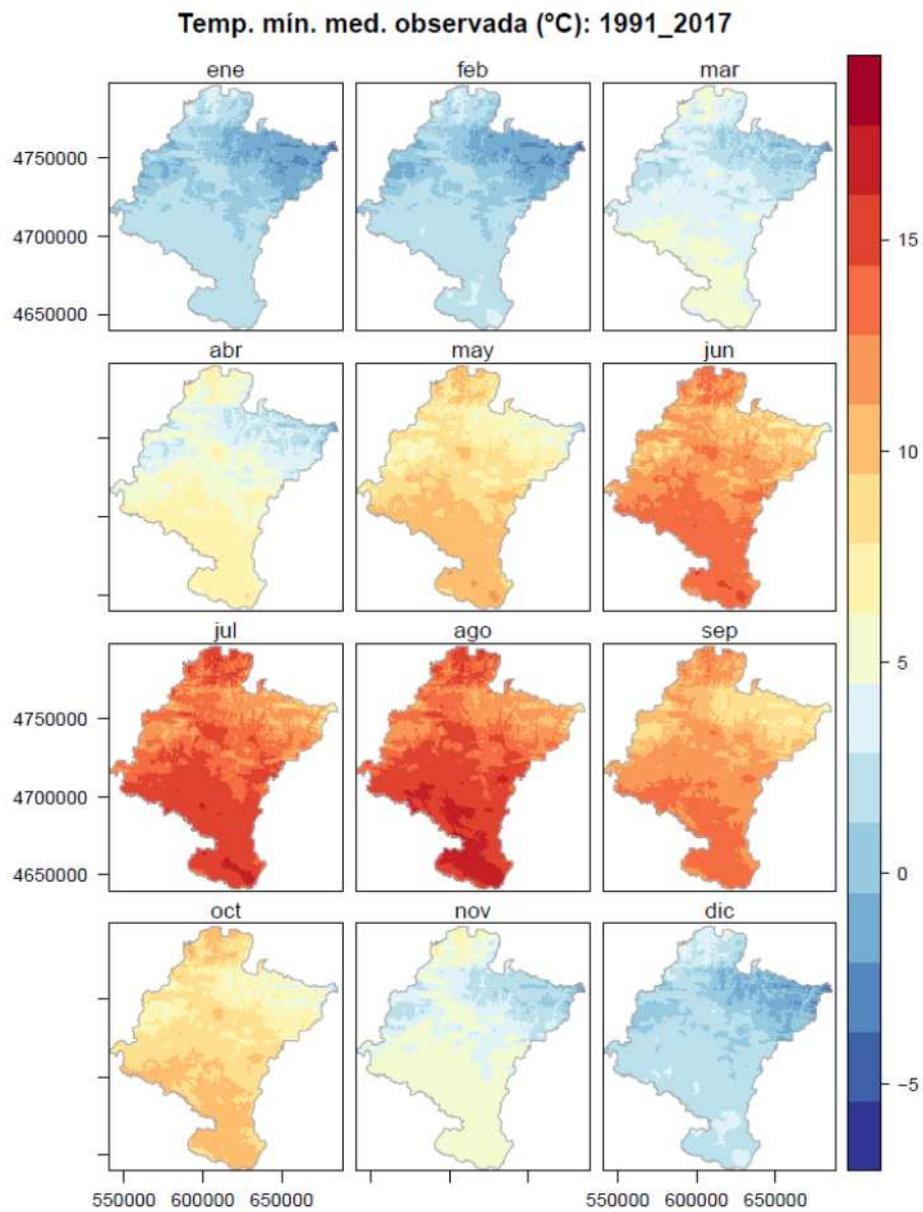


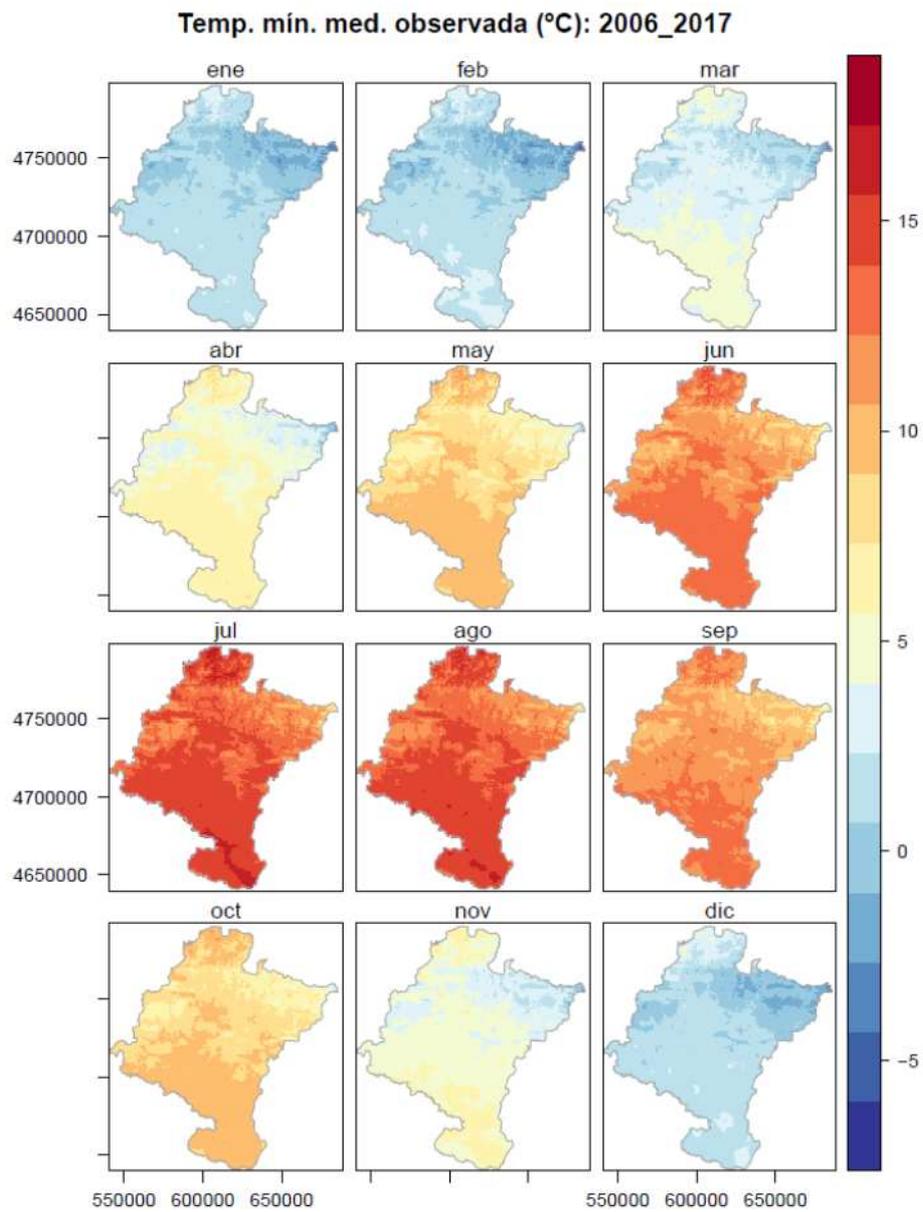


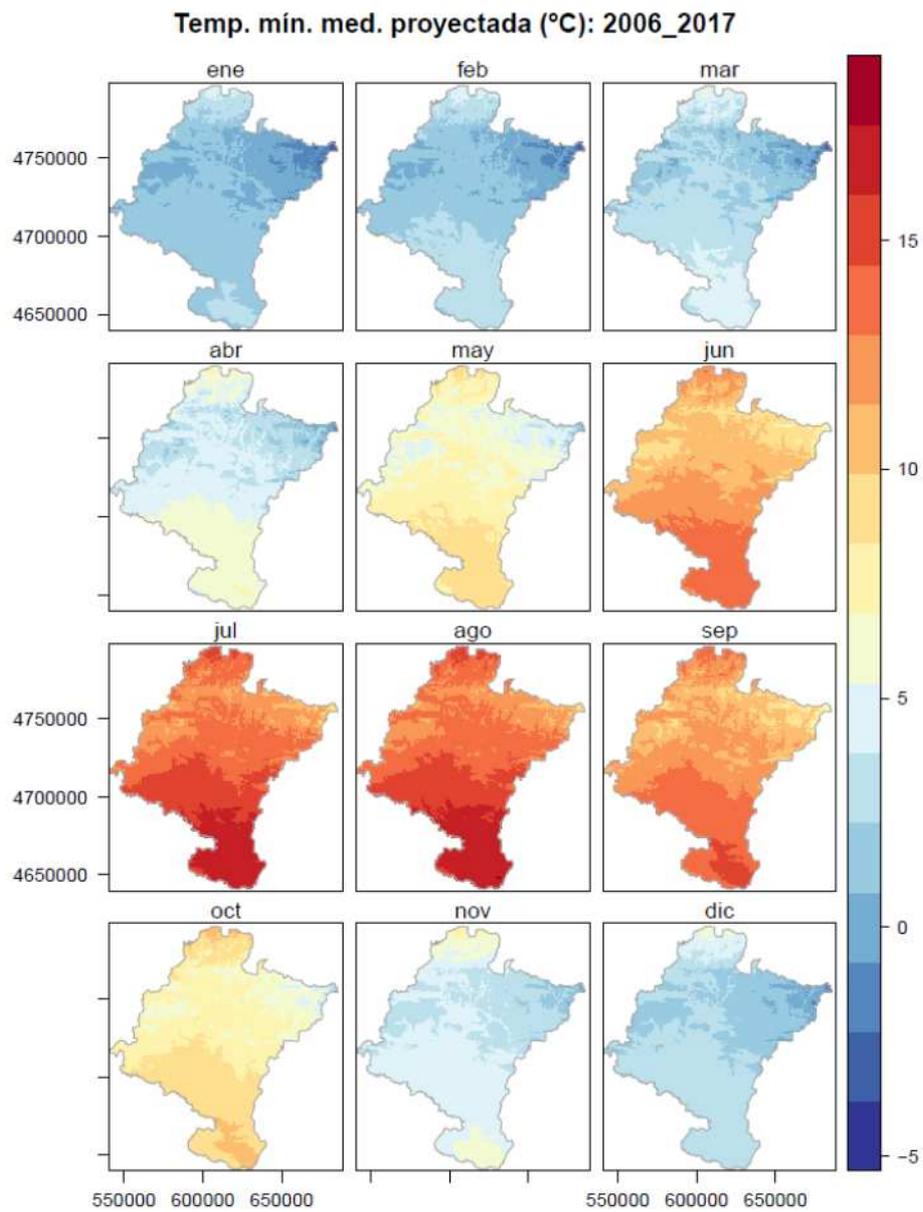


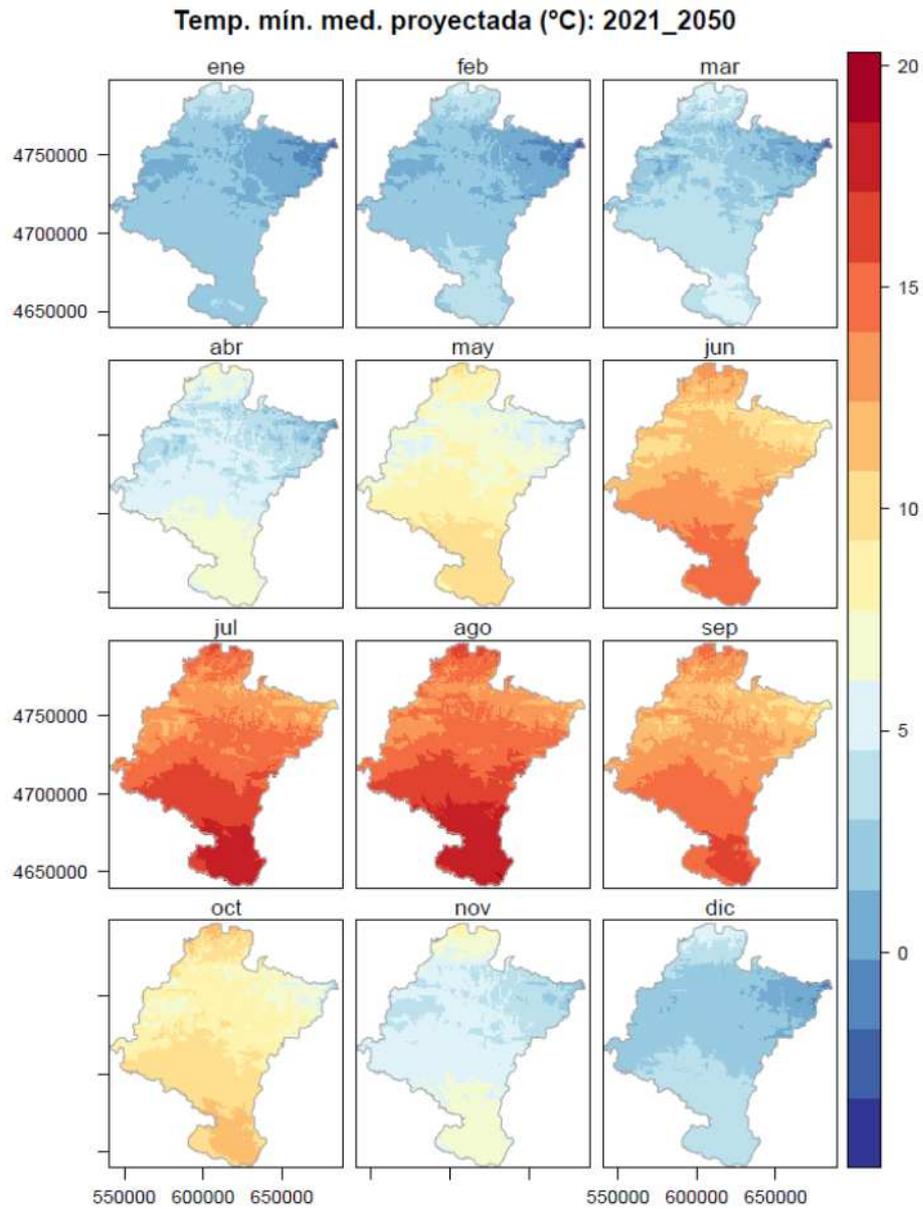
## 8.5 Temperatura mínima media

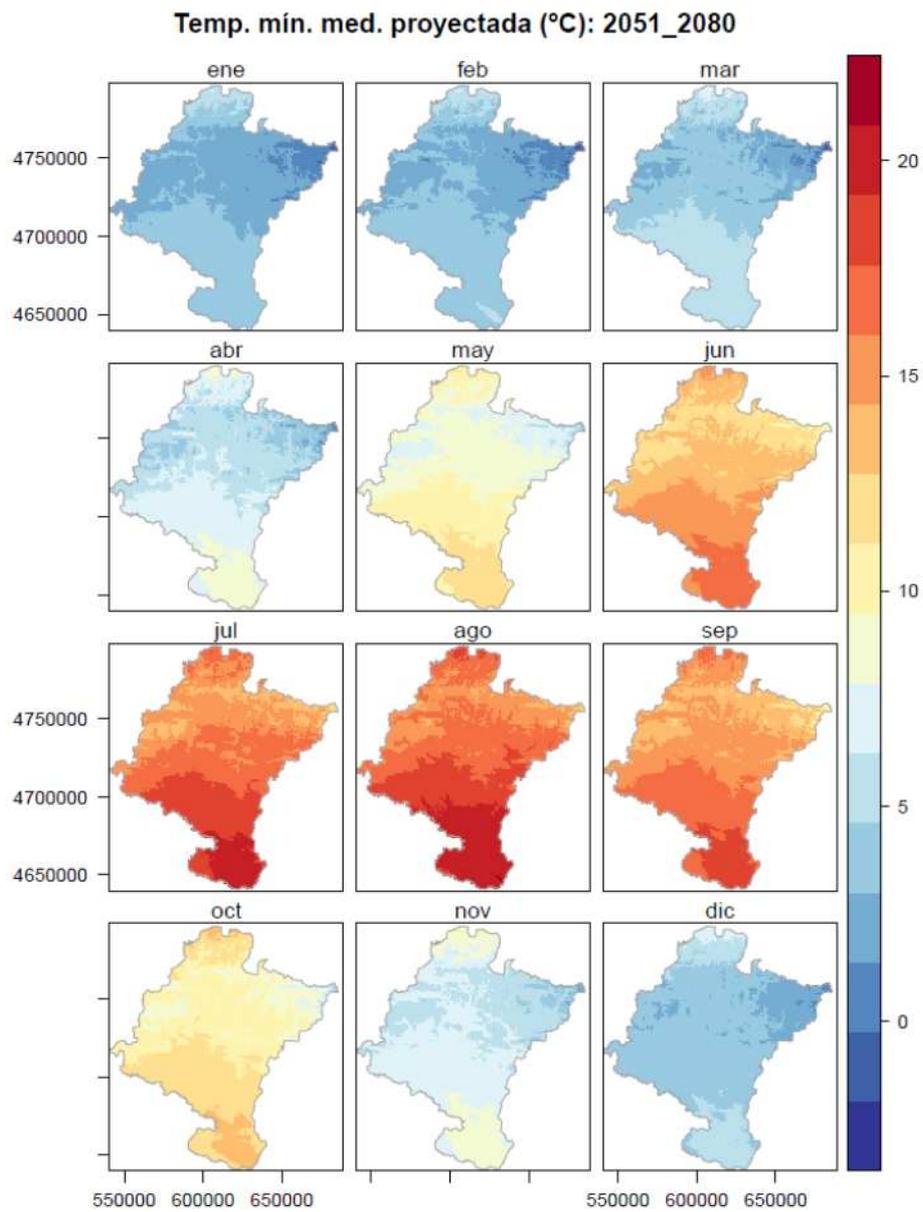




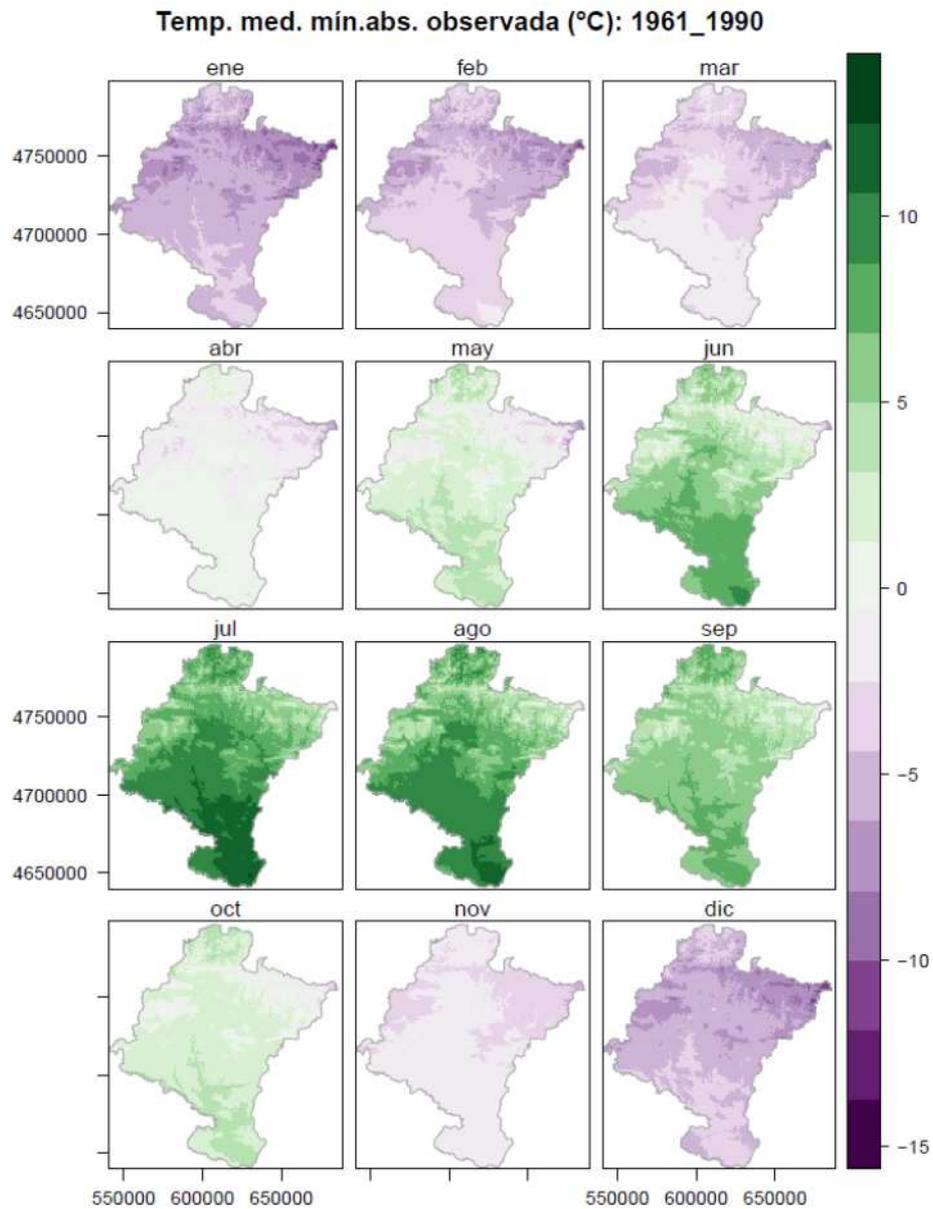


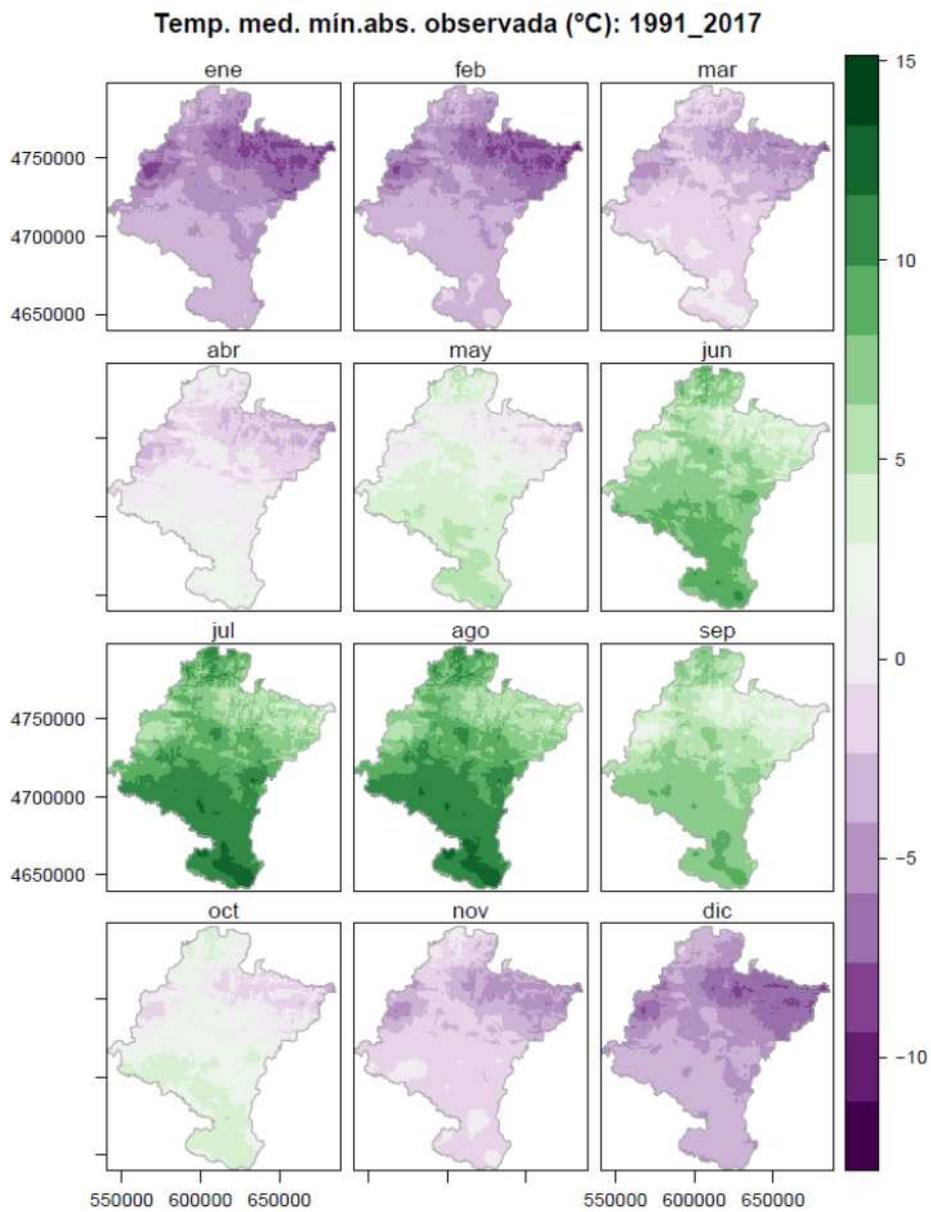


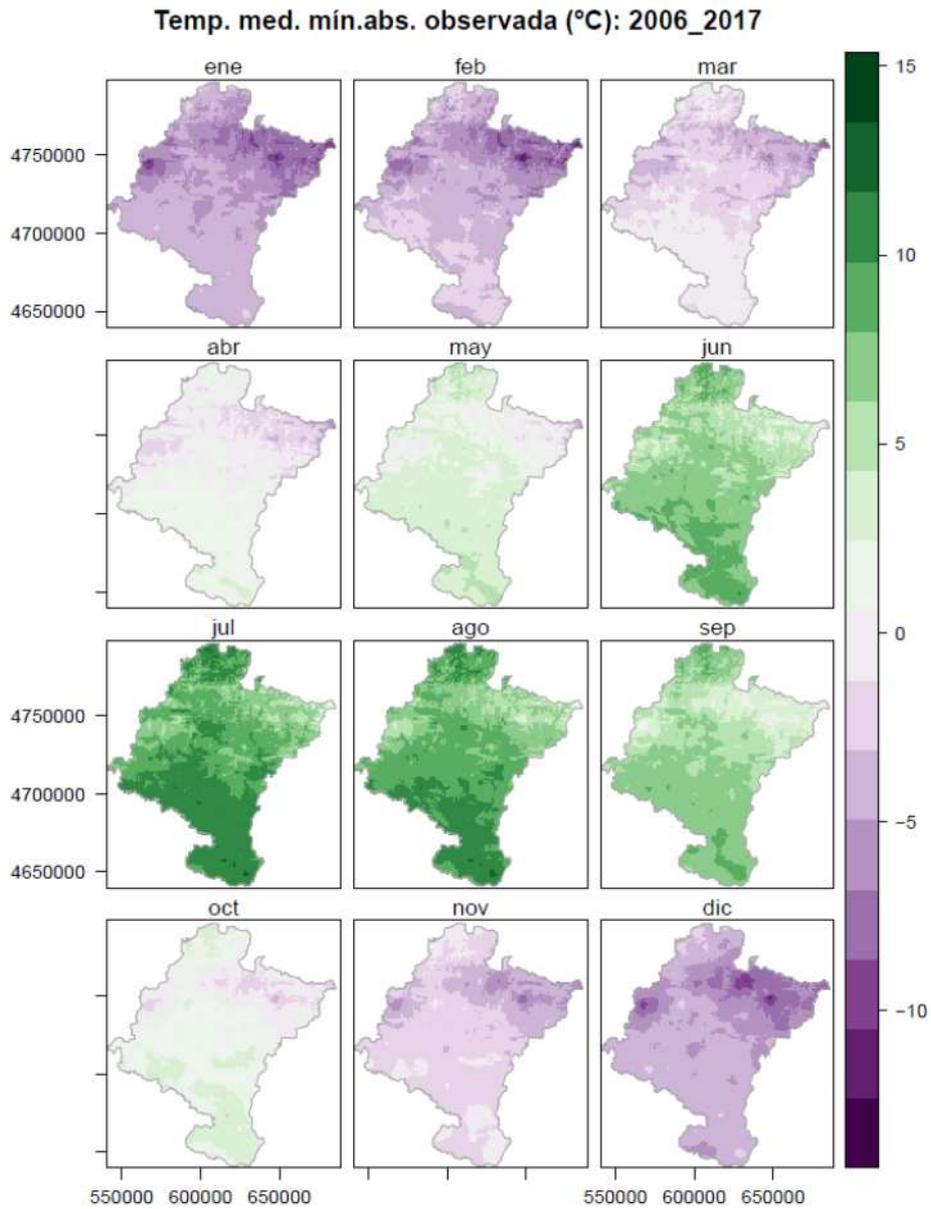


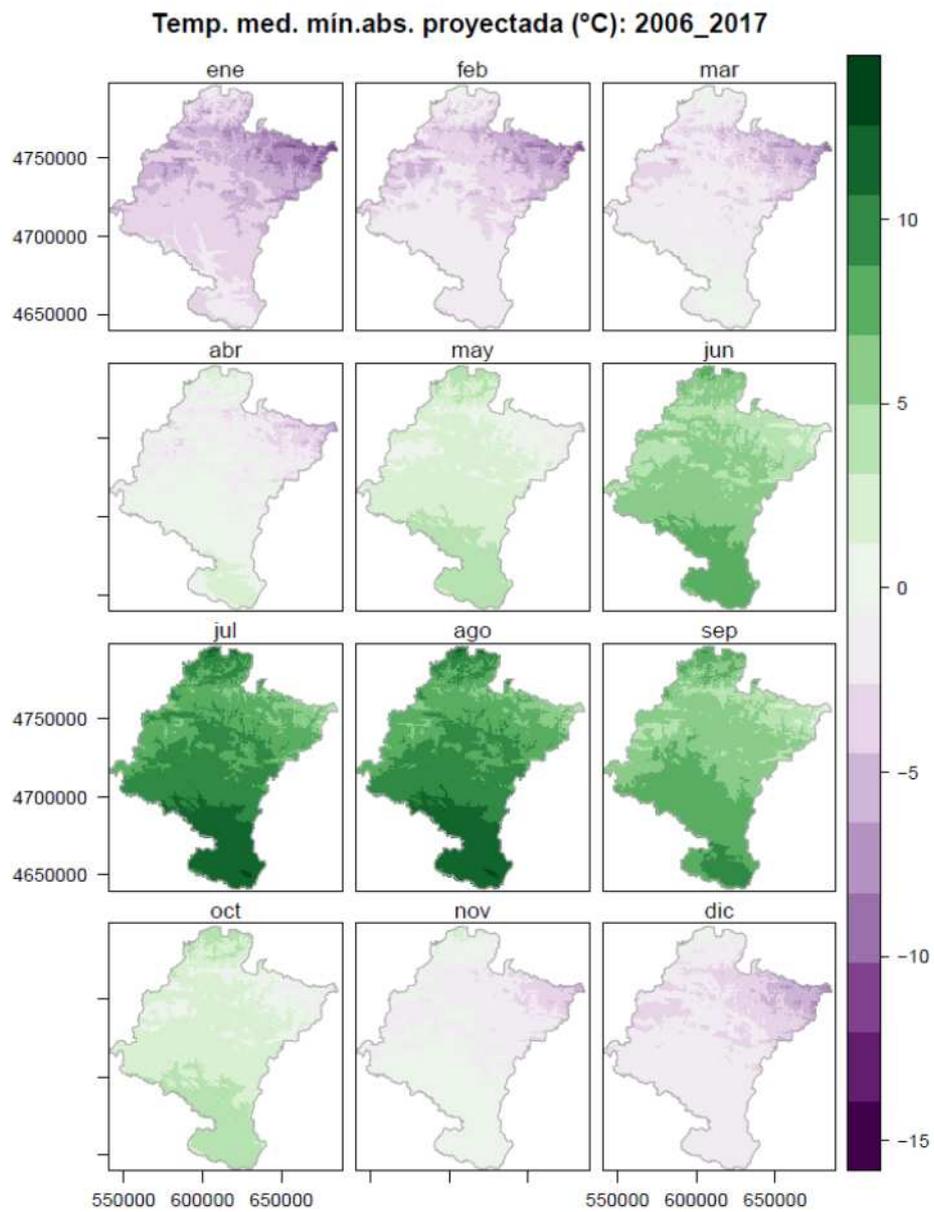


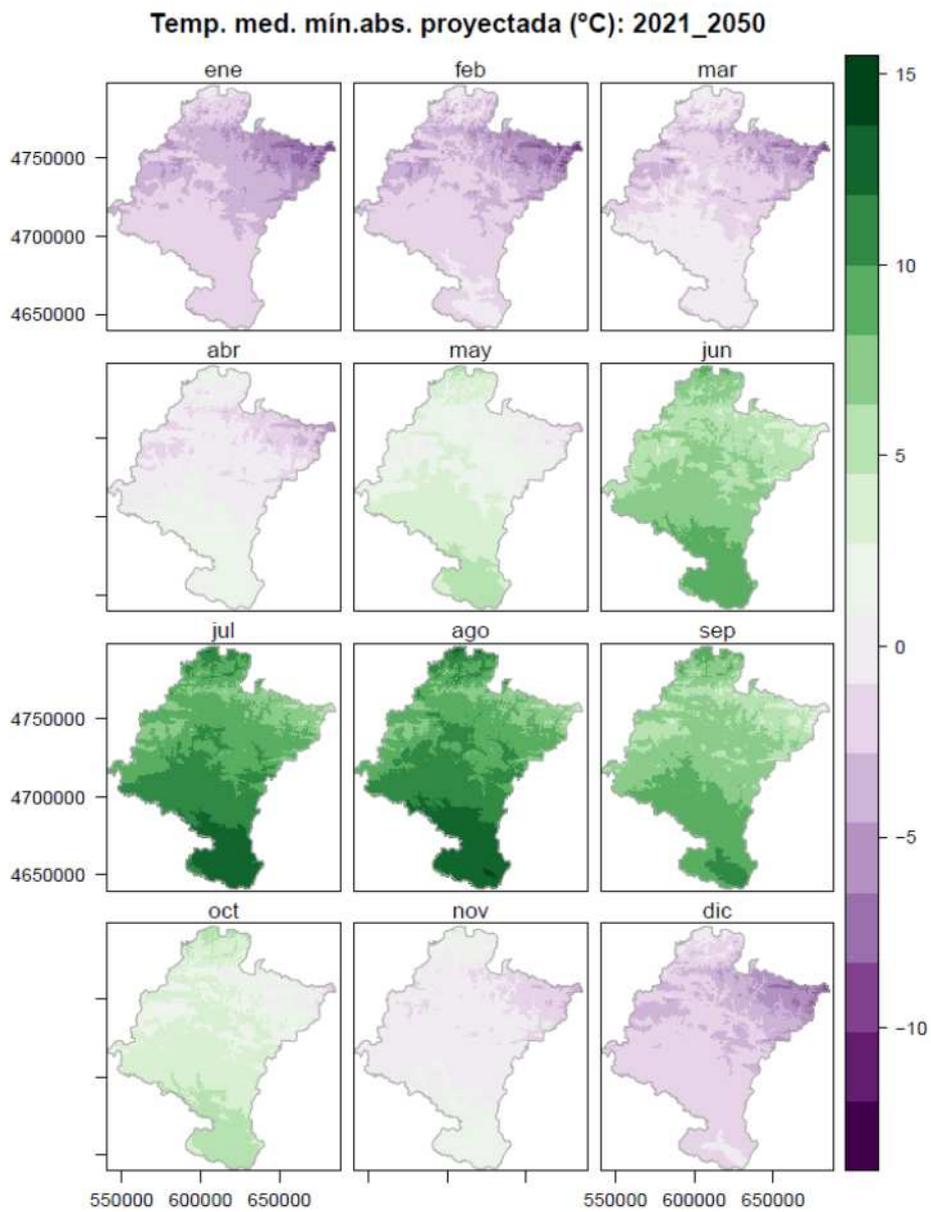
## 8.6 Temperatura media de las mínimas absolutas

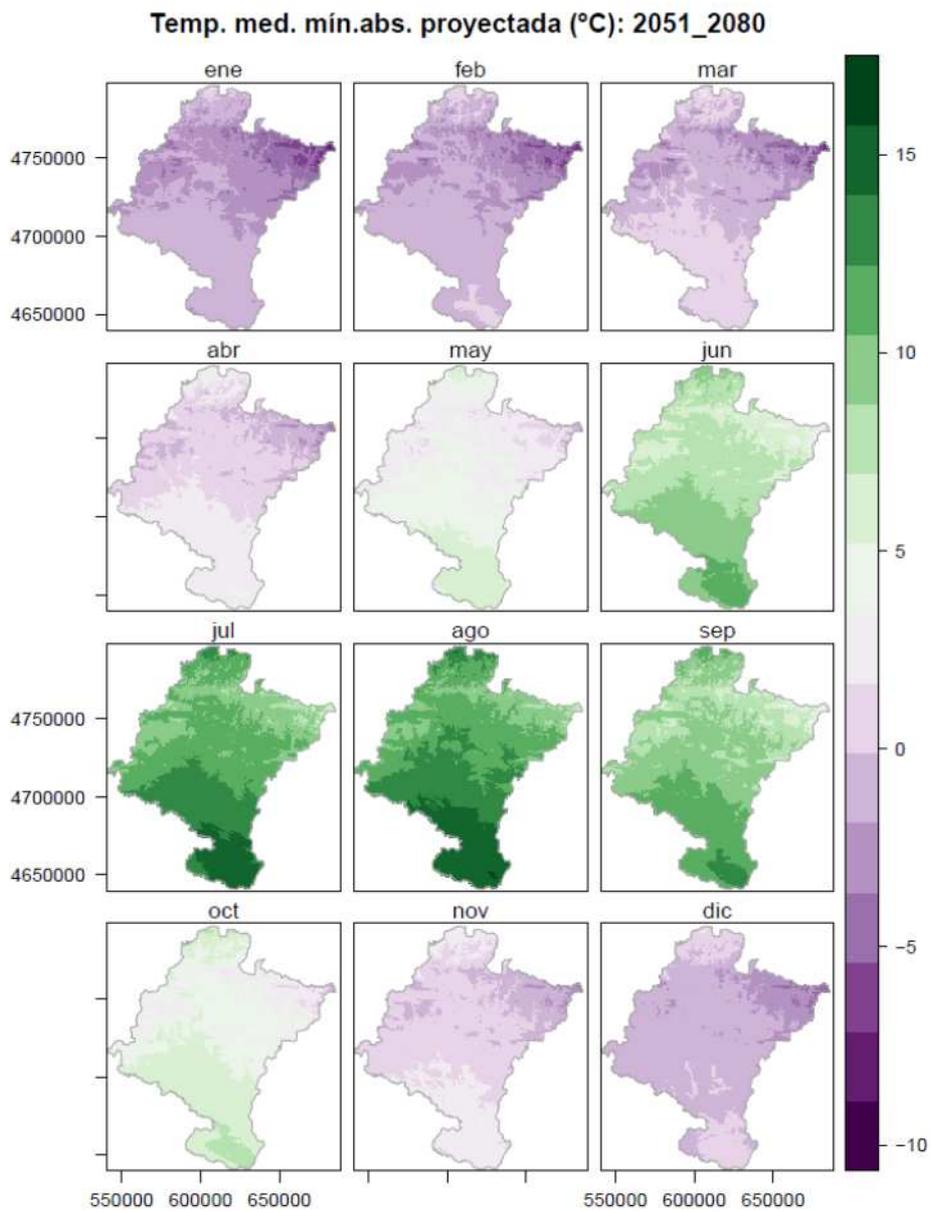




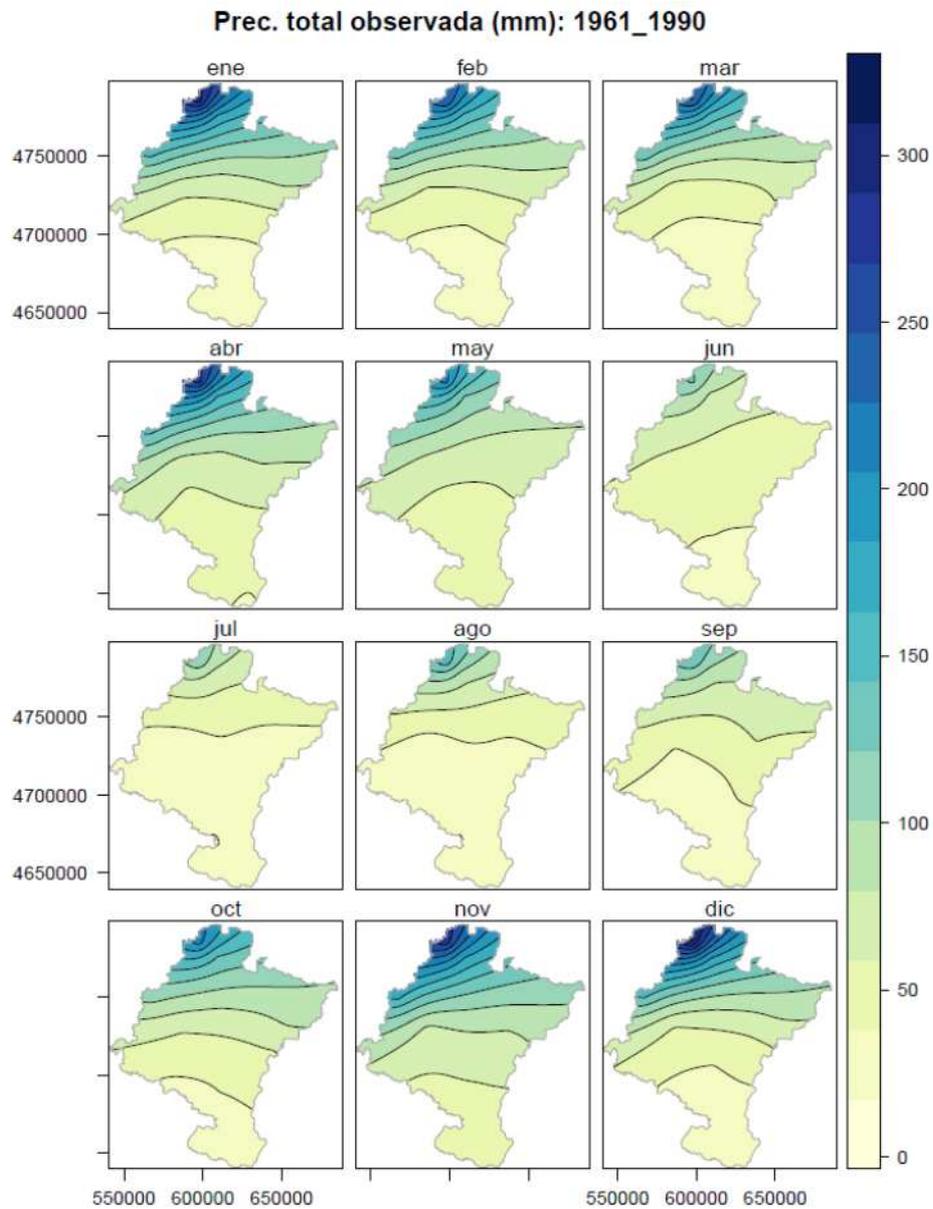






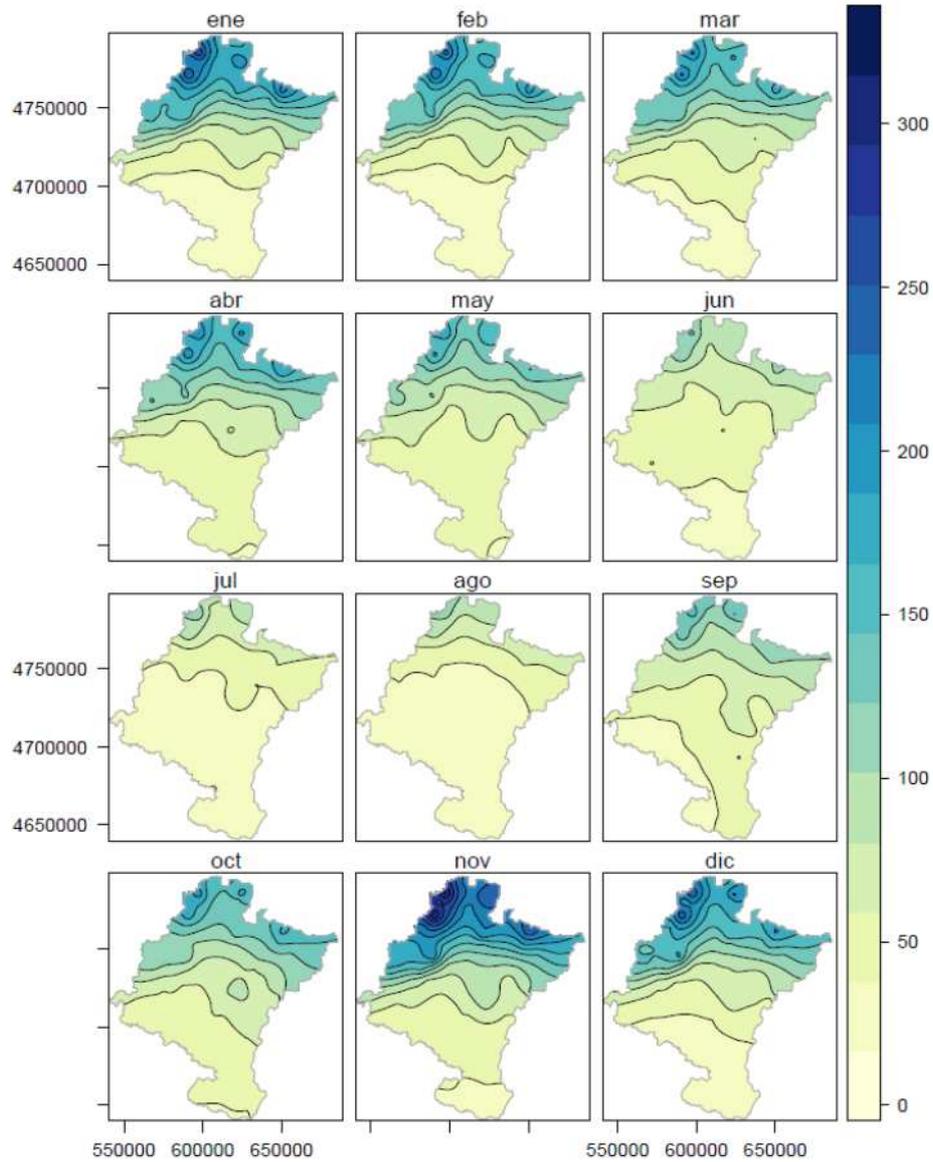


## 8.7 Precipitación total

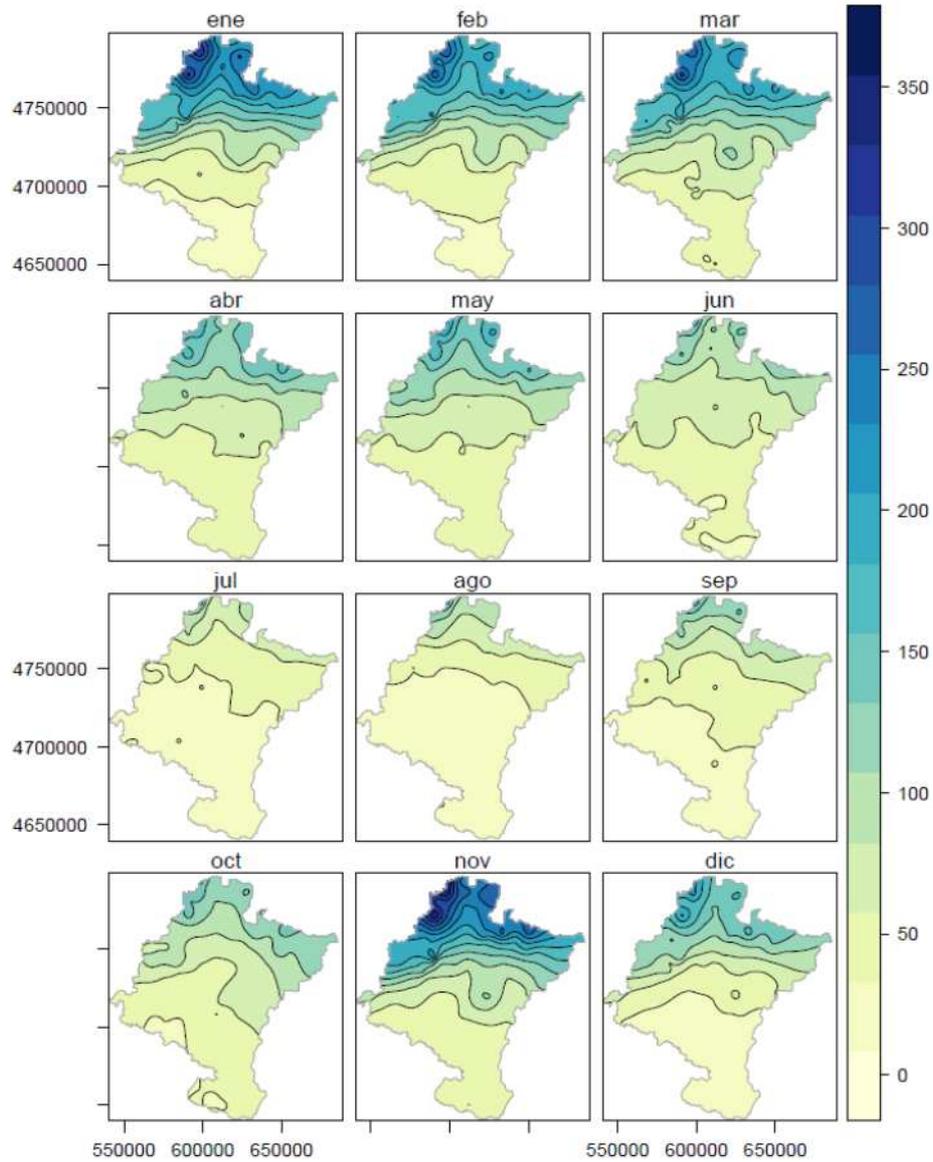




**Prec. total observada (mm): 1991\_2017**

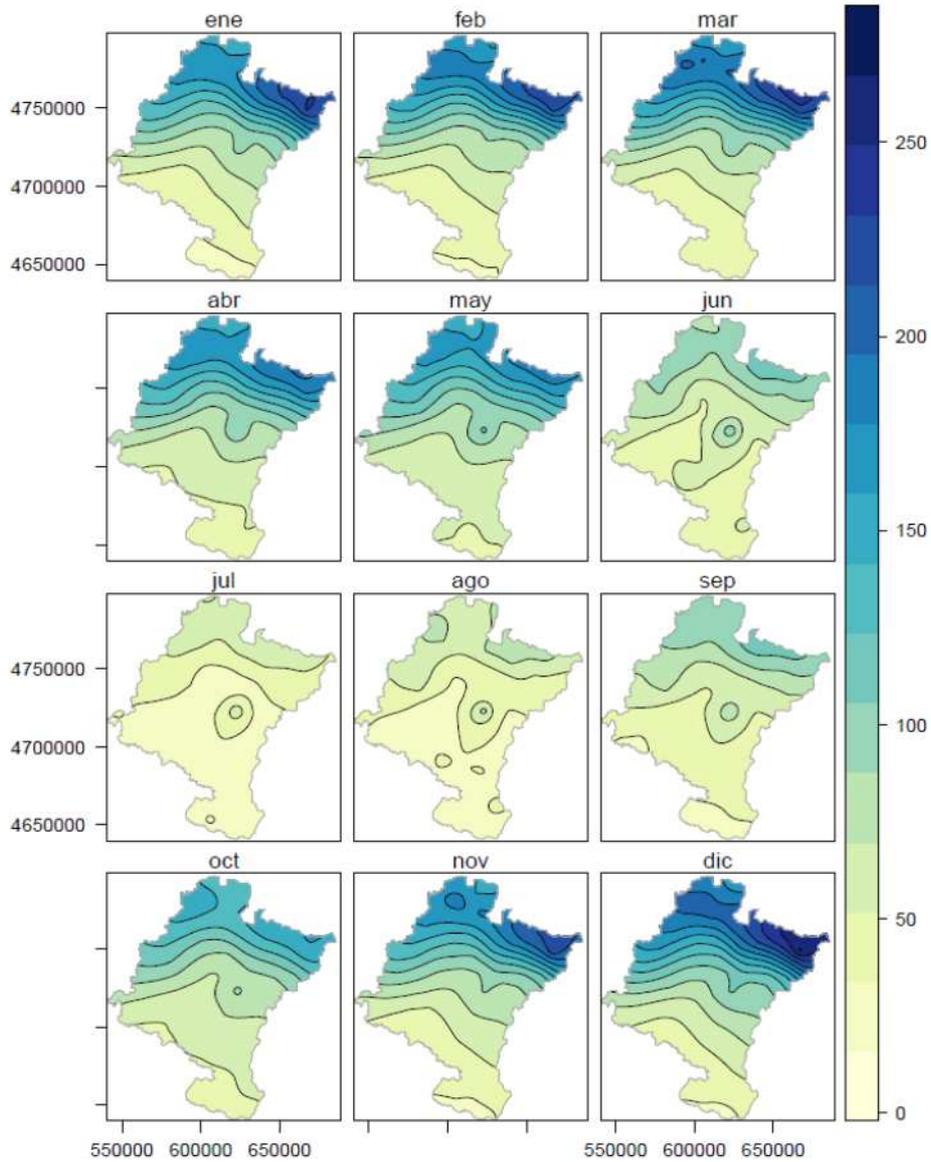


**Prec. total observada (mm): 2006\_2017**



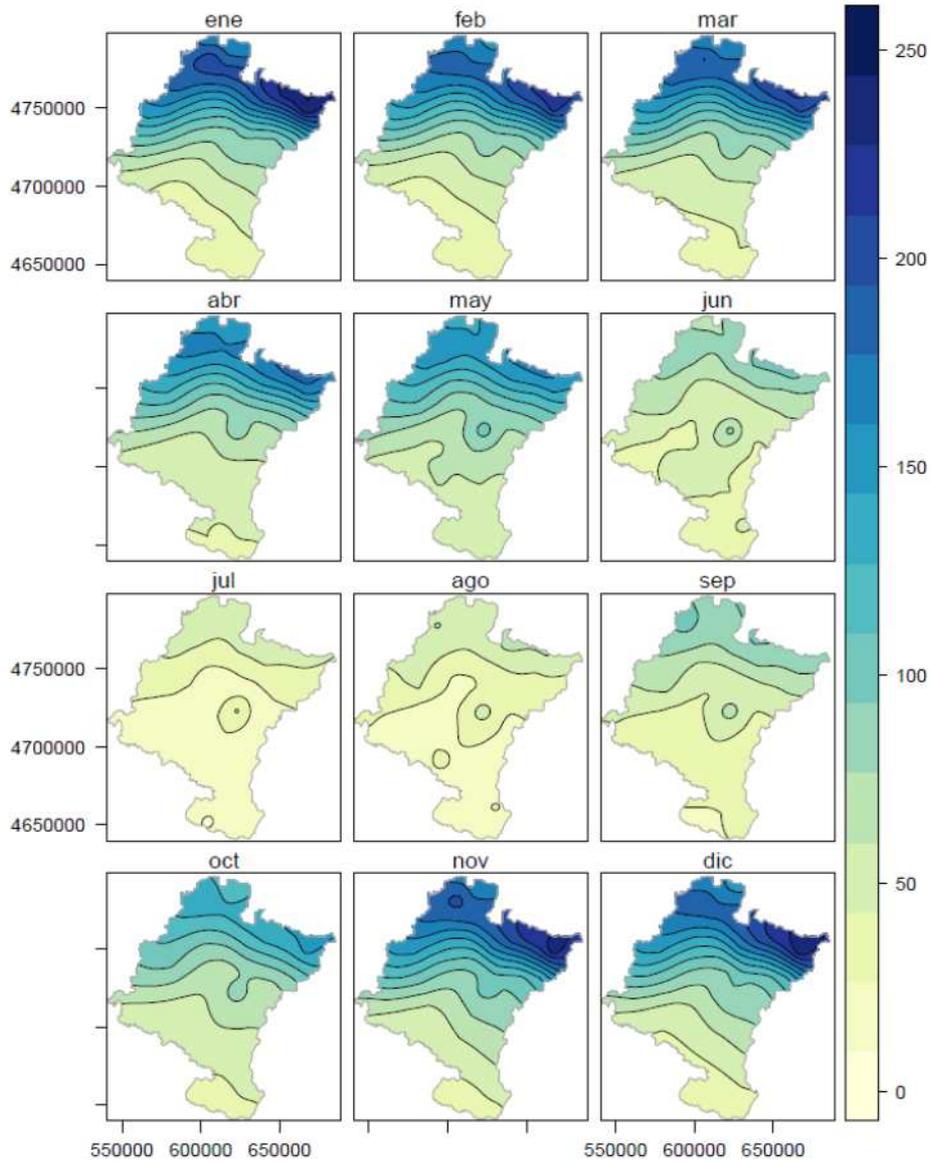


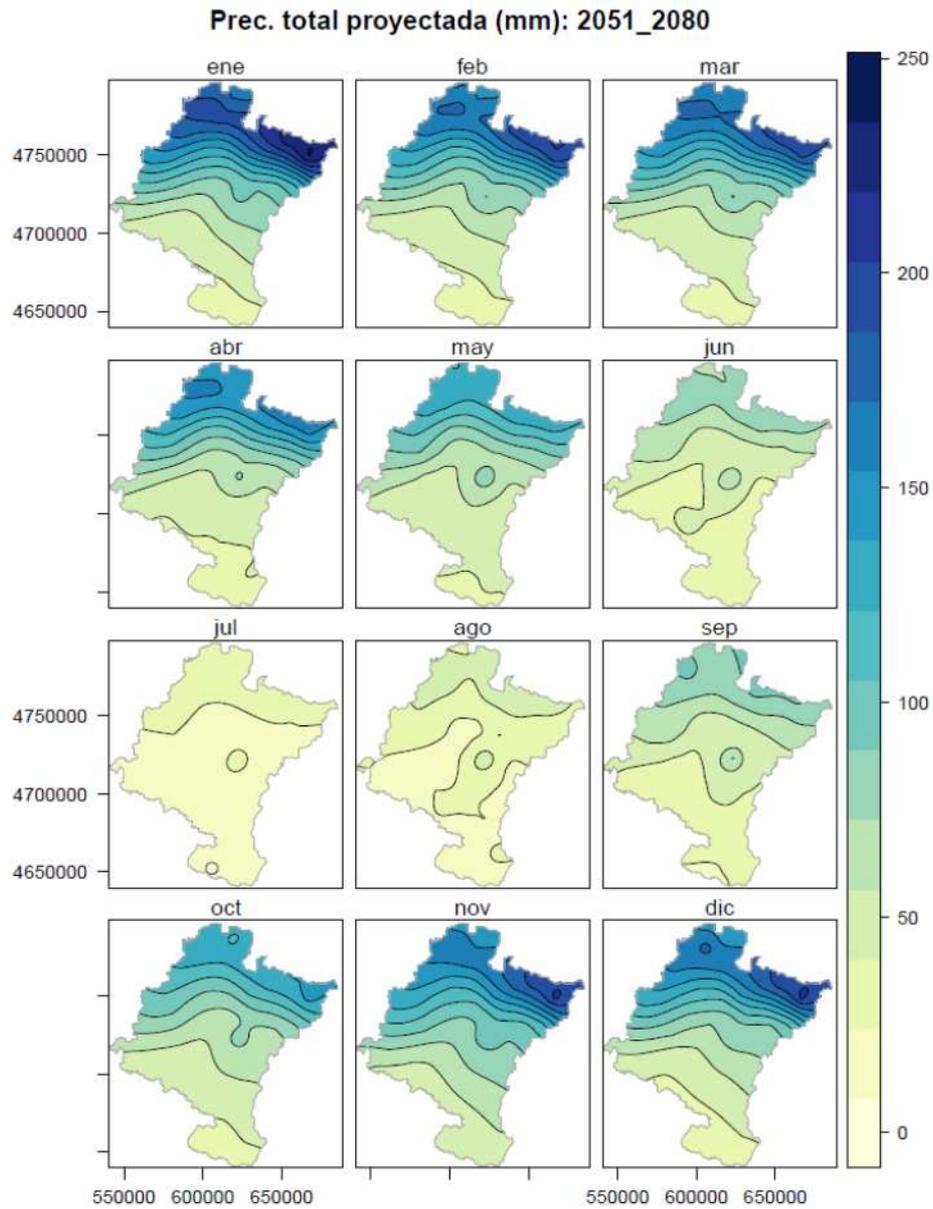
**Prec. total proyectada (mm): 2006\_2017**





**Prec. total proyectada (mm): 2021\_2050**

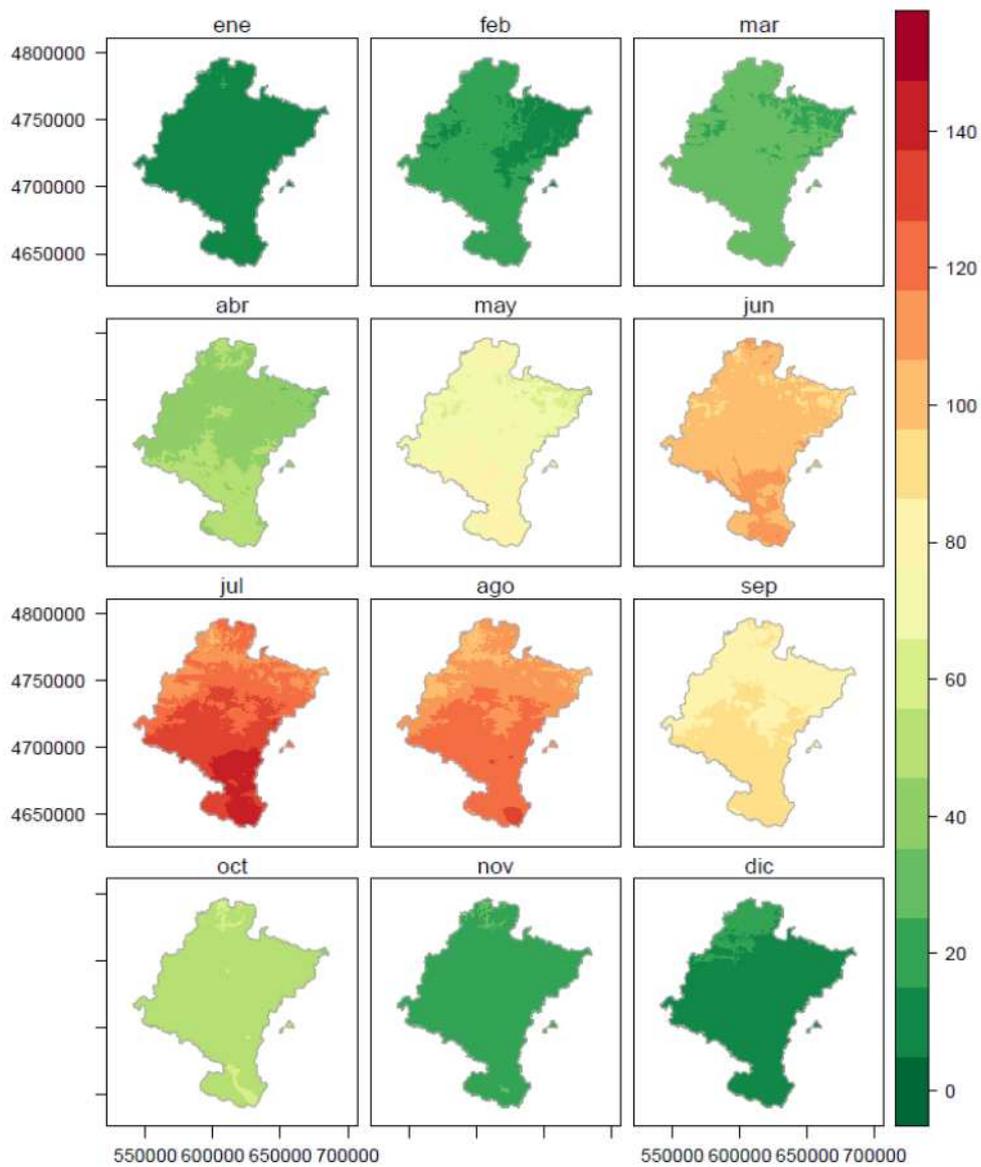




## 8.8 ETP

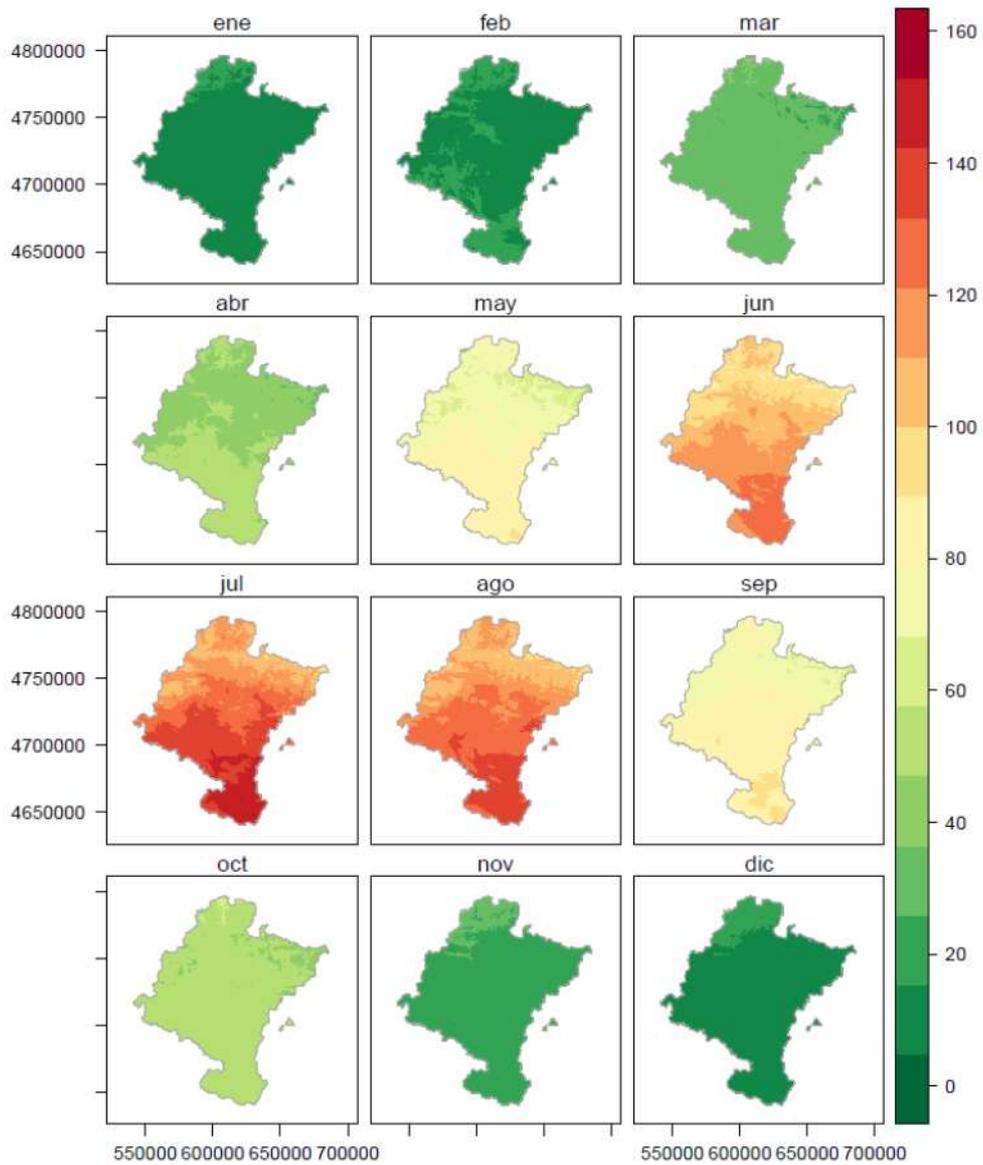


**ETP media (Thorntwaite) (mm): 1961\_1990**



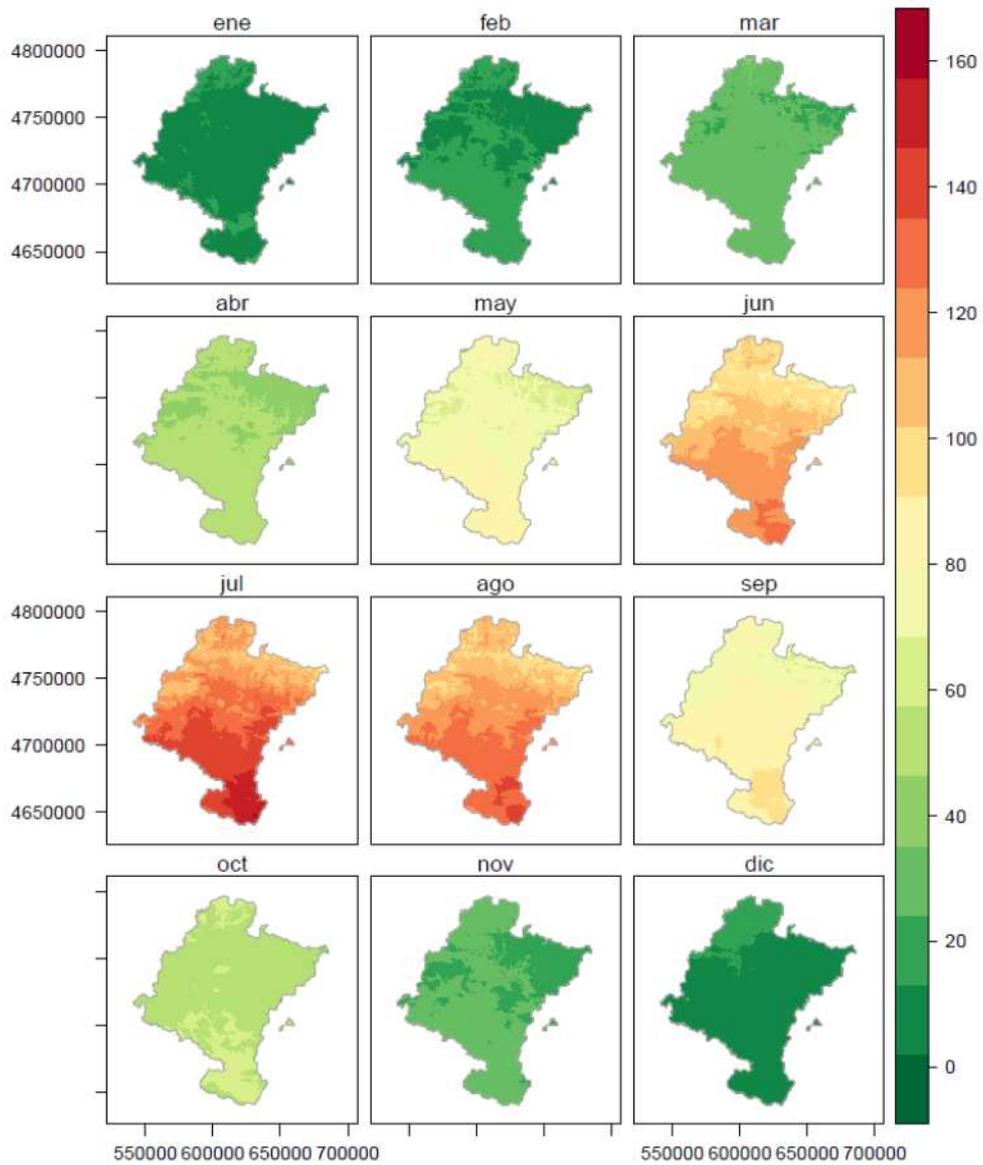


**ETP media (Thornthwaite) (mm): 1991\_2017**



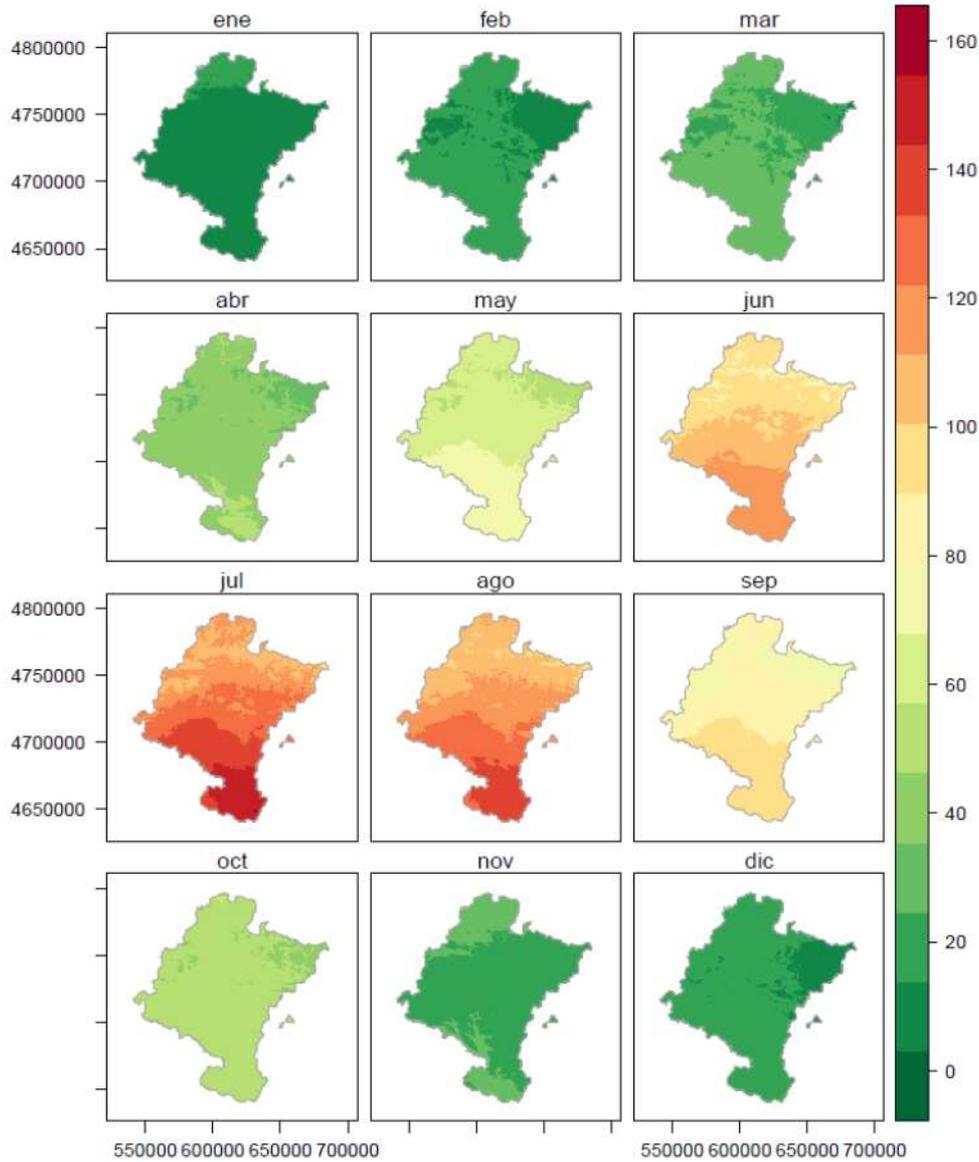


**ETP media (Thornthwaite) (mm): 2006\_2017**



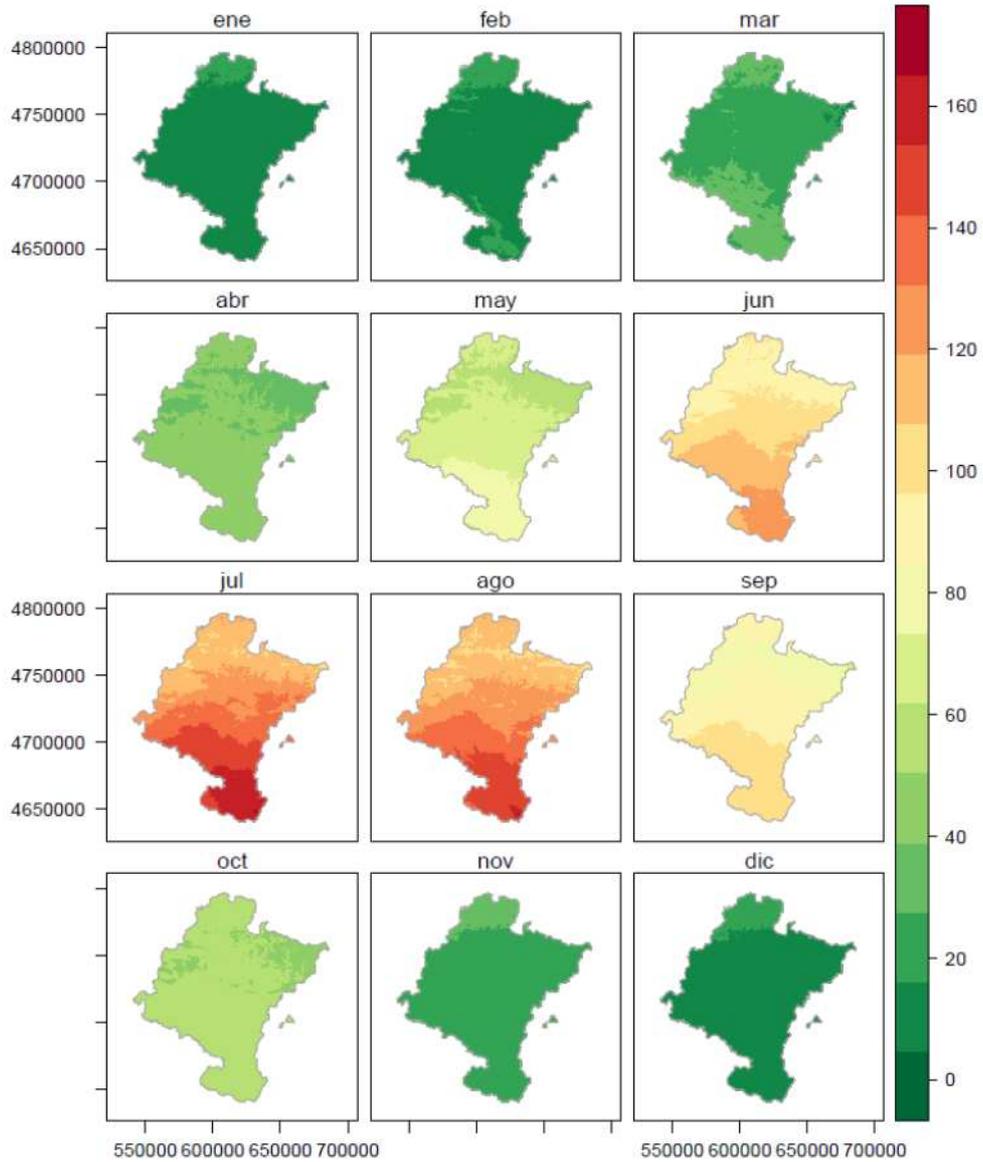


**ETP media (Thornthwaite) (mm): 2006\_2017**



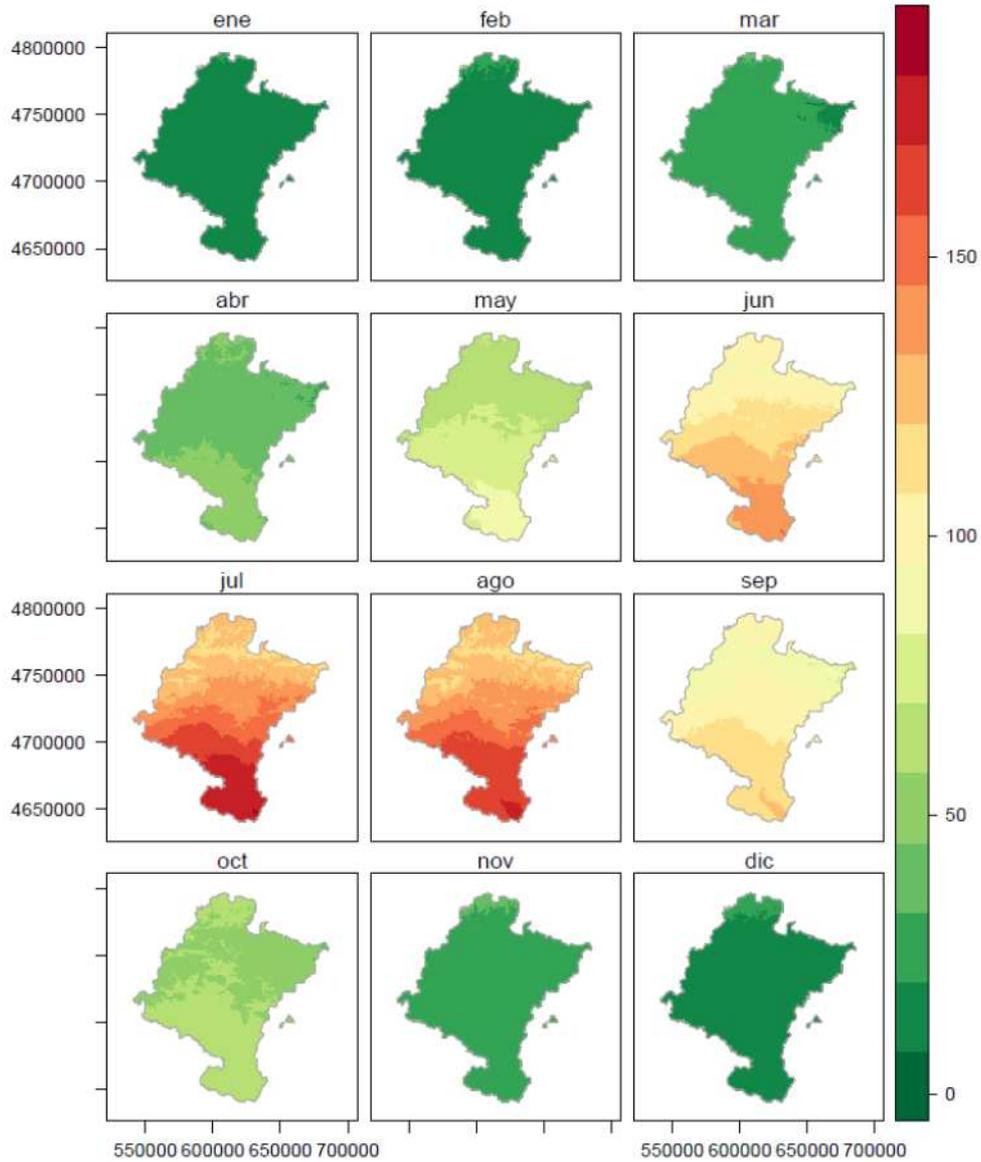


**ETP media (Thornthwaite) (mm): 2021\_2050**



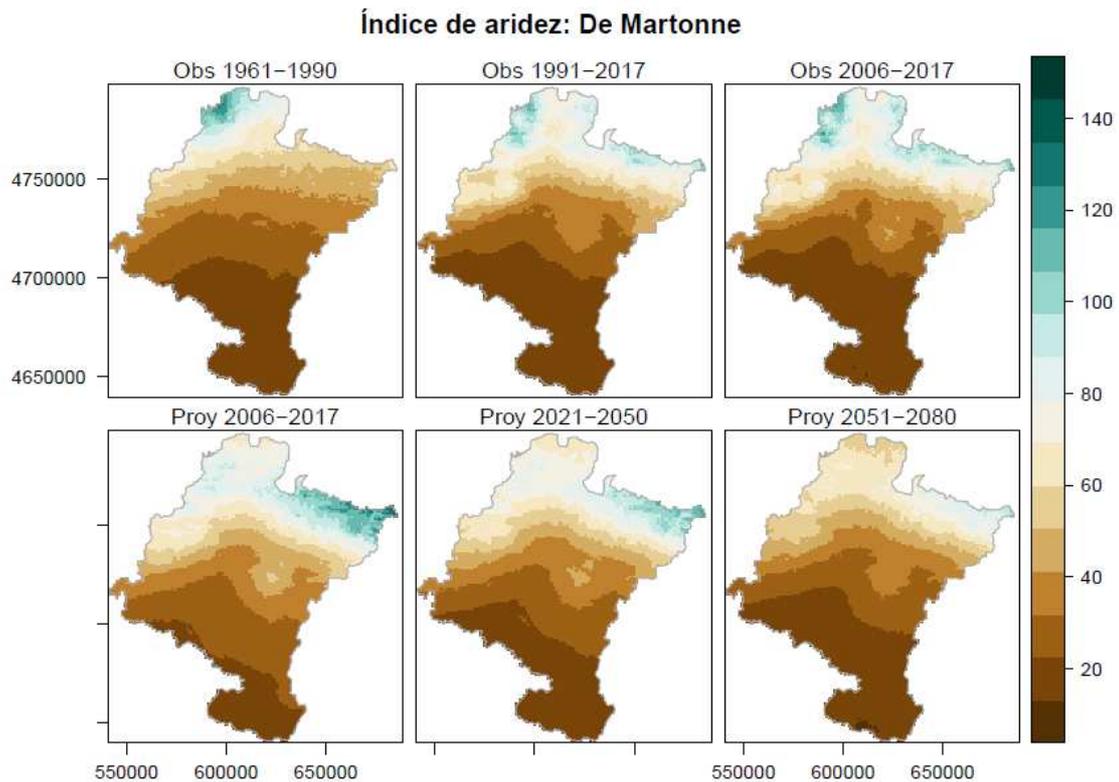


**ETP media (Thornthwaite) (mm): 2051\_2080**



## 9. ANEXO 2. MAPAS DE ÍNDICES DE ARIDEZ

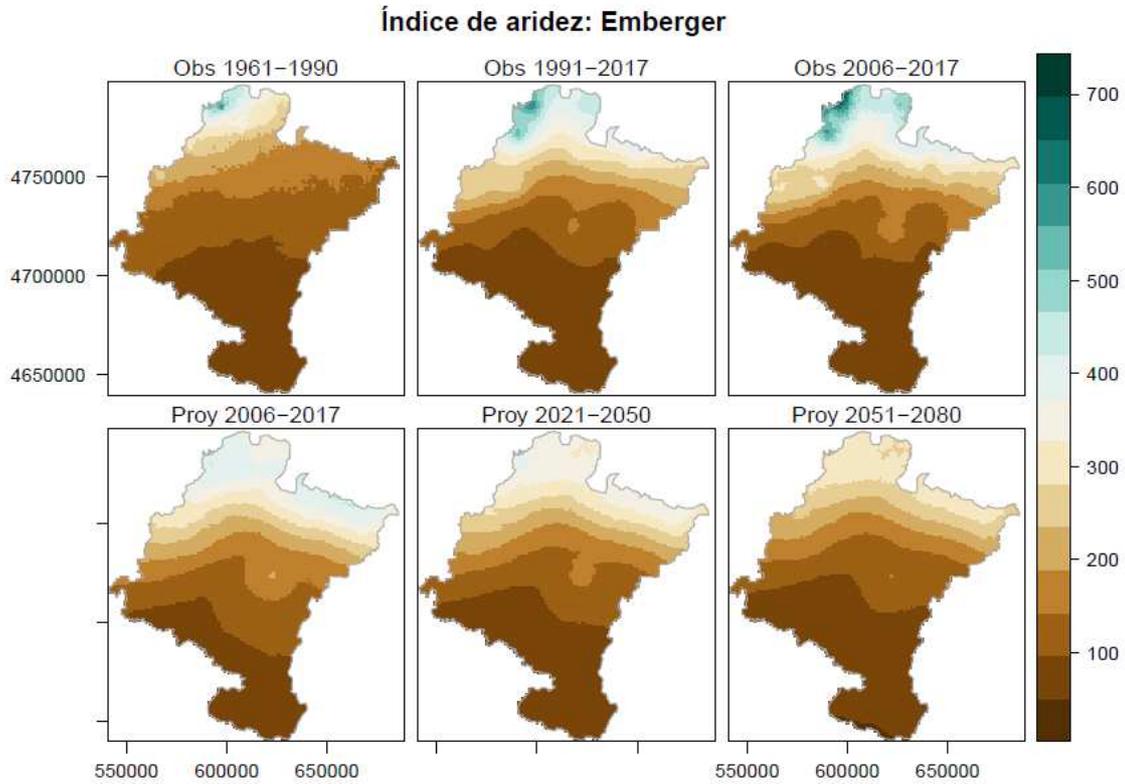
### 9.1 De Martonne



#### Leyenda

|               |       |
|---------------|-------|
| Seco          | <10   |
| Semiseco      | 10-20 |
| Mediterráneo  | 20-24 |
| Semihúmedo    | 24-28 |
| Húmedo        | 28-35 |
| Muy húmedo a. | 35-55 |
| Muy húmedo b. | >55   |

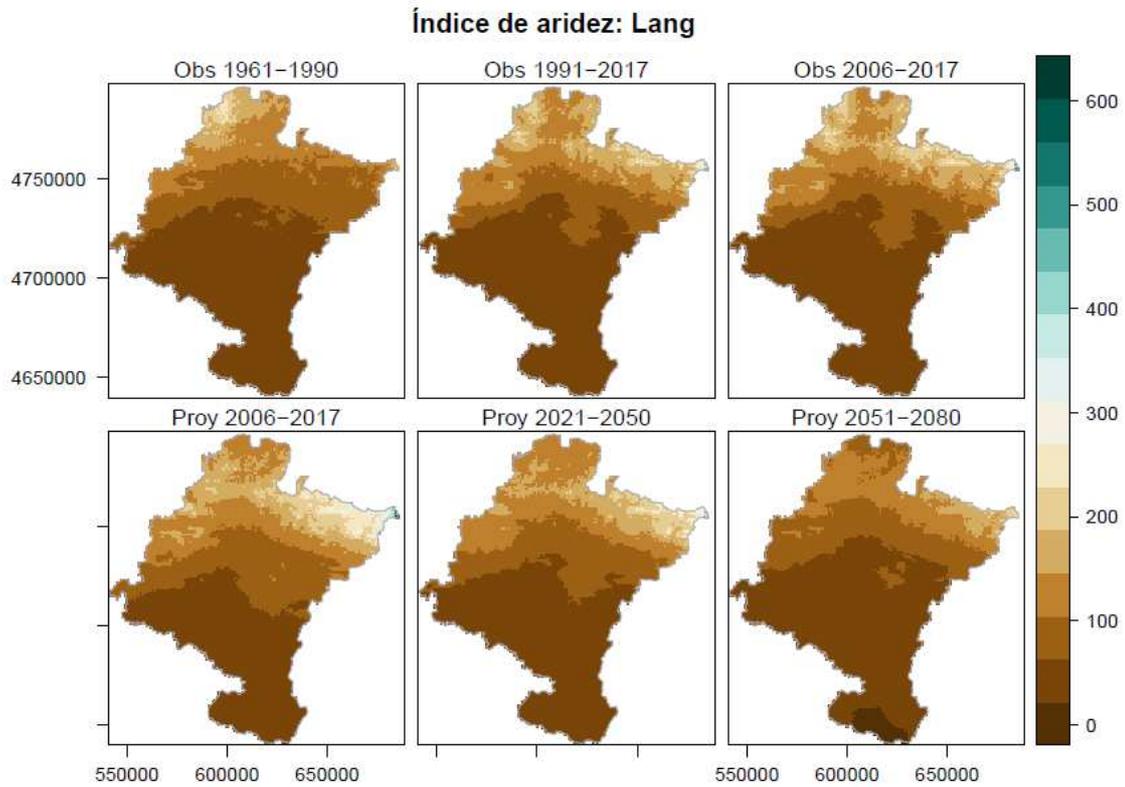
## 9.2 Emberger



### Leyenda

|           |        |
|-----------|--------|
| Desértico | <12    |
| Árido     | 12-30  |
| Semiárido | 30-60  |
| Subhúmedo | 60-100 |
| Húmedo    | >100   |

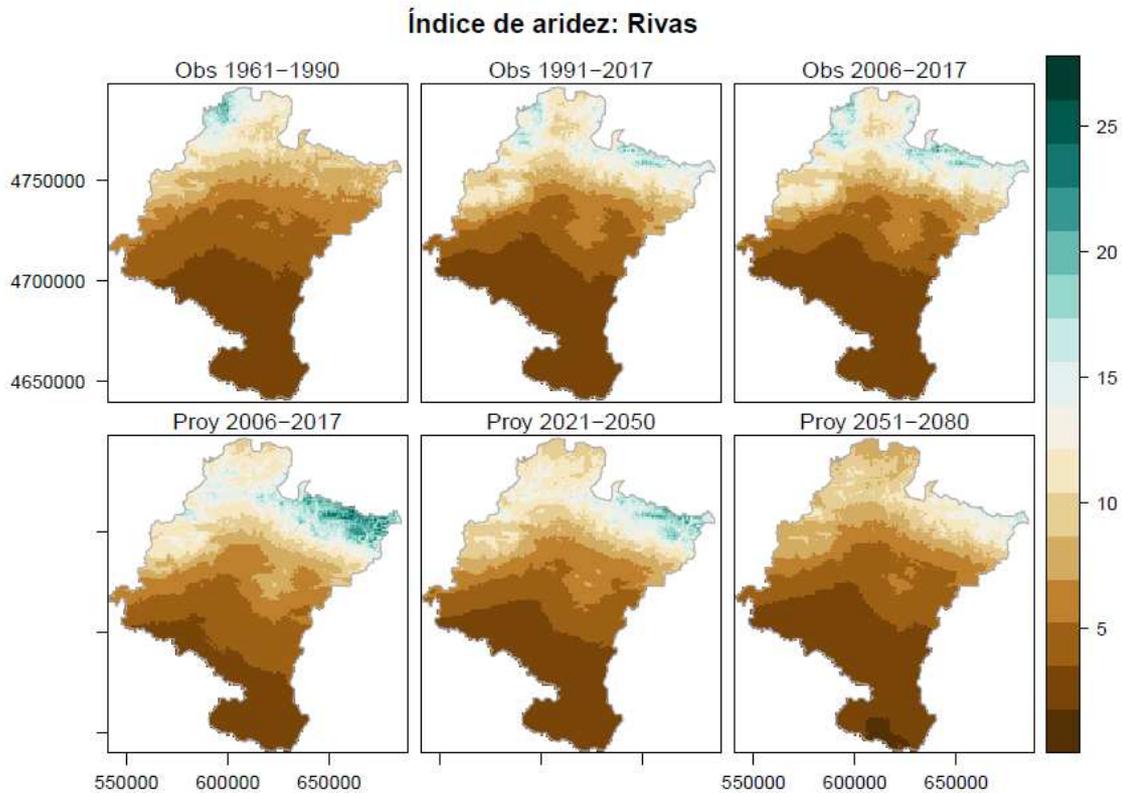
### 9.3 Lang



**Leyenda**

|                 |         |
|-----------------|---------|
| Estepario       | <40     |
| Semiárido       | 40-60   |
| Templado cálido | 60-100  |
| Templado húmedo | 100-160 |
| Húmedo          | >160    |

## 9.4 Rivas-Martínez

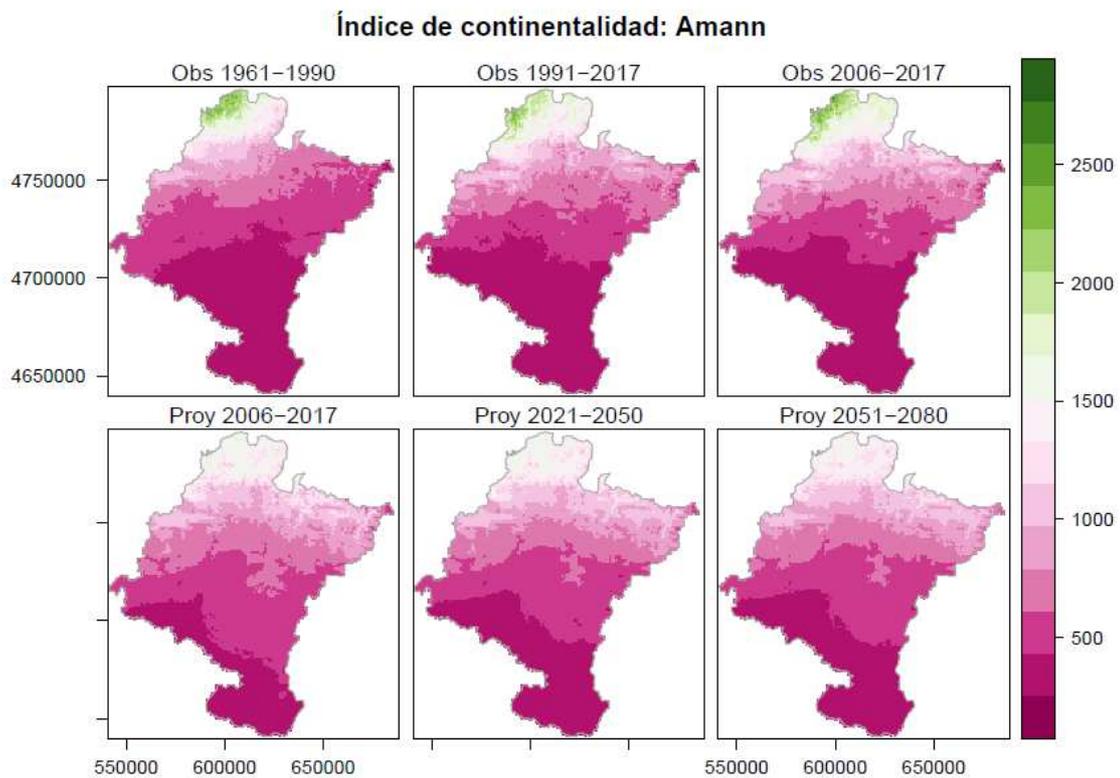


### Leyenda

|                  |         |
|------------------|---------|
| Ultrahiperárido  | <0.1    |
| Hiperárido       | 0.1-0.3 |
| Árido            | 0.3-1   |
| Semiárido        | 1-2     |
| Seco             | 2-3.6   |
| Subhúmedo        | 3.6-7   |
| Húmedo           | 7-14    |
| Hiperhúmedo      | 14-28   |
| Ultrahiperhúmedo | >28     |

## 10. ANEXO 3. MAPAS DE ÍNDICES DE CONTINENTALIDAD

### 10.1 Amann

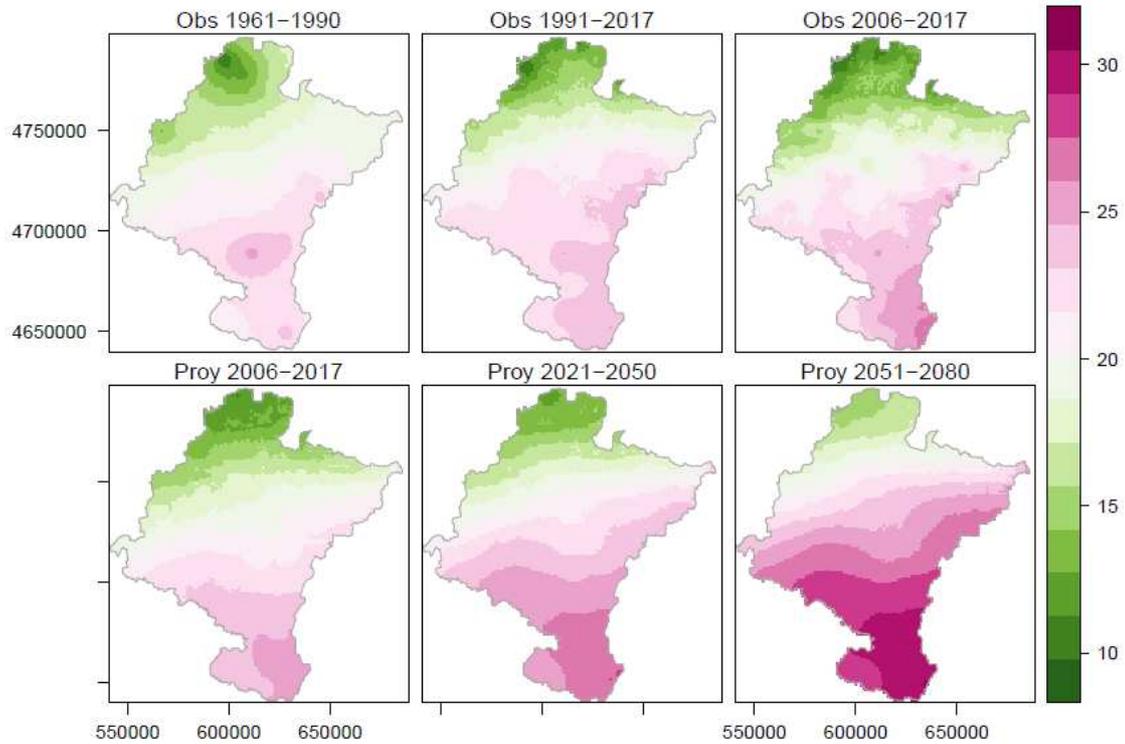


#### Leyenda

|             |               |
|-------------|---------------|
| Continental | < 300         |
| Transición  | 300 < H < 500 |
| Oceánico    | > 500         |

## 10.2 Gorzynski

### Índice de continentalidad: Gorzynski

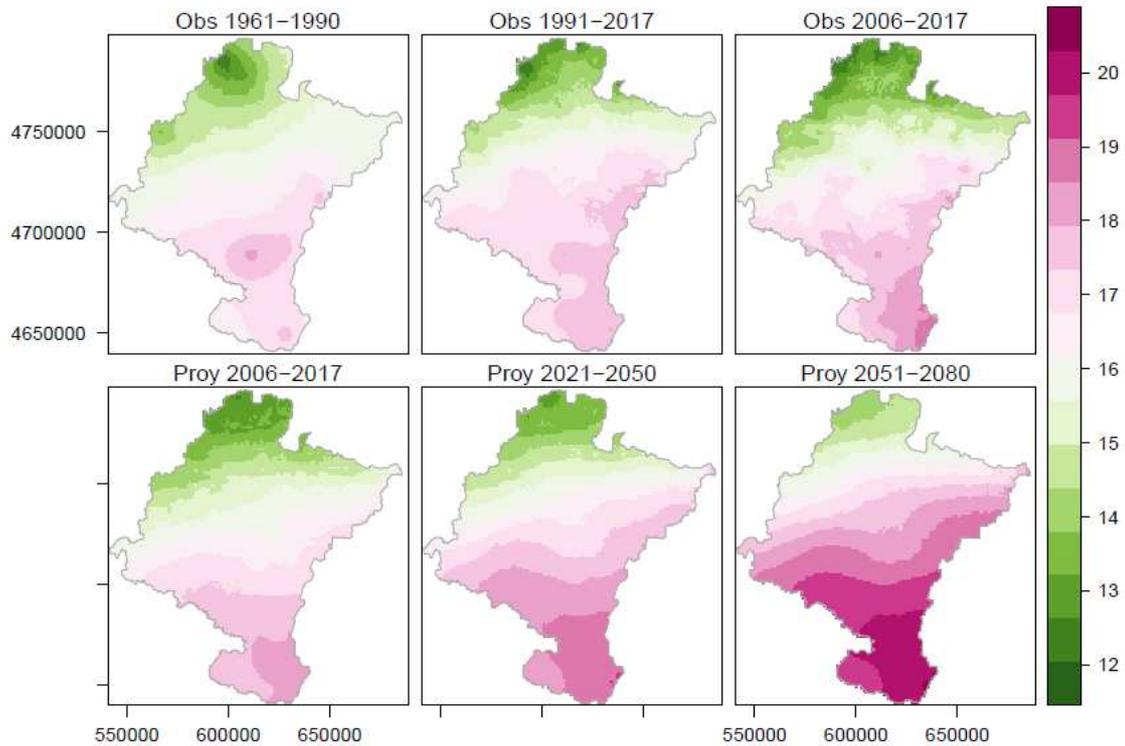


#### Leyenda

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Transición marítimo        | 0-33   |
| Continental                | 34-66  |
| Extremadamente continental | 67-100 |

### 10.3 Rivas-Martínez

#### Índice de continentalidad: Rivas



#### Leyenda

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| Extremadamente hiperoceánico | 0-3   |
| Hiperoceánico                | 3-7   |
| Apenas hiperoceánico         | 7-11  |
| Oceánico                     | 11-18 |
| Semicontinental              | 18-21 |
| Subcontinental               | 21-28 |
| Continental                  | 28-45 |
| Hipercontinental             | 45-65 |

## 11. ANEXO 4. FICHAS CLIMÁTICAS

En la primera columna aparece la abreviatura del parámetro, que se corresponde con estos parámetros:

| Abreviatura | Parámetro                                   |
|-------------|---|
| P           | Precipitación media [mm]                    |
| Px24        | Precipitación máxima 24 horas [mm]          |
| dr          | Días de lluvia                              |
| dn          | Días de nieve                               |
| AbsTx       | Temperatura máxima absoluta [°C]            |
| Tx          | Temperatura media de máximas [°C]           |
| Tm          | Temperatura media [°C]                      |
| Tn          | Temperatura media de mínimas [°C]           |
| AbsTn       | Temperatura mínima absoluta [°C]            |
| dh          | Días de helada                              |
| AbsTnm      | Temperatura media de mínimas absolutas [°C] |

Hay que tener en cuenta los siguientes matices:

- Se han contabilizado los días de lluvia cuando la precipitación diaria es igual o superior a 1 mm.
- Al no disponer de los datos de días de nieve se han derivado según la condición: TMAX < 0°C y Precip > 0 mm. La pega es que calculados así se contabilizan muchos menos días de los reales.
- Tampoco contamos con los días de granizo, por lo que no aparece.

| Parámetro | Observados 1991-2017 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | año    |
|-----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | ene                  | feb   | mar   | abr   | may   | jun   | jul   | ago   | sep   | oct   | nov   | dic   |        |
| P         | 209.1                | 183.9 | 172.5 | 171.8 | 159.6 | 96.6  | 85.6  | 89    | 128.3 | 147.1 | 251.9 | 192   | 1887.4 |
| Px24      | 105.3                | 110   | 110.5 | 73.6  | 93.8  | 98    | 104   | 92.6  | 156.6 | 102.8 | 152   | 90.3  | 156.6  |
| dr        | 13.4                 | 11.6  | 12    | 14    | 12.9  | 9.8   | 9     | 9.4   | 10.5  | 11.4  | 13.3  | 13    | 140.4  |
| dn        | 0.1                  | 0.1   | 0.1   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.3    |
| AbsTx     | 22                   | 26    | 26    | 29.3  | 34    | 37.3  | 37.7  | 39.8  | 37    | 29.8  | 25    | 20.3  | 39.8   |
| Tx        | 10.5                 | 11.3  | 14.6  | 16.2  | 20.1  | 23    | 24.9  | 25.7  | 23.1  | 19.4  | 13.9  | 11.2  | 17.8   |
| Tm        | 6.3                  | 6.7   | 9.3   | 10.9  | 14.6  | 17.7  | 19.5  | 20.1  | 17.2  | 14.2  | 9.5   | 6.9   | 12.7   |
| Tn        | 2.1                  | 2.1   | 4     | 5.6   | 9.1   | 12.4  | 14.2  | 14.4  | 11.4  | 9     | 5     | 2.7   | 7.6    |
| AbsTn     | -12                  | -10   | -10   | -3.1  | 0     | 4     | 5     | 4.5   | 1.5   | -3    | -8    | -10.5 | -12    |
| dh        | 10.8                 | 10.3  | 5.6   | 2     | 0.1   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.7   | 4.6   | 9.8   | 43.8   |
| AbsTnm    | -5.2                 | -4.3  | -2.3  | -0.4  | 2.7   | 6.6   | 8.4   | 8.5   | 5.2   | 1.1   | -2.4  | -4.6  | 1.1    |
| etp       | 16.5                 | 18.2  | 34.8  | 47    | 77.8  | 101.8 | 116.9 | 112.4 | 79.9  | 56.5  | 28.2  | 17.9  | 707.9  |



## Observados 2006-2017

| Parámetro | ene   | feb   | mar   | abr   | may   | jun   | jul   | ago   | sep   | oct   | nov   | dic  | año    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|
| P         | 260.4 | 213.4 | 222.6 | 141.2 | 164.1 | 105.1 | 71.6  | 89.1  | 111.6 | 116.5 | 276.8 | 159  | 1931.4 |
| Px24      | 105.3 | 110   | 110.5 | 73.6  | 93.8  | 98    | 104   | 92.6  | 75.4  | 84    | 152   | 82   | 152    |
| dr        | 15.2  | 12.4  | 14.1  | 13.4  | 13.8  | 10.4  | 8.9   | 9.3   | 9.4   | 9.2   | 12.8  | 13.3 | 142.2  |
| dn        | 0.2   | 0     | 0.1   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0.2    |
| AbsTx     | 20    | 22.8  | 26    | 29.2  | 34    | 35.7  | 37.2  | 38.8  | 37    | 28.8  | 25    | 20   | 38.8   |
| Tx        | 10.1  | 11.3  | 14.2  | 17.1  | 20.1  | 23.4  | 25.3  | 25.6  | 23.5  | 20.1  | 14.2  | 11.3 | 18     |
| Tm        | 6     | 6.8   | 9.1   | 11.7  | 14.7  | 18    | 19.9  | 19.8  | 17.5  | 14.5  | 9.8   | 6.8  | 12.9   |
| Tn        | 2     | 2.2   | 4     | 6.2   | 9.3   | 12.6  | 14.5  | 14    | 11.5  | 8.9   | 5.4   | 2.3  | 7.7    |
| AbsTn     | -12   | -10   | -4.5  | -1    | 0     | 4     | 5     | 7     | 3.5   | -3    | -8    | -8   | -12    |
| dh        | 10.6  | 9.8   | 5.3   | 1.7   | 0.1   | 0     | 0     | 0     | 0     | 1.1   | 4.5   | 10.7 | 43.7   |
| AbsTnm    | -5.5  | -3.9  | -1.5  | 0.2   | 2.9   | 6.8   | 9     | 8.6   | 6.3   | 0.6   | -2.3  | -5   | 1.3    |
| etp       | 15.4  | 18    | 33.3  | 50.8  | 77.8  | 103.5 | 119.2 | 110.1 | 81    | 57.6  | 29.2  | 17.1 | 713    |

## Proyectados 2006-2017

| Parámetro | ene   | feb   | mar  | abr   | may   | jun  | jul   | ago   | sep  | oct   | nov   | dic   | año    |
|-----------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|
| P         | 155.9 | 152.3 | 134  | 162.9 | 117.2 | 93.7 | 68.5  | 57    | 85.8 | 131.5 | 153.3 | 157.6 | 1469.7 |
| Px24      | 45.1  | 50.7  | 42.2 | 42.5  | 38    | 30.1 | 22    | 15.6  | 26.3 | 34.6  | 42.5  | 43.5  | 59.8   |
| dr        | 16.5  | 15.6  | 16.6 | 18.9  | 17.3  | 16.4 | 15.6  | 14.5  | 16.4 | 17.9  | 18    | 17.7  | 201.6  |
| dn        | 0     | 0.1   | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.1    |
| AbsTx     | 19.9  | 23.8  | 25.9 | 28.1  | 31.6  | 33.9 | 35.6  | 34.8  | 31.9 | 29.5  | 23.8  | 21.1  | 36     |
| Tx        | 12.1  | 13    | 14.4 | 15.9  | 18.5  | 21.9 | 24.8  | 24.9  | 22   | 18.2  | 14.7  | 13.1  | 17.8   |
| Tm        | 7.3   | 7.8   | 9    | 10.5  | 13    | 16.6 | 19.5  | 19.5  | 16.6 | 13.1  | 9.9   | 8.3   | 12.6   |
| Tn        | 2.4   | 2.7   | 3.6  | 5.1   | 7.5   | 11.3 | 14.2  | 14.2  | 11.2 | 7.9   | 5.1   | 3.6   | 7.4    |
| AbsTn     | -7.4  | -5.6  | -4.2 | -2.2  | 0.4   | 3    | 6.9   | 6.2   | 3.6  | -0.4  | -3.6  | -4.7  | -7.9   |
| dh        | 6.2   | 5.2   | 3.3  | 0.8   | 0     | 0    | 0     | 0     | 0    | 0.1   | 1.5   | 3.5   | 20.6   |
| AbsTnm    | -3    | -2.2  | -1.2 | 0.4   | 2.5   | 5.5  | 9.1   | 8.8   | 5.9  | 2.8   | -0.2  | -1.7  | 2.2    |
| etp       | 20.5  | 23    | 34.2 | 45.8  | 67.9  | 94.6 | 117.4 | 109.6 | 76.9 | 51.5  | 30.7  | 23.4  | 695.5  |

## Proyectados 2021-2050

| Parámetro | ene   | feb   | mar   | abr   | may   | jun   | jul   | ago   | sep  | oct   | nov   | dic   | año    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|
| P         | 153.6 | 134.2 | 137.4 | 134.8 | 117.5 | 84.4  | 67.8  | 66.7  | 78.1 | 110.8 | 154.2 | 163.6 | 1402.9 |
| Px24      | 53.4  | 48.1  | 41.4  | 43.2  | 33.9  | 27.9  | 25.3  | 22.4  | 29.2 | 36.4  | 47.1  | 48.8  | 60     |
| dr        | 16.9  | 15.8  | 16.9  | 17.4  | 17.4  | 15.8  | 15.4  | 15.6  | 15.5 | 17    | 18    | 18.3  | 199.9  |
| dn        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.1    |
| AbsTx     | 22.4  | 25.2  | 28.1  | 31.4  | 33.9  | 36.4  | 39.5  | 38.5  | 35.2 | 31.3  | 25.9  | 22.5  | 39.8   |
| Tx        | 13    | 13.6  | 15.2  | 17    | 19.3  | 23.3  | 26.1  | 25.8  | 23.4 | 19.4  | 15.6  | 13.4  | 18.8   |
| Tm        | 8.1   | 8.4   | 9.7   | 11.4  | 13.8  | 17.9  | 20.7  | 20.4  | 17.9 | 14.2  | 10.7  | 8.7   | 13.5   |
| Tn        | 3.1   | 3.2   | 4.2   | 5.7   | 8.3   | 12.4  | 15.3  | 15.1  | 12.5 | 9     | 5.8   | 4     | 8.2    |
| AbsTn     | -6.7  | -5.6  | -4.2  | -1.7  | 0.6   | 3.4   | 6.8   | 6.1   | 2.6  | -0.5  | -3.6  | -5.6  | -6.9   |
| dh        | 4.5   | 3.7   | 2     | 0.6   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0.1   | 0.8   | 2.8   | 14.5   |
| AbsTnm    | -2    | -1.7  | -0.8  | 0.8   | 3.2   | 6.7   | 10.1  | 9.7   | 6.8  | 3.5   | 0.6   | -1.1  | 3      |
| etp       | 21.2  | 22.8  | 34.6  | 47.1  | 69.4  | 100.4 | 124.1 | 113.5 | 82.2 | 54.4  | 31.4  | 22.5  | 723.6  |



## Proyectados 2051-2080

| Parámetro | ene   | feb   | mar   | abr   | may   | jun   | jul  | ago   | sep  | oct   | nov   | dic   | año    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|--------|
| P         | 157.7 | 126.9 | 128.8 | 124.8 | 103.7 | 76.5  | 65   | 61.6  | 67.8 | 104.7 | 134.5 | 139.7 | 1291.7 |
| Px24      | 50.1  | 47.5  | 44.6  | 40.5  | 34.8  | 28.1  | 21.9 | 24.2  | 29.7 | 38.1  | 37.2  | 41.8  | 55.9   |
| dr        | 17.5  | 15.4  | 16.2  | 17.1  | 16.2  | 15.7  | 15.5 | 15.1  | 14.6 | 16.7  | 17.7  | 17.6  | 195.4  |
| dn        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.1    |
| AbsTx     | 22.8  | 25.9  | 28.7  | 32.3  | 35    | 38.2  | 40.9 | 40.2  | 36.8 | 32.7  | 27.7  | 23.9  | 41.3   |
| Tx        | 13.9  | 14.8  | 16.4  | 18.3  | 21.1  | 25    | 28   | 27.8  | 25.3 | 20.9  | 16.9  | 14.7  | 20.3   |
| Tm        | 9     | 9.4   | 10.8  | 12.6  | 15.4  | 19.5  | 22.6 | 22.4  | 19.9 | 15.7  | 12    | 9.9   | 14.9   |
| Tn        | 4.1   | 4.1   | 5.2   | 6.9   | 9.7   | 14    | 17.1 | 17.2  | 14.6 | 10.5  | 7.1   | 5.1   | 9.6    |
| AbsTn     | -5.2  | -4.8  | -3.2  | -1.1  | 1.3   | 4.4   | 7.9  | 7.5   | 4.3  | -0.2  | -2.8  | -4.9  | -6.2   |
| dh        | 2.8   | 2.7   | 1     | 0.2   | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0     | 0.4   | 1.7   | 8.8    |
| AbsTnm    | -1.1  | -1    | 0.3   | 1.8   | 4.2   | 8.1   | 11.6 | 11.6  | 8.6  | 4.8   | 1.6   | -0.4  | 4.2    |
| etp       | 21    | 22.9  | 35    | 48.6  | 74.2  | 108.1 | 136  | 126.1 | 90.9 | 57.6  | 32.6  | 23.1  | 776.1  |

**Fichas climáticas de Arizkun para diferentes periodos climatológicos, a partir de datos observados y proyectados en estación [*downscaling* estadístico].**

## Observados 1961-1990

| Parámetro | ene   | feb  | mar  | abr  | may  | jun  | jul   | ago   | sep  | oct  | nov  | dic   | año   |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|
| P         | 84.4  | 74.7 | 67.7 | 81   | 73.1 | 52.9 | 41.8  | 45.4  | 50.2 | 77.7 | 99.8 | 78.9  | 827.8 |
| Px24      | 67.4  | 39.1 | 55   | 44.3 | 41.8 | 51.7 | 102.9 | 94.5  | 81.6 | 68   | 82.2 | 49.1  | 102.9 |
| dr        | 10.6  | 10.7 | 9.4  | 11.1 | 9.3  | 6    | 4.9   | 4.9   | 5.9  | 7.8  | 9.8  | 10.3  | 100.6 |
| dn        | 0.2   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0.1   | 0.3   |
| AbsTx     | 19.5  | 22.6 | 26.1 | 28.6 | 32.4 | 38.9 | 40.7  | 40.7  | 37.8 | 29.5 | 23.9 | 19.6  | 40.7  |
| Tx        | 8.8   | 10.6 | 13.1 | 15.3 | 19.5 | 23.7 | 27.3  | 26.9  | 24.5 | 19   | 12.5 | 9.2   | 17.5  |
| Tm        | 5.5   | 6.8  | 8.6  | 10.8 | 14.4 | 17.9 | 21    | 20.7  | 18.6 | 14.3 | 8.9  | 6     | 12.8  |
| Tn        | 2.2   | 2.9  | 4.1  | 6.3  | 9.3  | 12.2 | 14.7  | 14.6  | 12.8 | 9.6  | 5.2  | 2.8   | 8.1   |
| AbsTn     | -12.4 | -9.2 | -6.9 | -2.3 | 0.5  | 4.4  | 7.5   | 5.4   | 3.7  | 1.1  | -5.3 | -13.1 | -13.1 |
| dh        | 7.9   | 5.7  | 2.6  | 0.5  | 0    | 0    | 0     | 0     | 0    | 0    | 2.4  | 7.5   | 26.6  |
| AbsTnm    | -4    | -2.8 | -1.3 | 1.3  | 3.8  | 7    | 10.1  | 9.5   | 7.2  | 3.8  | -0.5 | -3.7  | 2.5   |
| etp       | 13.5  | 17.9 | 30.8 | 45.8 | 75.6 | 103  | 127.9 | 117.1 | 88   | 56.4 | 25.4 | 14.4  | 715.8 |

## Observados 1991-2017

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun  | jul  | ago  | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| P         | 84.1 | 74.3 | 76.4 | 78   | 64.3 | 57.4 | 34.2 | 31.2 | 54.1 | 75.7 | 97.8 | 82.1 | 809.6 |
| Px24      | 62.8 | 48.7 | 51.5 | 42.4 | 53.3 | 59.2 | 54.8 | 41   | 67.6 | 62.1 | 63   | 74   | 74    |
| dr        | 9.9  | 9.1  | 8.6  | 10.1 | 9.3  | 6.2  | 3.8  | 4.3  | 6.3  | 9    | 10.6 | 10.4 | 97.8  |
| dn        | 0.1  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.1   |
| AbsTx     | 17.8 | 21.9 | 25.7 | 29.6 | 33.4 | 38.4 | 40.4 | 40.6 | 35.4 | 30   | 23.9 | 18.1 | 40.6  |
| Tx        | 9.3  | 10.7 | 14.6 | 16.7 | 20.9 | 25.1 | 27.8 | 28.4 | 23.9 | 18.9 | 12.8 | 9.6  | 18.2  |
| Tm        | 5.9  | 6.7  | 9.9  | 11.9 | 15.6 | 19.4 | 21.7 | 22.2 | 18.5 | 14.5 | 9.4  | 6.3  | 13.5  |
| Tn        | 2.6  | 2.6  | 5.1  | 7    | 10.3 | 13.7 | 15.7 | 16   | 13.1 | 10.1 | 5.9  | 3    | 8.8   |
| AbsTn     | -6.5 | -7.1 | -8.5 | -0.4 | 0.9  | 5.5  | 8.8  | 7.8  | 3.9  | -0.3 | -4.8 | -9.5 | -9.5  |



|        |      |      |      |     |     |       |       |       |      |      |      |      |       |
|--------|------|------|------|-----|-----|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| dh     | 7.2  | 5.9  | 1.4  | 0.1 | 0   | 0     | 0     | 0     | 0    | 0.1  | 1.1  | 6.5  | 22.3  |
| AbsTnm | -3   | -2.7 | -0.5 | 1.7 | 4.5 | 8.7   | 10.8  | 10.9  | 7.5  | 3.3  | -0.5 | -2.9 | 3.2   |
| etp    | 13.5 | 16   | 34.4 | 49  | 81  | 111.7 | 132.1 | 126.5 | 84.9 | 55.1 | 25.4 | 13.9 | 743.5 |

## Observados 2006-2017

| Parámetro | ene   | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul  | ago   | sep  | oct  | nov   | dic  | año   |
|-----------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|
| P         | 110.6 | 93.4 | 107  | 71.1 | 74.8 | 67.2  | 32.3 | 28    | 38.8 | 54.5 | 100.1 | 61.2 | 839.1 |
| Px24      | 62.8  | 48.7 | 51.5 | 42.4 | 53.3 | 59.2  | 54.8 | 38.2  | 67.6 | 59.2 | 56.9  | 39.4 | 67.6  |
| dr        | 10.8  | 11.1 | 11.2 | 9.4  | 9.7  | 6.9   | 3.2  | 4.2   | 5.2  | 6.8  | 9.9   | 9.6  | 98.2  |
| dn        | 0.1   | 0.1  | 0    | 0    | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0     | 0    | 0.2   |
| AbsTx     | 17.8  | 20   | 25.7 | 29.6 | 32.4 | 37.2  | 37.6 | 40.6  | 35.4 | 29.8 | 23.9  | 17.8 | 40.6  |
| Tx        | 9.2   | 10.6 | 14   | 17.5 | 20.7 | 25.2  | 28   | 28    | 24.4 | 19.9 | 13.2  | 9.6  | 18.4  |
| Tm        | 5.8   | 6.7  | 9.4  | 12.5 | 15.6 | 19.5  | 22   | 21.8  | 18.8 | 15.1 | 9.7   | 6.1  | 13.6  |
| Tn        | 2.4   | 2.7  | 4.8  | 7.6  | 10.4 | 13.8  | 16   | 15.7  | 13.3 | 10.4 | 6.3   | 2.5  | 8.8   |
| AbsTn     | -5.6  | -7.1 | -3   | 0.3  | 0.9  | 7.4   | 9.3  | 8.9   | 3.9  | -0.2 | -4.2  | -5.2 | -7.1  |
| dh        | 6.8   | 5.5  | 0.9  | 0    | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0.1  | 0.9   | 7.8  | 22.1  |
| AbsTnm    | -3.1  | -2.3 | -0.1 | 2.2  | 4.6  | 8.7   | 11.3 | 10.6  | 7.6  | 2.8  | -0.9  | -3.3 | 3.2   |
| etp       | 12.8  | 15.7 | 31.9 | 52.7 | 80.2 | 112.1 | 134  | 123.4 | 86.8 | 58.3 | 26.7  | 12.9 | 747.5 |

## Proyectados 2006-2017

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul   | ago   | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| P         | 50.7 | 50   | 48.4 | 51.6 | 40.2 | 36.2  | 27    | 26.6  | 33   | 48.9 | 58.3 | 55.3 | 526.1 |
| Px24      | 16.9 | 18   | 13.3 | 13.2 | 11.7 | 9.7   | 8.6   | 8.1   | 10.3 | 12.9 | 14.6 | 15.3 | 21.6  |
| dr        | 13.7 | 12.9 | 13.5 | 14.2 | 12.2 | 10.8  | 8.6   | 8.4   | 10.5 | 13.7 | 15.2 | 14.7 | 148.5 |
| dn        | 0.1  | 0    | 0.1  | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.2   |
| AbsTx     | 17.2 | 21.7 | 24.8 | 29.1 | 33.6 | 35.9  | 38.2  | 36.9  | 33.5 | 28.8 | 21.5 | 17.9 | 38.6  |
| Tx        | 9.8  | 11.2 | 13.4 | 15.6 | 18.9 | 23.1  | 26.6  | 26.5  | 22.7 | 17.6 | 12.9 | 10.7 | 17.4  |
| Tm        | 6.3  | 7.2  | 8.8  | 10.6 | 13.5 | 17.5  | 20.7  | 20.7  | 17.3 | 13   | 9.2  | 7.3  | 12.7  |
| Tn        | 2.8  | 3.2  | 4.2  | 5.7  | 8.1  | 11.9  | 14.8  | 14.9  | 11.9 | 8.6  | 5.5  | 3.9  | 7.9   |
| AbsTn     | -7   | -4.8 | -3.6 | -1.5 | 1    | 4     | 8.1   | 8.2   | 5.1  | 1.6  | -1.6 | -3.4 | -7.5  |
| dh        | 4.5  | 3.8  | 2.6  | 0.6  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0.8  | 2.5  | 14.6  |
| AbsTnm    | -1.9 | -1.5 | -0.7 | 0.9  | 3.2  | 6.4   | 10.3  | 10.2  | 7.3  | 4    | 0.9  | -0.6 | 3.2   |
| etp       | 16.6 | 20   | 32.4 | 45.8 | 70.3 | 100.4 | 126.1 | 117.3 | 80.3 | 50.9 | 27.3 | 19.2 | 706.6 |

## Proyectados 2021-2050

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun  | jul  | ago  | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| P         | 52.2 | 44.7 | 46.5 | 46.1 | 40.4 | 32.4 | 28.4 | 27.9 | 32.2 | 43.8 | 56.1 | 56.3 | 506.9 |
| Px24      | 18   | 17.9 | 15.9 | 13.2 | 12.3 | 10.7 | 10.9 | 11.5 | 12.7 | 15.2 | 18.1 | 15.8 | 21.9  |
| dr        | 13.5 | 12.1 | 13.1 | 12.9 | 11.9 | 9.8  | 8.8  | 8.9  | 10.1 | 12.8 | 14.4 | 14.8 | 143.1 |
| dn        | 0    | 0.1  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.2   |
| AbsTx     | 19.9 | 23.1 | 27.6 | 31.8 | 35.2 | 38.8 | 41.5 | 40.7 | 37.4 | 31.2 | 23.7 | 19.3 | 42.5  |
| Tx        | 10.8 | 12   | 14.3 | 16.9 | 19.9 | 24.8 | 28.2 | 27.6 | 24.4 | 18.9 | 13.9 | 11.2 | 18.6  |
| Tm        | 7.2  | 7.8  | 9.5  | 11.6 | 14.5 | 19   | 22   | 21.7 | 18.8 | 14.2 | 10.1 | 7.8  | 13.7  |
| Tn        | 3.5  | 3.7  | 4.8  | 6.4  | 9    | 13.1 | 15.9 | 15.7 | 13.3 | 9.6  | 6.3  | 4.3  | 8.8   |
| AbsTn     | -5.5 | -5.4 | -3.8 | -1.2 | 1.3  | 4.4  | 8.2  | 8.1  | 5.2  | 1.2  | -1.5 | -4   | -5.9  |





|        |      |      |      |      |      |       |       |       |      |      |      |      |     |
|--------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-----|
| dh     | 3    | 2.5  | 1.4  | 0.4  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0.5  | 1.8  | 9.6 |
| AbsTnm | -1   | -0.8 | -0.2 | 1.6  | 4    | 7.7   | 11.3  | 11    | 8.3  | 4.8  | 1.7  | -0.2 | 4   |
| etp    | 17.3 | 20   | 32.7 | 47.5 | 72.4 | 107.8 | 134.5 | 121.9 | 86.9 | 53.5 | 28.1 | 18.4 | 741 |

## Proyectados 2051-2080

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul   | ago  | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| P         | 54.8 | 44.7 | 45.8 | 45.5 | 37.8 | 30.4  | 26.9  | 27.7 | 31.5 | 43   | 52.3 | 50.6 | 490.9 |
| Px24      | 18.2 | 17.3 | 15.4 | 14.8 | 13.4 | 12.4  | 11.2  | 12.7 | 12.5 | 16.5 | 17.1 | 15.8 | 23.3  |
| dr        | 14.1 | 12.2 | 12.9 | 12.7 | 10.9 | 9.2   | 8     | 8.3  | 9.7  | 12.2 | 14.1 | 14.1 | 138.4 |
| dn        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.1   |
| AbsTx     | 20.3 | 24.5 | 28.5 | 33.1 | 36.3 | 42.5  | 44    | 41.6 | 38.8 | 33.2 | 26   | 21   | 44.3  |
| Tx        | 11.9 | 13.2 | 15.7 | 18.3 | 22   | 26.8  | 30.5  | 30   | 26.6 | 20.7 | 15.4 | 12.6 | 20.3  |
| Tm        | 8.2  | 9    | 10.7 | 13   | 16.2 | 20.8  | 24.1  | 23.8 | 20.9 | 15.9 | 11.5 | 9.1  | 15.3  |
| Tn        | 4.6  | 4.7  | 5.9  | 7.6  | 10.4 | 14.7  | 17.8  | 17.7 | 15.2 | 11.1 | 7.5  | 5.5  | 10.2  |
| AbsTn     | -5   | -3.9 | -2.2 | -0.2 | 2.2  | 5.8   | 9.4   | 9.5  | 6.7  | 2.3  | -0.8 | -2.9 | -5.4  |
| dh        | 1.8  | 1.7  | 0.7  | 0.1  | 0    | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0.1  | 0.8  | 5.3   |
| AbsTnm    | 0    | 0    | 1.1  | 2.7  | 5.1  | 9.3   | 12.7  | 12.9 | 10   | 6.1  | 2.8  | 0.9  | 5.3   |
| etp       | 17.4 | 20   | 33.4 | 48.9 | 78.2 | 117.4 | 150.2 | 137  | 96.4 | 57.3 | 29.1 | 19.1 | 804.4 |

**Fichas climáticas de Pamplona para diferentes periodos climatológicos, a partir de datos observados y proyectados en estación [*downscaling* estadístico].**

## Observados 1991-2017

| Parámetro | ene  | feb   | mar  | abr  | may  | jun   | jul   | ago   | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| P         | 76.6 | 68.7  | 68.1 | 69.7 | 56.6 | 50.5  | 33.5  | 27.4  | 50.4 | 68.6 | 89.2 | 70.7 | 729.8 |
| Px24      | 68   | 47.5  | 57.8 | 57   | 49   | 45.8  | 58    | 54    | 72.3 | 54   | 67.5 | 67.8 | 72.3  |
| dr        | 9.3  | 8.2   | 7.8  | 9.4  | 8.3  | 5.9   | 3.8   | 3.3   | 5.7  | 8    | 10.2 | 8.9  | 89    |
| dn        | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| AbsTx     | 18.1 | 21.2  | 26.4 | 30.3 | 34.7 | 40.2  | 39.6  | 41    | 36.9 | 31   | 23   | 20.1 | 41    |
| Tx        | 9.5  | 10.8  | 14.7 | 16.7 | 20.8 | 25.3  | 27.8  | 28.4  | 24.4 | 19.2 | 13   | 9.8  | 18.4  |
| Tm        | 5.6  | 6.2   | 9.3  | 11.2 | 14.8 | 18.7  | 21    | 21.5  | 18.1 | 14   | 9    | 6.1  | 13    |
| Tn        | 1.8  | 1.6   | 3.9  | 5.7  | 8.8  | 12.2  | 14.2  | 14.6  | 11.9 | 8.9  | 5    | 2.3  | 7.6   |
| AbsTn     | -7.5 | -12.9 | -9.4 | -3.5 | -1   | 3.2   | 5.5   | 6     | 2.9  | -3.5 | -6   | -9.5 | -12.9 |
| dh        | 11.2 | 10.3  | 4.8  | 1.2  | 0.1  | 0     | 0     | 0     | 0    | 0.5  | 3.1  | 8.7  | 40.1  |
| AbsTnm    | -5   | -4.9  | -2.5 | 0    | 2.8  | 6.7   | 8.9   | 9.4   | 5.6  | 1.1  | -2.2 | -4.8 | 1.3   |
| etp       | 13.6 | 15.6  | 33.5 | 47.3 | 77.6 | 108.4 | 127.4 | 122.3 | 84.3 | 54.5 | 25.5 | 14.2 | 724.2 |

## Observados 2006-2017

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun  | jul  | ago  | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| P         | 94.2 | 87.5 | 97.8 | 71.8 | 70.9 | 59.2 | 33.8 | 22.2 | 34.5 | 53.8 | 98.7 | 48.8 | 773.1 |
| Px24      | 68   | 47.5 | 57.8 | 57   | 49   | 45.8 | 58   | 40.9 | 50.5 | 54   | 55   | 35   | 68    |
| dr        | 10.3 | 10.2 | 10.5 | 9.3  | 8.7  | 6.8  | 4.1  | 2.9  | 4.7  | 6.5  | 9.9  | 7.3  | 91.2  |
| dn        | 0    | 0.1  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.1   |
| AbsTx     | 18.1 | 21   | 25   | 29   | 32.7 | 39   | 39.2 | 41   | 36.9 | 31   | 23   | 17.7 | 41    |





|        |      |      |      |      |      |      |       |       |      |      |      |      |       |
|--------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| Tx     | 9.3  | 10.5 | 14   | 17.2 | 20.4 | 25.3 | 28.2  | 28.2  | 25.2 | 20.2 | 13.4 | 9.8  | 18.5  |
| Tm     | 5.5  | 6    | 8.9  | 11.7 | 14.7 | 18.7 | 21.3  | 21.3  | 18.7 | 14.6 | 9.5  | 5.8  | 13.1  |
| Tn     | 1.7  | 1.6  | 3.8  | 6.1  | 8.9  | 12.2 | 14.5  | 14.3  | 12.3 | 9    | 5.5  | 1.8  | 7.6   |
| AbsTn  | -7   | -6.5 | -4   | -3.5 | -1   | 4    | 5.5   | 6     | 3    | -3.5 | -6   | -8.5 | -8.5  |
| dh     | 11.8 | 11   | 5.5  | 1.2  | 0.2  | 0    | 0     | 0     | 0    | 0.9  | 2.5  | 10   | 43.2  |
| AbsTnm | -5.5 | -4.8 | -2.3 | 0.1  | 2.7  | 6.7  | 9.2   | 8.8   | 5.7  | 0.2  | -2.6 | -5.5 | 1.1   |
| etp    | 12.9 | 14.8 | 31.2 | 49.5 | 76   | 108  | 129.9 | 120.1 | 87.8 | 57   | 26.9 | 13.2 | 727.3 |

## Proyectados 2006-2017

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun  | jul  | ago   | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|
| P         | 52   | 52.8 | 58.5 | 61.6 | 49.6 | 47.5 | 35.3 | 32.7  | 38   | 51.9 | 63.2 | 60   | 603.1 |
| Px24      | 13.6 | 13.4 | 13.4 | 11.4 | 9.7  | 9.5  | 6.7  | 7     | 9.6  | 11.9 | 12.8 | 14.4 | 16.3  |
| dr        | 12.4 | 12.2 | 13.3 | 14.9 | 13   | 12.3 | 10.3 | 9.7   | 10.7 | 13   | 14.2 | 13.7 | 149.7 |
| dn        | 0.1  | 0.1  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.2   |
| AbsTx     | 18.2 | 22.6 | 26.2 | 30.3 | 34.6 | 37   | 39.2 | 38.5  | 34.8 | 29.8 | 22.6 | 18.6 | 39.5  |
| Tx        | 10.4 | 11.8 | 14.1 | 16.4 | 19.8 | 24   | 27.5 | 27.4  | 23.6 | 18.3 | 13.5 | 11.2 | 18.1  |
| Tm        | 6.2  | 7    | 8.7  | 10.5 | 13.4 | 17.3 | 20.5 | 20.5  | 17.1 | 12.8 | 9.1  | 7.2  | 12.5  |
| Tn        | 2    | 2.3  | 3.3  | 4.7  | 7    | 10.7 | 13.5 | 13.5  | 10.7 | 7.4  | 4.7  | 3.1  | 6.9   |
| AbsTn     | -7.2 | -4.9 | -3.7 | -2.2 | 0.4  | 2.8  | 6.4  | 6.5   | 3.8  | -0.3 | -3   | -4.8 | -7.5  |
| dh        | 6.8  | 5.8  | 3.7  | 0.9  | 0.1  | 0    | 0    | 0     | 0    | 0.2  | 1.5  | 3.8  | 22.9  |
| AbsTnm    | -2.9 | -2.1 | -1.3 | 0.2  | 2.3  | 5.2  | 8.7  | 8.6   | 5.7  | 2.5  | -0.1 | -1.7 | 2.1   |
| etp       | 16.6 | 19.9 | 32.5 | 45.8 | 70.3 | 99.9 | 125  | 115.9 | 79.9 | 50.2 | 27.3 | 19   | 702.3 |

## Proyectados 2021-2050

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul   | ago   | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| P         | 55   | 48   | 55.2 | 56.8 | 50.4 | 42.2  | 38    | 36    | 36.7 | 48.4 | 58.3 | 59.9 | 585   |
| Px24      | 15.7 | 14.1 | 13.6 | 12.3 | 11.2 | 9.4   | 8.6   | 8.4   | 10.6 | 13.2 | 14.3 | 16   | 18.2  |
| dr        | 12.6 | 11.5 | 13.1 | 13.7 | 12.8 | 11.5  | 10.7  | 10.4  | 10.2 | 12.3 | 13.4 | 13.8 | 146.1 |
| dn        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.1   |
| AbsTx     | 20.2 | 23.9 | 28.4 | 33.8 | 36.4 | 40    | 43    | 42.2  | 38.5 | 32.9 | 24.9 | 20.1 | 44    |
| Tx        | 11.4 | 12.6 | 14.9 | 17.6 | 20.8 | 25.8  | 29.1  | 28.6  | 25.3 | 19.7 | 14.6 | 11.7 | 19.3  |
| Tm        | 7    | 7.7  | 9.4  | 11.5 | 14.3 | 18.8  | 21.8  | 21.5  | 18.6 | 14.1 | 9.9  | 7.6  | 13.5  |
| Tn        | 2.7  | 2.8  | 3.8  | 5.3  | 7.8  | 11.8  | 14.6  | 14.5  | 11.9 | 8.4  | 5.3  | 3.6  | 7.7   |
| AbsTn     | -6.1 | -5.2 | -4.2 | -1.8 | 0.2  | 3.1   | 6.2   | 5.9   | 3.1  | -0.5 | -3   | -4.9 | -6.4  |
| dh        | 5.2  | 4.4  | 2.2  | 0.6  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0.1  | 1    | 3.2  | 16.9  |
| AbsTnm    | -2   | -1.7 | -0.8 | 0.7  | 2.9  | 6.4   | 9.6   | 9.3   | 6.6  | 3.2  | 0.4  | -1.2 | 2.8   |
| etp       | 17.3 | 19.8 | 32.3 | 47   | 72.1 | 107.2 | 133.2 | 121.5 | 85.8 | 53   | 28   | 18.4 | 735.6 |

## Proyectados 2051-2080

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun  | jul  | ago  | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| P         | 55.9 | 49.2 | 53   | 55.5 | 47.4 | 40.5 | 37.6 | 36   | 38.5 | 47.1 | 54.6 | 52.7 | 568.1 |
| Px24      | 15.8 | 15   | 13.8 | 15.1 | 11.5 | 9.4  | 8.3  | 8.2  | 10   | 13   | 13.6 | 14.6 | 17.2  |
| dr        | 12.7 | 11.6 | 12.6 | 13.3 | 12   | 11.2 | 10.7 | 10.3 | 10.6 | 12   | 13   | 12.9 | 143   |
| dn        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.1   |
| AbsTx     | 21.3 | 25.3 | 29.8 | 34.4 | 37.7 | 43   | 45.4 | 44.8 | 40.3 | 35.1 | 27.9 | 22   | 45.9  |





|        |      |      |      |      |      |       |       |       |      |      |      |      |       |
|--------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| Tx     | 12.5 | 13.8 | 16.4 | 19.1 | 22.9 | 27.8  | 31.5  | 31    | 27.6 | 21.5 | 16.1 | 13.2 | 21.1  |
| Tm     | 8.1  | 8.8  | 10.6 | 12.8 | 16.1 | 20.6  | 23.9  | 23.7  | 20.8 | 15.7 | 11.3 | 8.9  | 15.1  |
| Tn     | 3.6  | 3.7  | 4.8  | 6.5  | 9.2  | 13.4  | 16.4  | 16.4  | 14   | 9.9  | 6.5  | 4.5  | 9.1   |
| AbsTn  | -5   | -4.8 | -3.1 | -1.1 | 1    | 4.2   | 7.5   | 7.6   | 4.7  | 0    | -2.2 | -4.2 | -5.5  |
| dh     | 3.3  | 3    | 1.1  | 0.2  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0.5  | 1.9  | 10.1  |
| AbsTnm | -1.1 | -1   | 0.3  | 1.6  | 3.9  | 7.8   | 11.1  | 11.2  | 8.3  | 4.4  | 1.5  | -0.3 | 4     |
| etp    | 17.1 | 19.7 | 33   | 48.6 | 77.8 | 116.6 | 148.5 | 135.9 | 96.1 | 56.7 | 29   | 18.8 | 797.8 |

**Fichas climáticas de Otazu para diferentes periodos climatológicos, a partir de datos observados y proyectados en estación [*downscaling* estadístico].**

Observados 1991-2017

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul   | ago   | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| P         | 53   | 50.9 | 55.7 | 58.1 | 64.2 | 55.7  | 34.8  | 20.3  | 37.4 | 57.6 | 68.8 | 53.6 | 610.1 |
| Px24      | 38.1 | 42   | 44.5 | 77.2 | 78.5 | 50    | 70.6  | 51    | 48.3 | 32.9 | 53.4 | 54.3 | 78.5  |
| dr        | 8.6  | 7.8  | 7.4  | 8.2  | 8.1  | 5.9   | 3.7   | 3.6   | 5.1  | 8.2  | 9.5  | 8.7  | 84.9  |
| dn        | 0    | 0.2  | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.2   |
| AbsTx     | 19   | 19.1 | 24.9 | 27.4 | 32.9 | 36.5  | 37    | 39.3  | 34.5 | 29.8 | 22.1 | 16.7 | 39.3  |
| Tx        | 7.9  | 9.1  | 13   | 15.2 | 19.4 | 24.3  | 27.1  | 27.3  | 22.8 | 17.5 | 11.3 | 8.2  | 16.9  |
| Tm        | 4.3  | 5.1  | 8.3  | 10.1 | 13.9 | 18    | 20.4  | 20.8  | 17.1 | 12.9 | 7.7  | 4.7  | 11.9  |
| Tn        | 0.8  | 1.2  | 3.6  | 5    | 8.5  | 11.7  | 13.7  | 14.2  | 11.4 | 8.3  | 4    | 1.2  | 7     |
| AbsTn     | -8.4 | -7.9 | -9   | -2.8 | -1.5 | 3.7   | 6.1   | 6.4   | 3.6  | -1   | -5.9 | -11  | -11   |
| dh        | 12.3 | 8.7  | 4    | 1.7  | 0.1  | 0     | 0     | 0     | 0    | 0.3  | 3.5  | 10.3 | 40.9  |
| AbsTnm    | -4.3 | -3.5 | -1.8 | -0.4 | 2.8  | 6.2   | 8.6   | 9.1   | 6.3  | 2.6  | -1.3 | -4.5 | 1.7   |
| etp       | 11.1 | 13.9 | 31.7 | 44.7 | 75.7 | 106.1 | 125.3 | 119.1 | 80.8 | 51.7 | 22.7 | 11.7 | 694.5 |

Observados 2006-2017

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun  | jul   | ago  | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| P         | 57.4 | 68.8 | 77.7 | 54.8 | 64.6 | 70.2 | 27.3  | 15.8 | 27.6 | 43.3 | 67.1 | 36.9 | 611.5 |
| Px24      | 34.5 | 42   | 44.5 | 35.5 | 78.5 | 50   | 45    | 51   | 30.7 | 30   | 46   | 18   | 78.5  |
| dr        | 9.3  | 9.8  | 9.8  | 7.9  | 8.3  | 6.7  | 3.6   | 3.2  | 4.4  | 6.8  | 9.6  | 8.3  | 87.7  |
| dn        | 0.1  | 0.2  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.2   |
| AbsTx     | 19   | 18.5 | 24   | 27   | 31.5 | 36.5 | 37    | 38.3 | 34.5 | 29.8 | 22   | 16   | 38.3  |
| Tx        | 8.1  | 8.9  | 12.4 | 16   | 19.4 | 24.4 | 27.5  | 27.2 | 23.4 | 18.5 | 11.6 | 8.2  | 17.1  |
| Tm        | 4.5  | 4.9  | 7.9  | 10.7 | 13.9 | 18   | 20.7  | 20.5 | 17.6 | 13.6 | 8    | 4.4  | 12.1  |
| Tn        | 0.9  | 1    | 3.3  | 5.5  | 8.4  | 11.7 | 13.9  | 13.8 | 11.7 | 8.6  | 4.3  | 0.6  | 7     |
| AbsTn     | -8.4 | -7.9 | -5.9 | -2.5 | -1.5 | 4    | 6.1   | 6.6  | 3.6  | -0.9 | -5.9 | -8   | -8.4  |
| dh        | 11.4 | 9.6  | 4    | 1.1  | 0.1  | 0    | 0     | 0    | 0    | 0.2  | 3.8  | 12.2 | 42.4  |
| AbsTnm    | -4.8 | -3.3 | -2.1 | 0    | 2.8  | 6.6  | 9.1   | 8.9  | 6.5  | 2.2  | -1.9 | -4.9 | 1.6   |
| etp       | 11.4 | 13   | 29.2 | 47.9 | 74.8 | 106  | 127.3 | 117  | 83.1 | 54.6 | 23.5 | 10.5 | 698.3 |

Proyectados 2006-2017

| Parámetro | ene | feb | mar  | abr  | may  | jun  | jul | ago  | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|-----|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-------|
| P         | 33  | 31  | 34.1 | 36.1 | 30.5 | 30.7 | 22  | 21.8 | 24.6 | 33.5 | 39.3 | 38.2 | 374.8 |





|        |      |      |      |      |      |       |       |       |      |      |      |      |       |
|--------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| Px24   | 11.6 | 9.7  | 9.7  | 9.1  | 8.6  | 8.7   | 7.4   | 7     | 6.8  | 9.2  | 8.7  | 10.7 | 13    |
| dr     | 11.6 | 11   | 12   | 13   | 11   | 9.9   | 8.2   | 8.2   | 9.4  | 12.5 | 13.9 | 13.1 | 133.9 |
| dn     | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.4   |
| AbsTx  | 18   | 22.2 | 25.9 | 29.7 | 34.1 | 37.9  | 40.3  | 38.3  | 34.5 | 29.7 | 22.6 | 18.6 | 40.5  |
| Tx     | 9.7  | 11.2 | 13.5 | 15.9 | 19.4 | 23.8  | 27.6  | 27.5  | 23.3 | 17.8 | 12.9 | 10.6 | 17.8  |
| Tm     | 6.5  | 7.4  | 9    | 10.9 | 13.9 | 18    | 21.3  | 21.3  | 17.8 | 13.4 | 9.4  | 7.5  | 13    |
| Tn     | 3.2  | 3.5  | 4.5  | 6    | 8.4  | 12.1  | 15.1  | 15.1  | 12.2 | 8.9  | 5.9  | 4.3  | 8.3   |
| AbsTn  | -6.3 | -4.5 | -3.4 | -1.2 | 1.5  | 4     | 8.2   | 8.4   | 5.5  | 1.9  | -1.2 | -2.8 | -6.8  |
| dh     | 3.6  | 3    | 2.2  | 0.5  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0.5  | 1.6  | 11.4  |
| AbsTnm | -1.5 | -1.2 | -0.5 | 1.1  | 3.4  | 6.6   | 10.5  | 10.7  | 7.6  | 4.4  | 1.4  | -0.1 | 3.5   |
| etp    | 16.4 | 19.7 | 32.3 | 46.1 | 71.5 | 102.5 | 130.4 | 120.9 | 82   | 51.1 | 27.2 | 18.9 | 719   |

## Proyectados 2021-2050

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul   | ago   | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| P         | 33.9 | 29.2 | 33   | 33.8 | 31.9 | 27.1  | 23.5  | 22.6  | 24.6 | 31.6 | 36.9 | 37.3 | 365.4 |
| Px24      | 11.8 | 12   | 12   | 12.6 | 10.7 | 9.8   | 8.3   | 8     | 9.1  | 10.6 | 11.5 | 12   | 14.3  |
| dr        | 11.7 | 10.3 | 11.6 | 11.7 | 11   | 9.1   | 8.1   | 8     | 8.8  | 11.7 | 13   | 13   | 127.9 |
| dn        | 0.1  | 0.1  | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0.1  | 0.3   |
| AbsTx     | 20.3 | 23.9 | 27.9 | 32.7 | 36.5 | 41.1  | 43.7  | 41.8  | 38.5 | 32.2 | 25   | 19.9 | 44.6  |
| Tx        | 10.8 | 12   | 14.4 | 17.2 | 20.5 | 25.8  | 29.3  | 28.6  | 25.1 | 19.2 | 14   | 11.1 | 19    |
| Tm        | 7.4  | 8    | 9.8  | 12   | 14.8 | 19.6  | 22.7  | 22.3  | 19.4 | 14.6 | 10.3 | 7.9  | 14.1  |
| Tn        | 4    | 4.1  | 5.2  | 6.7  | 9.2  | 13.4  | 16.2  | 15.9  | 13.6 | 9.9  | 6.7  | 4.8  | 9.1   |
| AbsTn     | -5.2 | -5   | -3.8 | -1.1 | 1.6  | 4.8   | 8.5   | 8.6   | 5.6  | 1.7  | -1.2 | -3.5 | -5.8  |
| dh        | 2.3  | 2.1  | 1.3  | 0.3  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0.4  | 1.6  | 8     |
| AbsTnm    | -0.6 | -0.7 | 0.1  | 1.7  | 4.2  | 7.9   | 11.6  | 11.4  | 8.7  | 5.1  | 2.1  | 0.1  | 4.3   |
| etp       | 17.2 | 19.7 | 32.6 | 47.7 | 73.5 | 111.6 | 139.6 | 125.7 | 89   | 53.8 | 28   | 18.2 | 756.6 |

## Proyectados 2051-2080

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul  | ago   | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|-------|
| P         | 35   | 30   | 32.3 | 33.9 | 29.6 | 25.3  | 22   | 22.2  | 25.4 | 30.9 | 35   | 34.1 | 355.7 |
| Px24      | 13   | 12.1 | 11.4 | 10.6 | 9.6  | 11.4  | 8.4  | 9.6   | 10.3 | 11.2 | 11   | 12.1 | 15.8  |
| dr        | 12   | 10.4 | 11.3 | 11.5 | 9.8  | 8.4   | 7.1  | 7.3   | 8.9  | 11.3 | 12.5 | 12.3 | 122.8 |
| dn        | 0    | 0.1  | 0    | 0    | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.2   |
| AbsTx     | 21.3 | 25.4 | 29.1 | 34.5 | 37.9 | 42.9  | 46   | 44    | 40.4 | 34.9 | 27.2 | 21.9 | 46.2  |
| Tx        | 11.9 | 13.2 | 15.8 | 18.8 | 22.7 | 27.9  | 31.8 | 31.2  | 27.5 | 21.1 | 15.5 | 12.6 | 20.8  |
| Tm        | 8.5  | 9.2  | 11.1 | 13.3 | 16.8 | 21.4  | 24.9 | 24.6  | 21.5 | 16.3 | 11.7 | 9.2  | 15.7  |
| Tn        | 5    | 5.1  | 6.3  | 8    | 10.8 | 15    | 18   | 17.9  | 15.5 | 11.4 | 8    | 5.9  | 10.6  |
| AbsTn     | -4.5 | -3.8 | -2   | 0.4  | 2.4  | 6.2   | 9.8  | 9.9   | 7.4  | 3.1  | 0.1  | -2.7 | -5    |
| dh        | 1.3  | 1.5  | 0.6  | 0.1  | 0    | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0.1  | 0.6  | 4.2   |
| AbsTnm    | 0.5  | 0.4  | 1.3  | 2.9  | 5.3  | 9.5   | 13.1 | 13.3  | 10.5 | 6.6  | 3.5  | 1.5  | 5.7   |
| etp       | 17   | 19.6 | 33.1 | 49.8 | 80.5 | 122.2 | 157  | 142.7 | 99.7 | 57.8 | 29.1 | 18.7 | 827.2 |



Fichas climáticas de Arróniz para diferentes periodos climatológicos, a partir de datos observados y proyectados en estación [*downscaling* estadístico].

## Observados 1991-2017

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul   | ago   | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| P         | 59.5 | 54.8 | 62.4 | 66.2 | 55.3 | 51.1  | 31.8  | 26.8  | 59.6 | 78.3 | 75   | 65.7 | 686.5 |
| Px24      | 44   | 43.4 | 47.5 | 54   | 56   | 88.5  | 31    | 68    | 75.5 | 71   | 43.1 | 68   | 88.5  |
| dr        | 9.5  | 8.3  | 8.1  | 9.3  | 8.2  | 5.8   | 4.3   | 3.8   | 5.4  | 8.3  | 9.9  | 9.6  | 90.4  |
| dn        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| AbsTx     | 18.8 | 20.7 | 25.6 | 28.9 | 35.4 | 38.4  | 39.5  | 39.9  | 36.5 | 30.6 | 22.7 | 18.7 | 39.9  |
| Tx        | 8.8  | 10.4 | 14.5 | 16.6 | 21   | 26    | 29    | 29.3  | 24.6 | 19.2 | 12.6 | 9.2  | 18.4  |
| Tm        | 5    | 5.9  | 9.2  | 11.1 | 15.1 | 19.4  | 21.9  | 22.3  | 18.3 | 14   | 8.6  | 5.5  | 13    |
| Tn        | 1.2  | 1.5  | 4    | 5.7  | 9.3  | 12.8  | 14.7  | 15.3  | 12   | 8.9  | 4.6  | 1.8  | 7.7   |
| AbsTn     | -9   | -8   | -10  | -2   | -1   | 5     | 8     | 8     | 4    | -1.3 | -6   | -10  | -10   |
| dh        | 12.1 | 9.2  | 3.1  | 0.7  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0.2  | 2.7  | 9.4  | 37.4  |
| AbsTnm    | -3.8 | -3.4 | -1.1 | 1.1  | 4    | 8.2   | 10.5  | 10.7  | 7    | 2.9  | -1.2 | -3.5 | 2.6   |
| etp       | 11.2 | 14.4 | 32.7 | 46.4 | 79.3 | 112.9 | 133.9 | 128.1 | 84.7 | 53.9 | 23.5 | 12.1 | 733.1 |

## Observados 2006-2017

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul   | ago   | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| P         | 76.1 | 67.9 | 86.3 | 65.5 | 58.1 | 57.2  | 31    | 22    | 43.2 | 69.8 | 74.1 | 42.3 | 693.6 |
| Px24      | 43   | 30   | 47.5 | 54   | 56   | 43    | 31    | 36    | 75.2 | 71   | 42.5 | 23   | 75.2  |
| dr        | 11.1 | 10.9 | 10.9 | 9    | 8.7  | 7     | 4.2   | 3.8   | 4.8  | 7    | 9.6  | 8.7  | 95.6  |
| dn        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| AbsTx     | 18.8 | 18.9 | 24   | 28.9 | 32.9 | 37.9  | 38.4  | 39.9  | 36.5 | 28.9 | 22   | 17.8 | 39.9  |
| Tx        | 8.5  | 9.9  | 13.8 | 17.5 | 21   | 25.9  | 29.3  | 28.9  | 25.2 | 20.2 | 13   | 9.2  | 18.5  |
| Tm        | 4.9  | 5.7  | 8.8  | 11.8 | 15.1 | 19.4  | 22.1  | 22    | 18.7 | 14.7 | 9    | 5.4  | 13.1  |
| Tn        | 1.2  | 1.4  | 3.8  | 6.1  | 9.2  | 12.8  | 15    | 15.1  | 12.2 | 9.2  | 4.9  | 1.6  | 7.7   |
| AbsTn     | -9   | -7   | -3   | 0    | -1   | 5     | 8     | 10    | 4    | -1   | -6   | -5   | -9    |
| dh        | 10.8 | 8.5  | 2.5  | 0.2  | 0.1  | 0     | 0     | 0     | 0    | 0.2  | 1.9  | 9.6  | 33.7  |
| AbsTnm    | -4.1 | -3.1 | -0.8 | 2.2  | 4    | 8.3   | 11    | 11.2  | 7.2  | 2.9  | -1.5 | -3.7 | 2.8   |
| etp       | 10.6 | 13.2 | 30.2 | 49.7 | 78.5 | 112.2 | 136.2 | 125.5 | 87   | 57   | 24.6 | 11.7 | 736.4 |

## Proyectados 2006-2017

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun  | jul  | ago  | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| P         | 49.8 | 47.7 | 50.2 | 49.2 | 40.1 | 38.2 | 30.7 | 30.5 | 34.4 | 47.2 | 59.4 | 55.5 | 532.9 |
| Px24      | 14   | 13.7 | 13.5 | 11.9 | 9.5  | 10.7 | 10.8 | 10.2 | 10.5 | 11.6 | 11.8 | 13.8 | 16.4  |
| dr        | 11   | 10.3 | 10.7 | 10.8 | 8.9  | 8.3  | 6.8  | 6.9  | 7.8  | 10.6 | 12.4 | 12   | 116.5 |
| dn        | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.3   |
| AbsTx     | 17.7 | 21.9 | 25.2 | 29.6 | 34.1 | 36.9 | 39.3 | 38.3 | 34.5 | 29.6 | 22   | 18.3 | 39.5  |
| Tx        | 9.7  | 11.1 | 13.4 | 15.7 | 19.2 | 23.7 | 27.5 | 27.5 | 23.3 | 17.8 | 12.9 | 10.6 | 17.7  |
| Tm        | 6.6  | 7.5  | 9.2  | 11.1 | 14.1 | 18.2 | 21.6 | 21.5 | 18   | 13.5 | 9.6  | 7.6  | 13.2  |
| Tn        | 3.5  | 3.9  | 5    | 6.5  | 8.9  | 12.6 | 15.6 | 15.6 | 12.7 | 9.3  | 6.2  | 4.7  | 8.7   |
| AbsTn     | -6.4 | -3.7 | -2.2 | -0.4 | 2    | 4.8  | 8.9  | 9.1  | 5.9  | 2.1  | -0.6 | -2.4 | -6.9  |
| dh        | 3.1  | 2.4  | 1.3  | 0.2  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.4  | 1.4  | 8.8   |



|        |      |      |      |      |      |       |       |       |     |      |      |      |       |
|--------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|
| AbsTnm | -1.3 | -0.7 | 0.3  | 1.9  | 4    | 7.2   | 11.2  | 11.1  | 8.1 | 4.8  | 1.8  | 0.3  | 4     |
| etp    | 16.5 | 19.8 | 32.6 | 46.2 | 71.7 | 103.3 | 131.5 | 122.4 | 83  | 51.5 | 27.2 | 19.1 | 724.8 |

## Proyectados 2021-2050

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul   | ago   | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| P         | 50.5 | 43.7 | 47.1 | 44.8 | 39.9 | 33.8  | 30.3  | 30.7  | 33.3 | 42.9 | 51.9 | 56   | 505   |
| Px24      | 15.1 | 13.5 | 14.1 | 12.1 | 12.5 | 11    | 11.9  | 11.3  | 10.8 | 12.8 | 13.9 | 14.7 | 17    |
| dr        | 10.9 | 9.9  | 10.4 | 10   | 8.9  | 7.5   | 6.8   | 6.7   | 7.5  | 9.7  | 11.2 | 12.2 | 111.7 |
| dn        | 0.1  | 0.1  | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.2   |
| AbsTx     | 19.8 | 23.9 | 27.8 | 33   | 36.6 | 39.8  | 42.8  | 41.6  | 38.2 | 32.1 | 24.4 | 19.8 | 43.4  |
| Tx        | 10.8 | 11.9 | 14.3 | 17   | 20.3 | 25.6  | 29.2  | 28.6  | 25.1 | 19.2 | 14   | 11.1 | 18.9  |
| Tm        | 7.5  | 8.2  | 10   | 12.1 | 15   | 19.7  | 22.9  | 22.5  | 19.5 | 14.8 | 10.5 | 8.1  | 14.2  |
| Tn        | 4.2  | 4.4  | 5.6  | 7.2  | 9.8  | 13.8  | 16.6  | 16.4  | 14   | 10.3 | 7    | 5    | 9.5   |
| AbsTn     | -4.7 | -5   | -3.2 | -0.1 | 1.8  | 5.3   | 9     | 9.1   | 6.1  | 2    | -0.8 | -4.1 | -5.9  |
| dh        | 1.9  | 1.4  | 0.6  | 0.2  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0.2  | 1.1  | 5.5   |
| AbsTnm    | -0.2 | -0.1 | 0.8  | 2.4  | 4.8  | 8.5   | 12.2  | 11.8  | 9.2  | 5.6  | 2.6  | 0.5  | 4.8   |
| etp       | 17.2 | 19.7 | 32.8 | 48   | 74.3 | 111.9 | 140.6 | 127.4 | 89.9 | 54.4 | 28.2 | 18.2 | 762.6 |

## Proyectados 2051-2080

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul   | ago   | sep   | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|
| P         | 51.7 | 44.3 | 44.8 | 45.6 | 37.5 | 32.8  | 30.4  | 29.8  | 35.8  | 42.4 | 51.1 | 49.5 | 495.6 |
| Px24      | 15.4 | 14.8 | 13.1 | 14.6 | 12.7 | 10.8  | 11.3  | 11.6  | 12.7  | 12.9 | 13.3 | 13.7 | 17.6  |
| dr        | 11   | 9.7  | 9.9  | 10   | 8.2  | 7.1   | 6.6   | 6.3   | 7.7   | 9.1  | 10.9 | 11   | 107.8 |
| dn        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0.1   |
| AbsTx     | 20.5 | 25.1 | 29.1 | 33.9 | 38.4 | 42.8  | 44.9  | 43.5  | 40.1  | 34.4 | 26.9 | 21.7 | 45.1  |
| Tx        | 11.8 | 13.2 | 15.8 | 18.6 | 22.6 | 27.8  | 31.7  | 31.2  | 27.5  | 21.1 | 15.5 | 12.6 | 20.8  |
| Tm        | 8.6  | 9.3  | 11.2 | 13.5 | 16.9 | 21.6  | 25.1  | 24.7  | 21.7  | 16.4 | 11.8 | 9.4  | 15.9  |
| Tn        | 5.2  | 5.4  | 6.7  | 8.4  | 11.2 | 15.4  | 18.4  | 18.3  | 15.9  | 11.8 | 8.2  | 6.2  | 10.9  |
| AbsTn     | -4.1 | -3.4 | -1   | 0.8  | 3.1  | 6.7   | 10.4  | 10.4  | 7.6   | 3.4  | 0.4  | -1.8 | -4.4  |
| dh        | 1.1  | 0.9  | 0.3  | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0.4  | 2.8   |
| AbsTnm    | 0.9  | 0.9  | 2    | 3.6  | 5.9  | 10.1  | 13.6  | 13.8  | 10.9  | 7    | 3.8  | 1.8  | 6.2   |
| etp       | 16.8 | 19.8 | 33.6 | 49.8 | 81   | 123.2 | 158.4 | 144.4 | 100.8 | 58.4 | 29.1 | 18.9 | 834.2 |

**Fichas climáticas de Aibar para diferentes periodos climatológicos, a partir de datos observados y proyectados en estación [*downscaling* estadístico].**

## Observados 1961-1990

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun  | jul  | ago  | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| P         | 22.7 | 24.8 | 23.3 | 37.6 | 39.8 | 30   | 18   | 20.9 | 27.1 | 30.9 | 45.1 | 22.6 | 342.8 |
| Px24      | 32.7 | 32.7 | 43.1 | 43   | 31.1 | 29.8 | 36.5 | 75.4 | 49.7 | 63.8 | 89.5 | 48   | 89.5  |
| dr        | 5.3  | 4.8  | 4.2  | 5.9  | 6.3  | 4.1  | 2.8  | 2.6  | 3.8  | 4.2  | 5.6  | 4.4  | 54.1  |
| dn        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| AbsTx     | 19.5 | 22.2 | 27.1 | 30.3 | 35.1 | 40.2 | 41.6 | 39.1 | 37.9 | 30.5 | 24.5 | 20.5 | 41.6  |
| Tx        | 9.8  | 12.2 | 15.1 | 17.8 | 22.3 | 27.1 | 30.7 | 29.8 | 26.2 | 20.5 | 13.6 | 10   | 19.6  |





|        |      |      |      |      |      |       |       |       |      |      |      |      |       |
|--------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| Tm     | 6.2  | 7.9  | 10.1 | 12.7 | 16.6 | 20.9  | 23.9  | 23.3  | 20.1 | 15.3 | 9.6  | 6.7  | 14.4  |
| Tn     | 2.6  | 3.7  | 5.1  | 7.7  | 11   | 14.7  | 17.1  | 16.8  | 13.9 | 10   | 5.6  | 3.3  | 9.3   |
| AbsTn  | -7.4 | -6.3 | -5.2 | -1   | 2.2  | 5.8   | 8.5   | 8.7   | 4.2  | 0.7  | -5.4 | -7   | -7.4  |
| dh     | 7.8  | 5.2  | 2.1  | 0.1  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 2.8  | 7    | 25    |
| AbsTnm | -2.8 | -1.7 | -0.7 | 2.4  | 5    | 9.3   | 12.5  | 11.8  | 8.2  | 3.8  | -1.2 | -3.1 | 3.6   |
| etp    | 12.5 | 18.1 | 32.6 | 50.3 | 84.6 | 119.9 | 147.8 | 132.3 | 92.3 | 55.9 | 24.1 | 13.4 | 783.8 |

## Observados 1991-2017

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul   | ago   | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| P         | 20.6 | 19.6 | 28   | 36.6 | 34.7 | 24    | 18.7  | 19.2  | 42.1 | 38   | 30.4 | 21.2 | 333.2 |
| Px24      | 17   | 35.4 | 35.2 | 43.8 | 32.3 | 48.2  | 45.2  | 67.1  | 175  | 56.4 | 47.8 | 29.7 | 175   |
| dr        | 4.5  | 4.2  | 4.9  | 5.3  | 5.8  | 3.8   | 2.8   | 3     | 4    | 6    | 4.9  | 4.6  | 53.8  |
| dn        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| AbsTx     | 19.3 | 21.3 | 28.3 | 32.3 | 37   | 41    | 43    | 42    | 36.3 | 31.3 | 26   | 19.3 | 43    |
| Tx        | 10.2 | 12.3 | 16.5 | 19.2 | 23.6 | 28.7  | 31.3  | 30.9  | 26   | 20.8 | 14.1 | 10.2 | 20.3  |
| Tm        | 6.6  | 7.8  | 11.3 | 13.7 | 17.8 | 22.3  | 24.5  | 24.3  | 20.2 | 15.8 | 10.2 | 6.8  | 15.1  |
| Tn        | 2.9  | 3.4  | 6    | 8.2  | 12.1 | 15.9  | 17.8  | 17.8  | 14.4 | 10.8 | 6.3  | 3.3  | 9.9   |
| AbsTn     | -5   | -3.4 | -5.4 | 0.5  | 3    | 7.6   | 11.1  | 10.2  | 4    | 1.5  | -4.4 | -7.5 | -7.5  |
| dh        | 7.1  | 4    | 0.7  | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 1.5  | 5.6  | 18.8  |
| AbsTnm    | -2.2 | -1.5 | 0.6  | 3.4  | 6.9  | 11.2  | 13.5  | 13.5  | 9.2  | 4.7  | 0.1  | -2.5 | 4.7   |
| etp       | 12.2 | 16.2 | 35.9 | 53.3 | 91.1 | 130.4 | 152.9 | 140.3 | 91.3 | 56.6 | 24.5 | 12.3 | 817   |

## Observados 2006-2017

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul   | ago   | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| P         | 21.8 | 22.8 | 38.1 | 40.8 | 36   | 25.4  | 21.5  | 19.3  | 28.4 | 38.9 | 36.9 | 15.4 | 345.2 |
| Px24      | 17   | 15.5 | 26.5 | 43.8 | 27.2 | 32.5  | 45.2  | 67.1  | 58.6 | 56.4 | 47.8 | 14.7 | 67.1  |
| dr        | 4.6  | 5.3  | 6.2  | 6.2  | 6    | 4.3   | 2.8   | 2.6   | 3.5  | 4.8  | 4.7  | 3.5  | 54.5  |
| dn        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| AbsTx     | 19.3 | 21.3 | 27.3 | 31.3 | 36.4 | 40    | 43    | 42    | 36.3 | 31.3 | 26   | 19.3 | 43    |
| Tx        | 10.6 | 12.4 | 16   | 20   | 23.7 | 28.9  | 31.9  | 30.9  | 26.6 | 21.7 | 14.5 | 10.1 | 20.6  |
| Tm        | 6.6  | 7.9  | 10.9 | 14.3 | 18   | 22.5  | 25    | 24.3  | 20.6 | 16.3 | 10.7 | 6.5  | 15.3  |
| Tn        | 2.6  | 3.4  | 5.9  | 8.7  | 12.2 | 16.1  | 18.1  | 17.6  | 14.5 | 10.9 | 6.8  | 2.8  | 10    |
| AbsTn     | -5   | -3.4 | -0.4 | 2    | 3    | 7.6   | 11.6  | 11.6  | 4    | 1.6  | -4.4 | -5.4 | -5.4  |
| dh        | 8.2  | 4.8  | 0.2  | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 1.6  | 6.2  | 21    |
| AbsTnm    | -2.5 | -1.8 | 1    | 4.4  | 6.8  | 11.1  | 14    | 13.2  | 9.2  | 4.4  | -0.1 | -2.5 | 4.8   |
| etp       | 12   | 16   | 33.8 | 56.6 | 91.1 | 131.7 | 157.1 | 139.1 | 93.3 | 58.9 | 25.7 | 11.1 | 826.4 |

## Proyectados 2006-2017

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun  | jul  | ago  | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| P         | 18.6 | 18.1 | 22.4 | 24.1 | 23.6 | 25.4 | 21.1 | 20.9 | 19.7 | 22.5 | 23.6 | 22.1 | 261.9 |
| Px24      | 10.1 | 9.4  | 9.7  | 10.7 | 8.6  | 8.5  | 6.3  | 6.8  | 6.5  | 7.5  | 7.8  | 8.6  | 12.8  |
| dr        | 7.3  | 6.9  | 7.7  | 8.2  | 7.6  | 7.6  | 6.8  | 6.7  | 6.8  | 8.2  | 9.1  | 8.8  | 91.7  |
| dn        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| AbsTx     | 20.5 | 22.3 | 26.3 | 31.4 | 35   | 38.4 | 40.3 | 39.1 | 36.8 | 29.7 | 24   | 20.8 | 40.8  |
| Tx        | 11.9 | 13.4 | 15.8 | 18.4 | 22   | 26.7 | 30.6 | 30.3 | 25.8 | 20.2 | 15.3 | 12.9 | 20.3  |





|        |      |      |      |      |      |       |       |      |      |      |      |      |       |
|--------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| Tm     | 7.2  | 8.2  | 10.2 | 12.6 | 15.9 | 20.4  | 24    | 23.8 | 19.7 | 14.8 | 10.4 | 8.2  | 14.6  |
| Tn     | 2.5  | 3.1  | 4.7  | 6.8  | 9.8  | 14.2  | 17.3  | 17.2 | 13.7 | 9.4  | 5.5  | 3.6  | 9     |
| AbsTn  | -8.2 | -4.8 | -3.8 | -1.1 | 1.8  | 5.2   | 10    | 9.7  | 5.9  | 1.5  | -2   | -5.1 | -8.6  |
| dh     | 5.8  | 4.1  | 2    | 0.3  | 0    | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0.9  | 3.6  | 16.7  |
| AbsTnm | -2.9 | -1.8 | -0.8 | 1.6  | 4.3  | 8     | 12.4  | 12   | 8.3  | 4.1  | 0.4  | -1.6 | 3.7   |
| etp    | 15.4 | 18.9 | 33   | 49.1 | 78.5 | 115.7 | 148.1 | 136  | 89.9 | 53.1 | 26.9 | 18.2 | 782.8 |

## Proyectados 2021-2050

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul   | ago   | sep  | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| P         | 18.4 | 17.4 | 21.7 | 24.3 | 24.6 | 23.1  | 21.9  | 20.1  | 19.6 | 22.1 | 21.3 | 21.3 | 255.9 |
| Px24      | 8.6  | 10.1 | 10.5 | 11.7 | 9.6  | 8.5   | 7.7   | 7.2   | 9.3  | 11.3 | 13.9 | 13.6 | 17.4  |
| dr        | 7.5  | 6.5  | 7.4  | 7.8  | 7.9  | 7.2   | 7     | 6.5   | 6.8  | 7.9  | 8.3  | 8.4  | 89.3  |
| dn        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     |
| AbsTx     | 21.7 | 23.9 | 27.7 | 32.9 | 36.9 | 41.2  | 43    | 43.4  | 39.2 | 33.3 | 25.9 | 22.9 | 44.7  |
| Tx        | 12.9 | 14.2 | 16.6 | 19.6 | 23.1 | 28.6  | 32.3  | 31.6  | 27.5 | 21.6 | 16.4 | 13.4 | 21.5  |
| Tm        | 8.1  | 8.9  | 11   | 13.6 | 17   | 22    | 25.4  | 24.9  | 21.4 | 16.1 | 11.4 | 8.8  | 15.7  |
| Tn        | 3.2  | 3.7  | 5.4  | 7.6  | 10.8 | 15.5  | 18.6  | 18.2  | 15.2 | 10.6 | 6.4  | 4.1  | 9.9   |
| AbsTn     | -6.8 | -5.8 | -4.3 | -0.7 | 1.7  | 5.8   | 9.7   | 9.8   | 6.1  | 1.4  | -2.4 | -4.9 | -7.2  |
| dh        | 4.4  | 2.8  | 1.1  | 0.1  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0    | 0    | 0.6  | 2.9  | 11.9  |
| AbsTnm    | -1.8 | -1.2 | 0    | 2.2  | 5.2  | 9.5   | 13.5  | 12.9  | 9.5  | 5.1  | 1.2  | -1   | 4.6   |
| etp       | 15.8 | 18.7 | 33   | 50.7 | 81.8 | 126.7 | 161.4 | 144.8 | 98.4 | 56.7 | 27.8 | 17.4 | 833.2 |

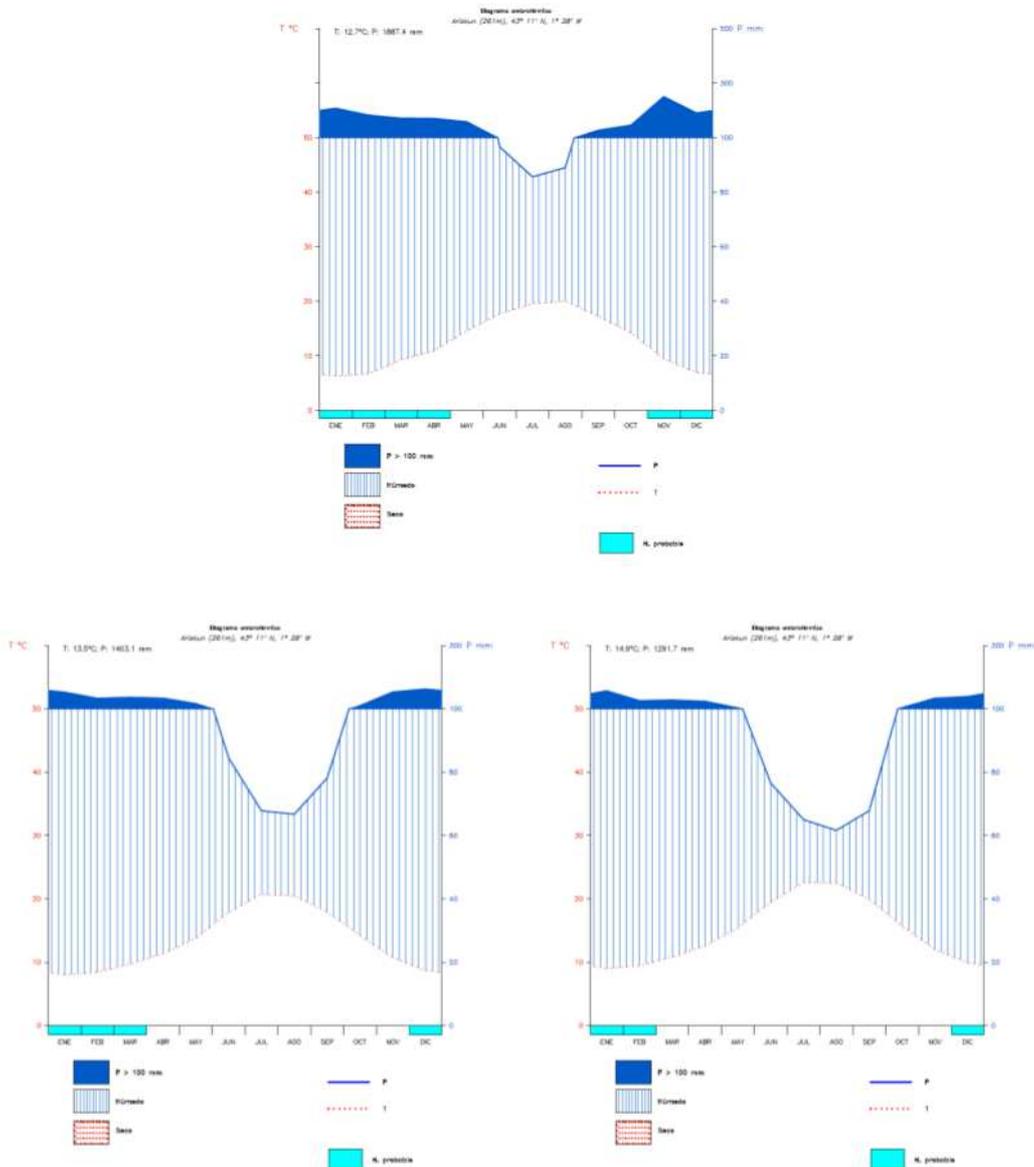
## Proyectados 2051-2080

| Parámetro | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun   | jul   | ago  | sep   | oct  | nov  | dic  | año   |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|-------|
| P         | 18.5 | 17.6 | 20.7 | 23.2 | 22.6 | 22.8  | 20.3  | 20   | 20.6  | 21.4 | 21.4 | 18.9 | 248.1 |
| Px24      | 12.5 | 7.9  | 12.5 | 10.8 | 10.1 | 8.5   | 7.3   | 7.2  | 10.5  | 12.1 | 10.3 | 8.3  | 16.6  |
| dr        | 7.4  | 6.7  | 7.3  | 7.8  | 7.2  | 7.1   | 6.4   | 6.2  | 6.8   | 7.7  | 8.3  | 7.8  | 86.7  |
| dn        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0     |
| AbsTx     | 23   | 25.3 | 29.4 | 34.2 | 38.4 | 43.2  | 46    | 44.4 | 41.6  | 35.7 | 27.9 | 23.4 | 46.3  |
| Tx        | 14.2 | 15.5 | 18.1 | 21.2 | 25.3 | 30.7  | 34.9  | 34.3 | 30.2  | 23.6 | 17.9 | 14.9 | 23.4  |
| Tm        | 9.3  | 10.1 | 12.3 | 15.1 | 18.8 | 24    | 27.7  | 27.3 | 23.7  | 17.9 | 12.8 | 10.1 | 17.4  |
| Tn        | 4.4  | 4.8  | 6.5  | 8.9  | 12.4 | 17.3  | 20.6  | 20.3 | 17.3  | 12.2 | 7.8  | 5.3  | 11.5  |
| AbsTn     | -5.6 | -4.3 | -2   | 0.7  | 2.8  | 7.2   | 11.6  | 11.4 | 7.3   | 2    | -1.8 | -3.8 | -6    |
| dh        | 2.6  | 1.8  | 0.5  | 0    | 0    | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0.2  | 1.5  | 6.7   |
| AbsTnm    | -0.7 | -0.3 | 1.2  | 3.5  | 6.4  | 11.3  | 15.2  | 15.2 | 11.4  | 6.4  | 2.4  | 0.2  | 6     |
| etp       | 15.9 | 18.7 | 33.5 | 52.9 | 90.3 | 142.3 | 181.2 | 166  | 114.3 | 61.8 | 28.9 | 17.8 | 923.6 |

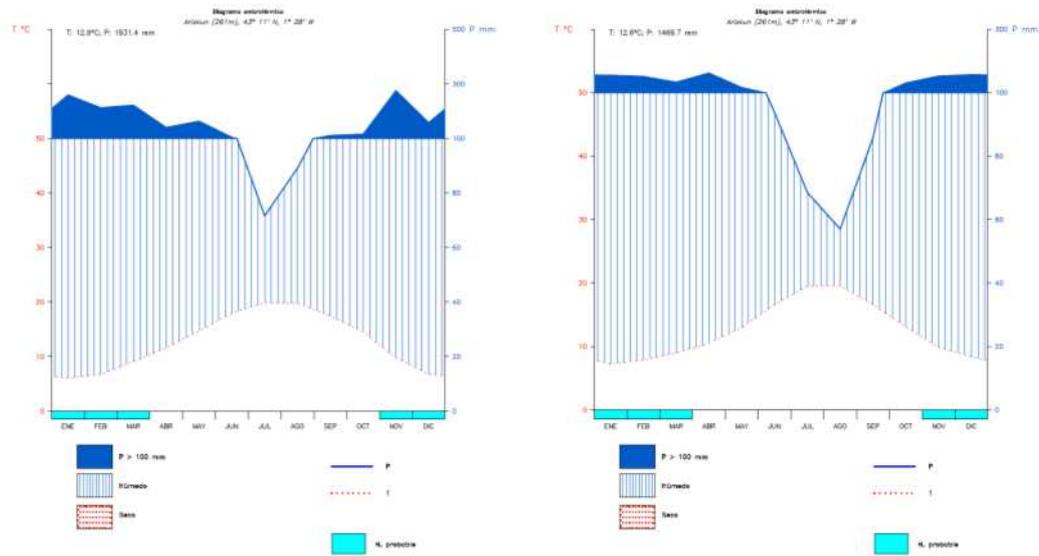
Fichas climáticas de Buñuel para diferentes periodos climatológicos, a partir de datos observados y proyectados en estación [*downscaling* estadístico].



## 12. ANEXO 5. DIAGRAMAS OMBROTÉRMICOS

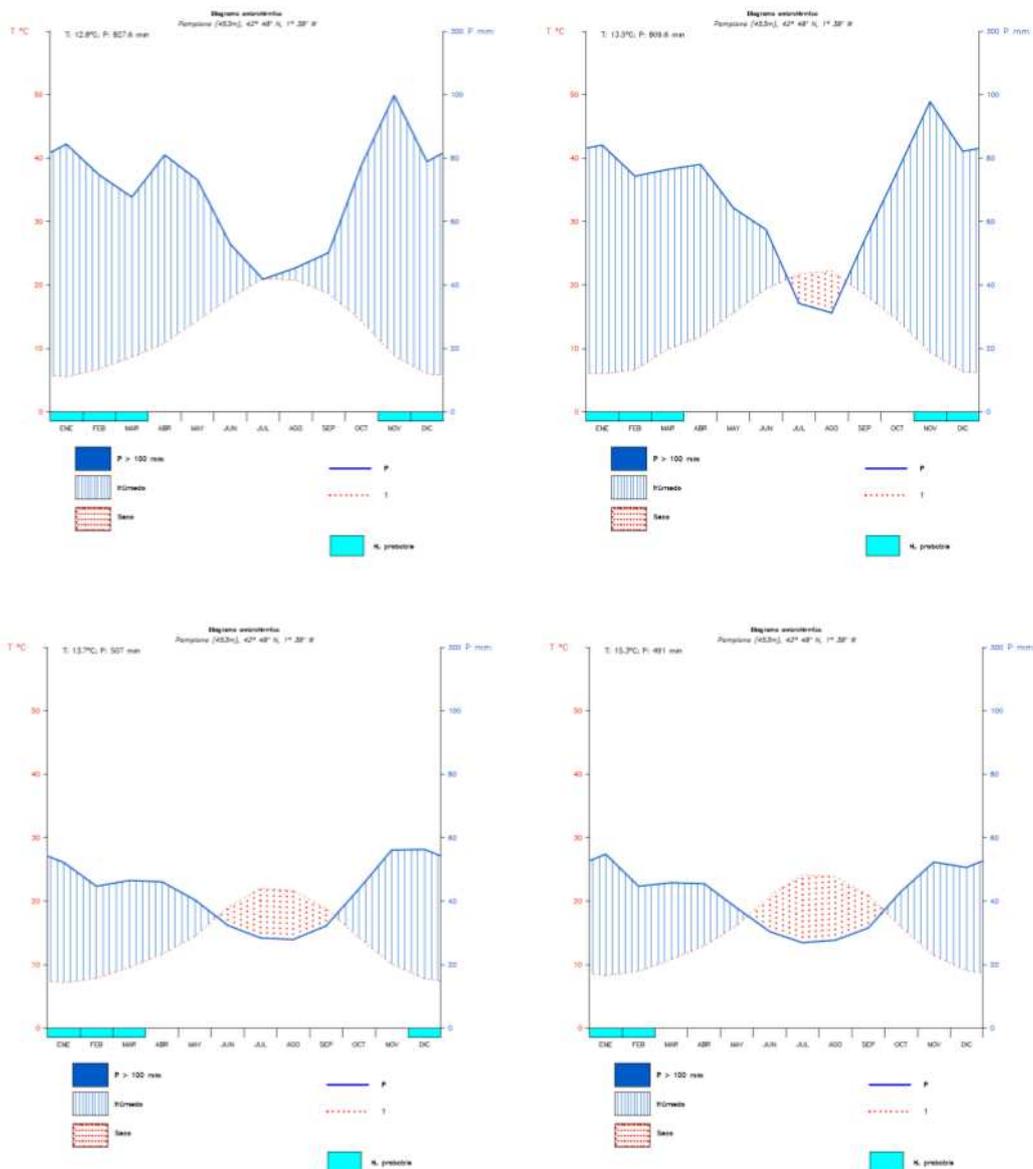


Diagramas ombrotérmicos de Arizkun para los periodos normales: 1991-2017 (arriba), 2021-2050 (abajo izq.) y 2051-2080 (abajo dcha.)



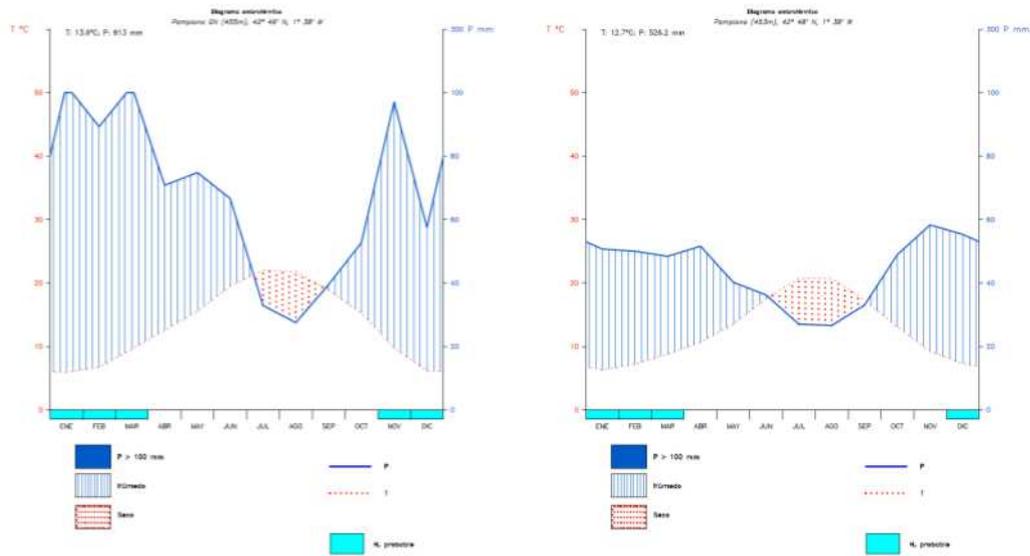
Diagramas ombrotérmicos de Arizkun para el periodo de solape 2006-2017 [izq.: datos observados; dcha.: datos proyectados]





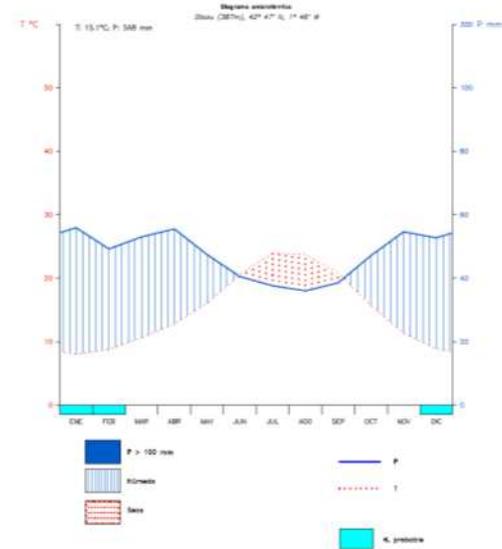
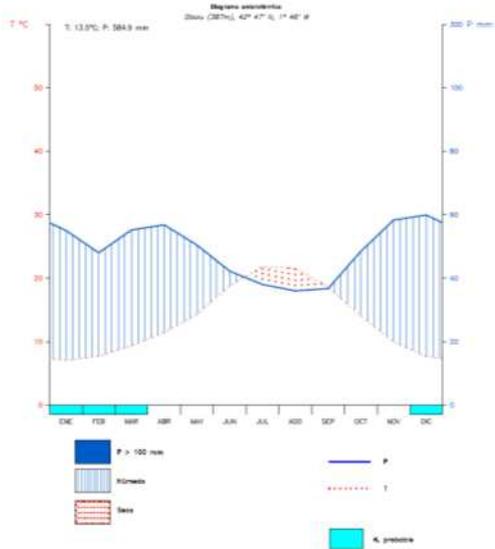
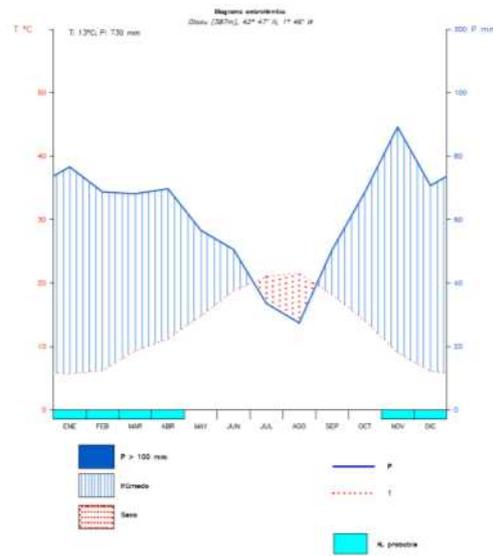
Diagramas ombrotérmicos de Pamplona para los periodos normales: 1961-1990 (arriba izq.), 1991-2017 (arriba dcha.), 2021-2050 (abajo izq.) y 2051-2080 (abajo dcha.)





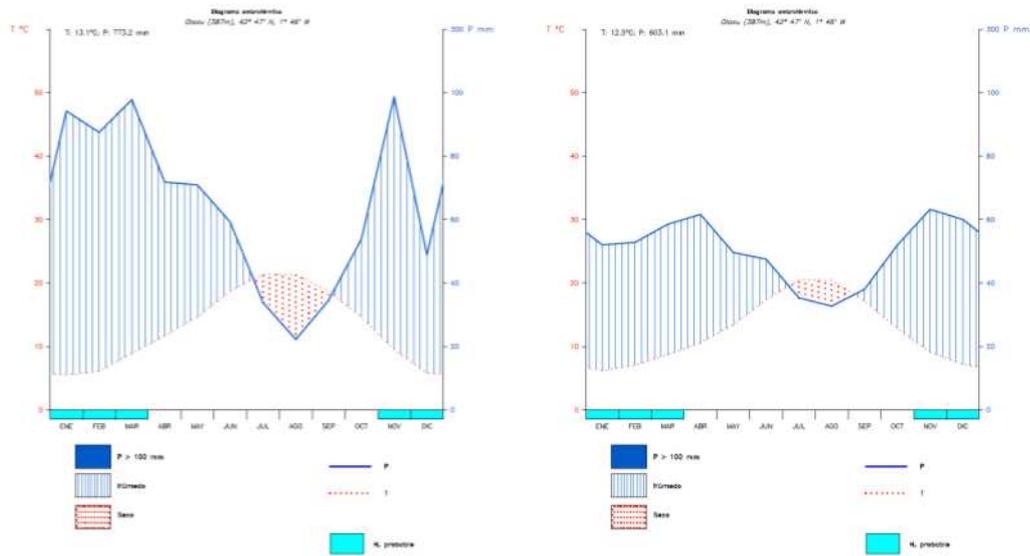
Diagramas ombrotérmicos de Pamplona para el periodo de solape 2006-2017 [izq.: datos observados; dcha.: datos proyectados]





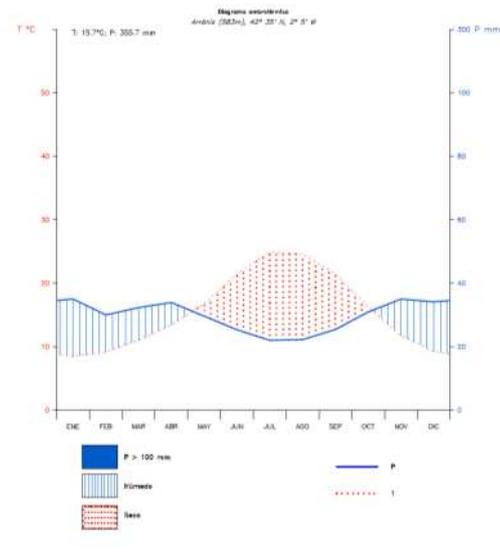
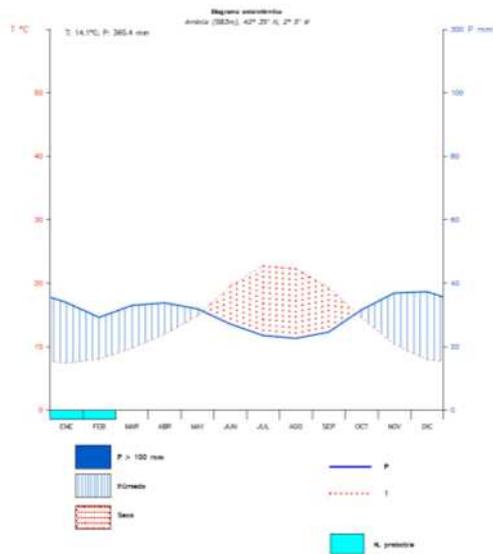
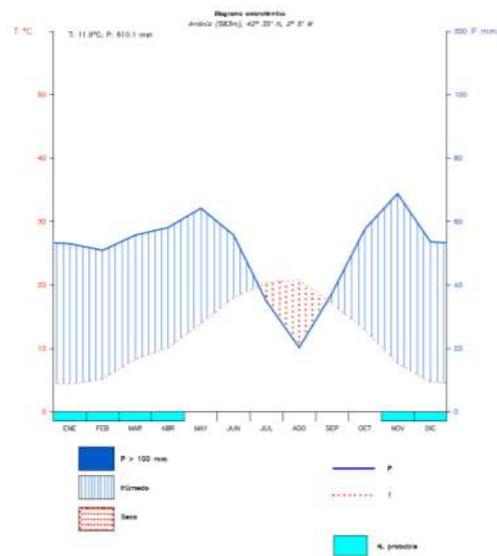
Diagramas ombrotérmicos de Otazu para los periodos normales: 1991-2017 (arriba), 2021-2050 (abajo izq.) y 2051-2080 (abajo dcha.)



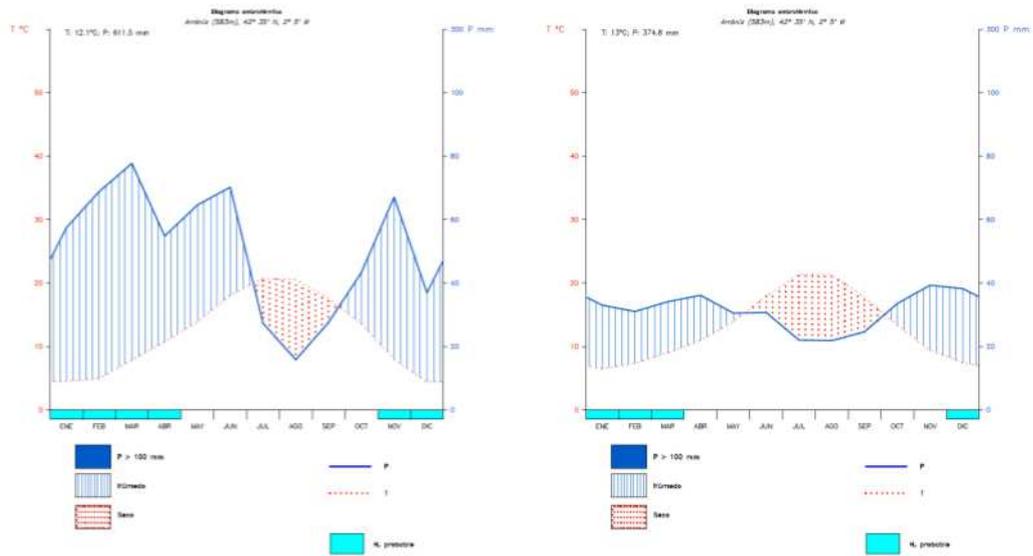


Diagramas ombrotérmicos de Otazu para el periodo de solape 2006-2017 [izq.: datos observados; dcha.: datos proyectados]



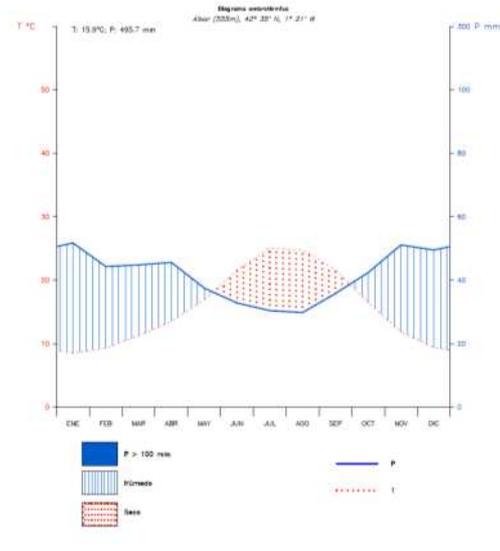
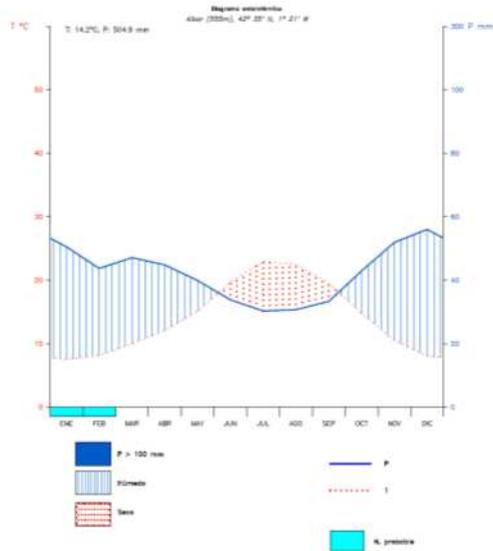
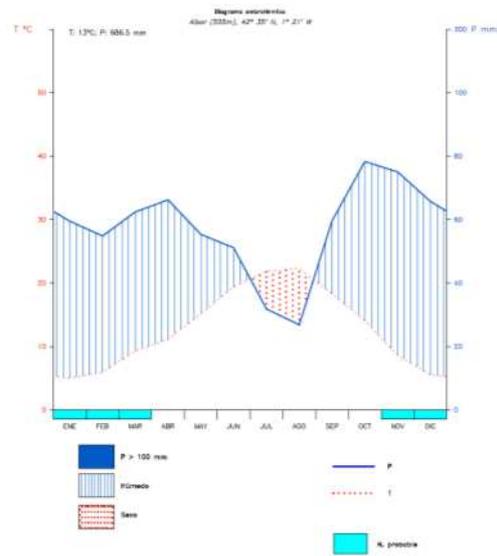


Diagramas ombrotérmicos de Arróniz para los periodos normales: 1991-2017 (arriba), 2021-2050 (abajo izq.) y 2051-2080 (abajo dcha.)

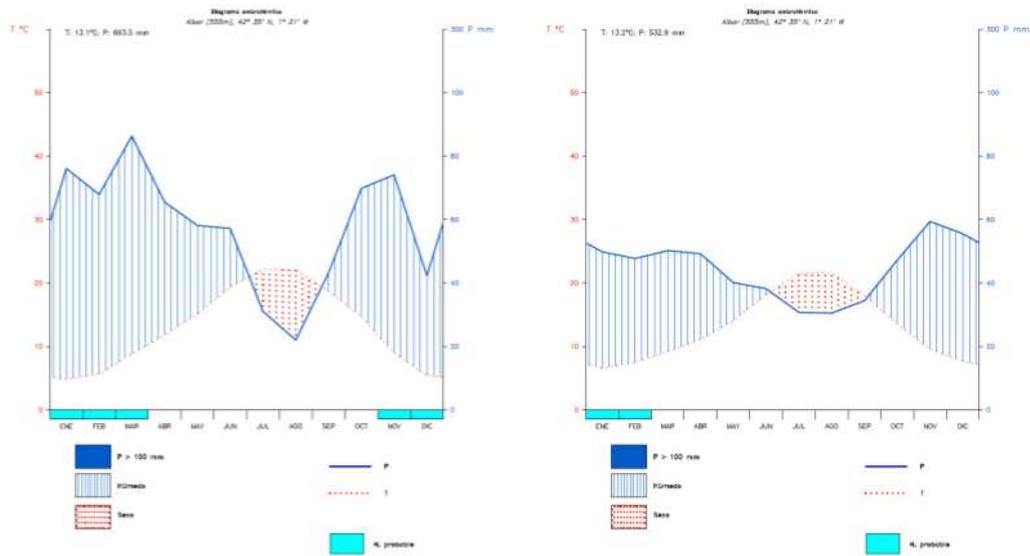


Diagramas ombrotérmicos de Arróniz para el periodo de solape 2006-2017 [izq.: datos observados; dcha.: datos proyectados]



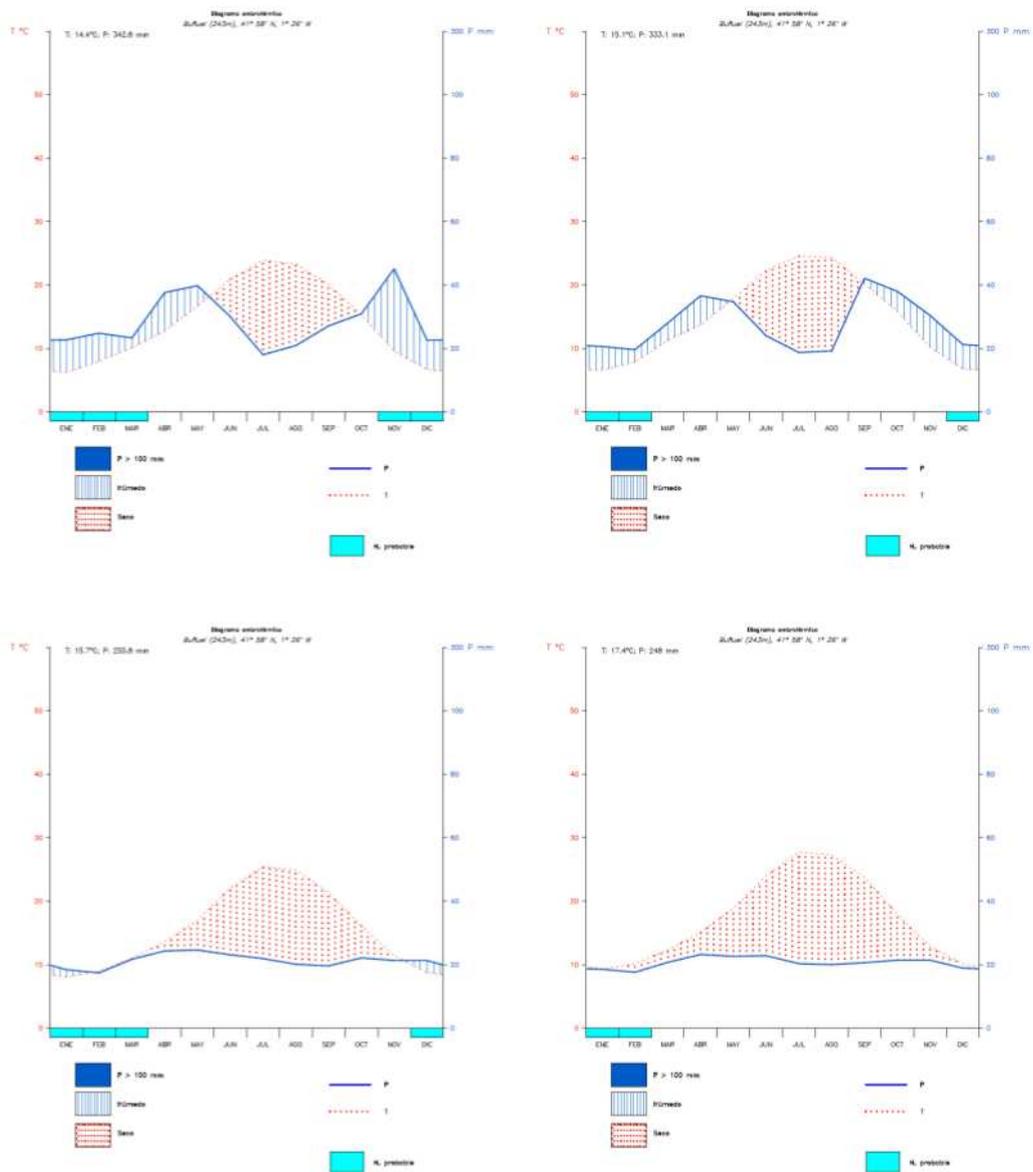


Diagramas ombrotérmicos de Aibar para los periodos normales: 1991-2017 (arriba), 2021-2050 (abajo izq.) y 2051-2080 (abajo dcha.)



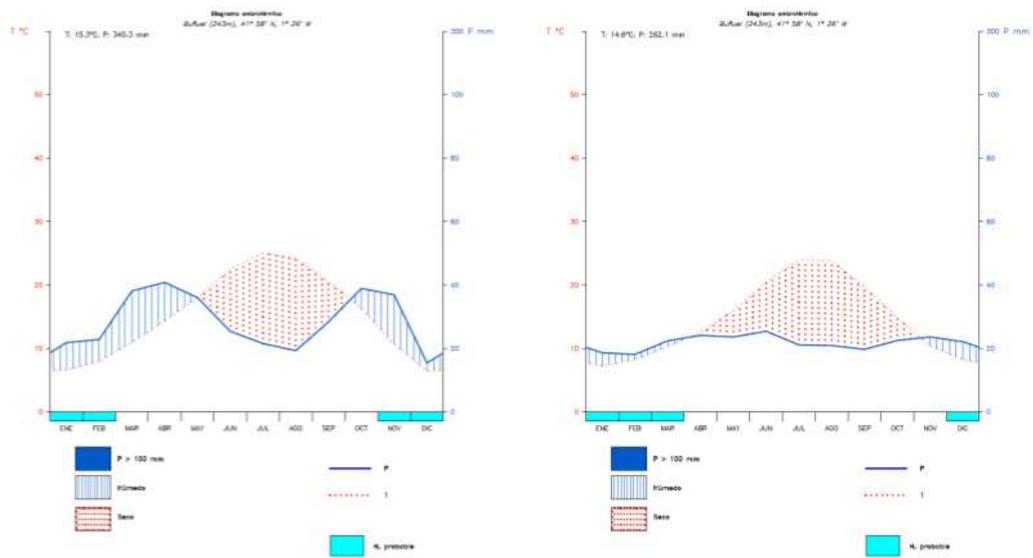
Diagramas ombrotérmicos de Aibar para el periodo de solape 2006-2017 [izq.: datos observados; dcha.: datos proyectados]





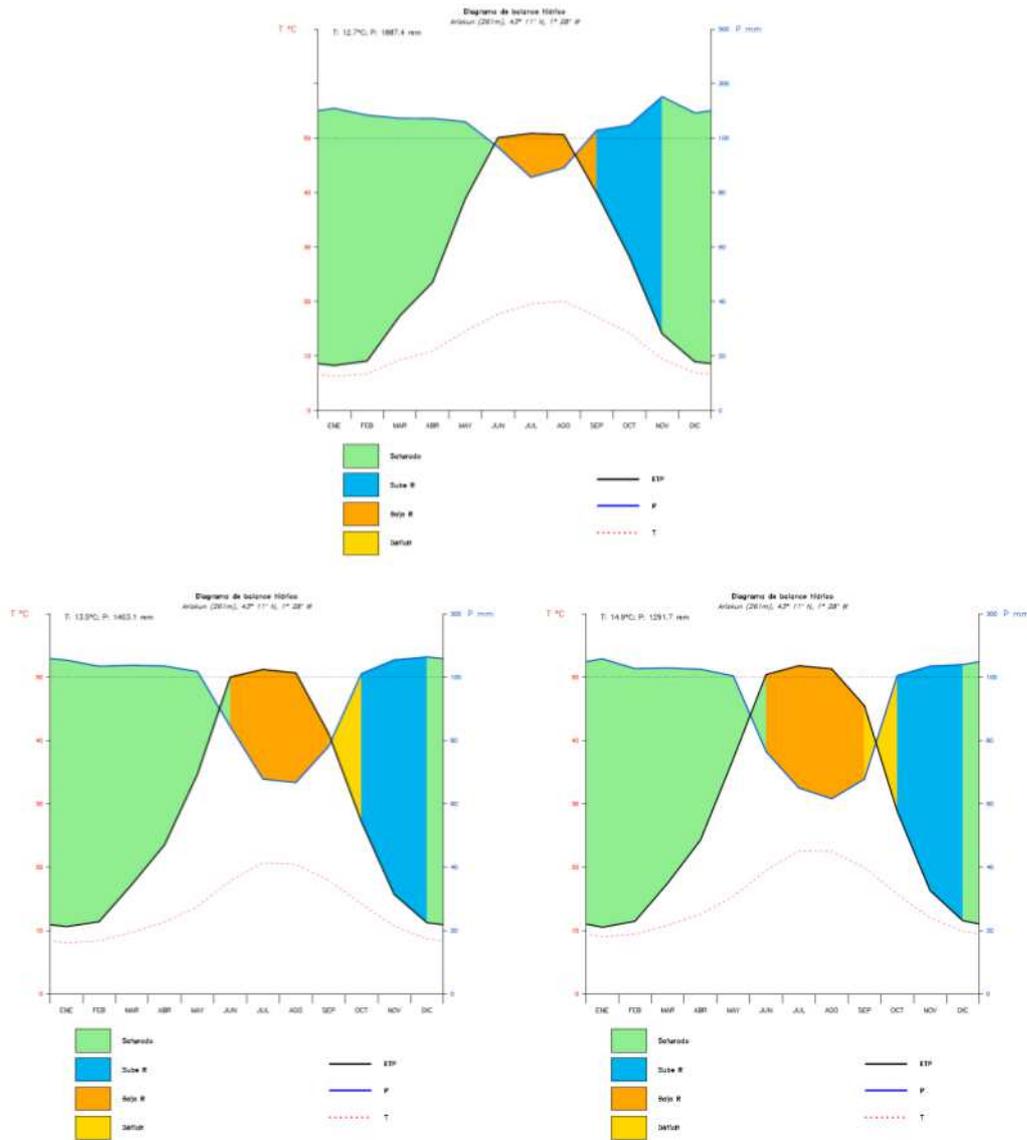
Diagramas ombrotérmicos de Buñuel para los periodos normales: 1961-1990 [arriba izq.], 1991-2017 [arriba dcha.], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.]



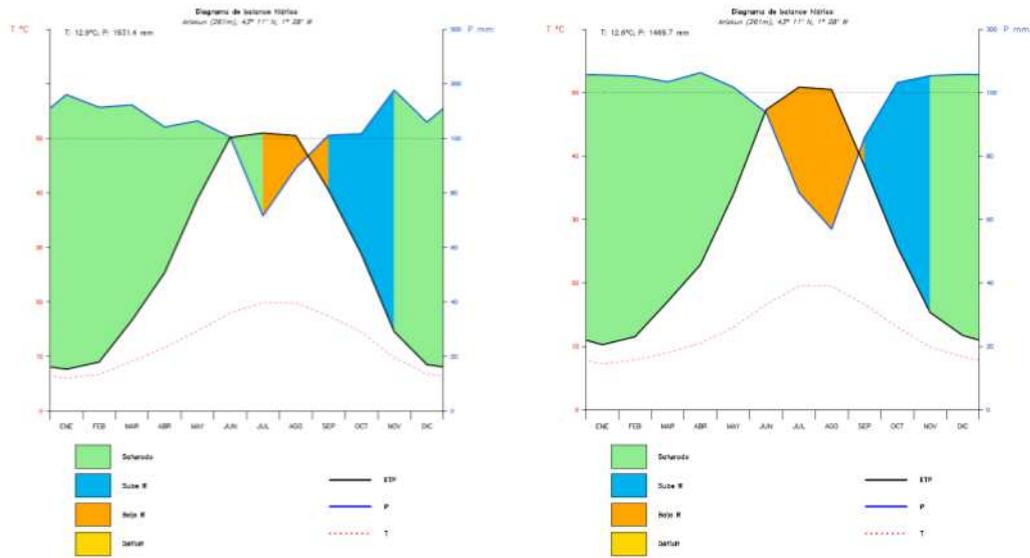


Diagramas ombrotérmicos de Buñuel para el periodo de solape 2006-2017 [izq.: datos observados; dcha.: datos proyectados]

## 13. ANEXO 6. DIAGRAMAS DE BALANCE HÍDRICO

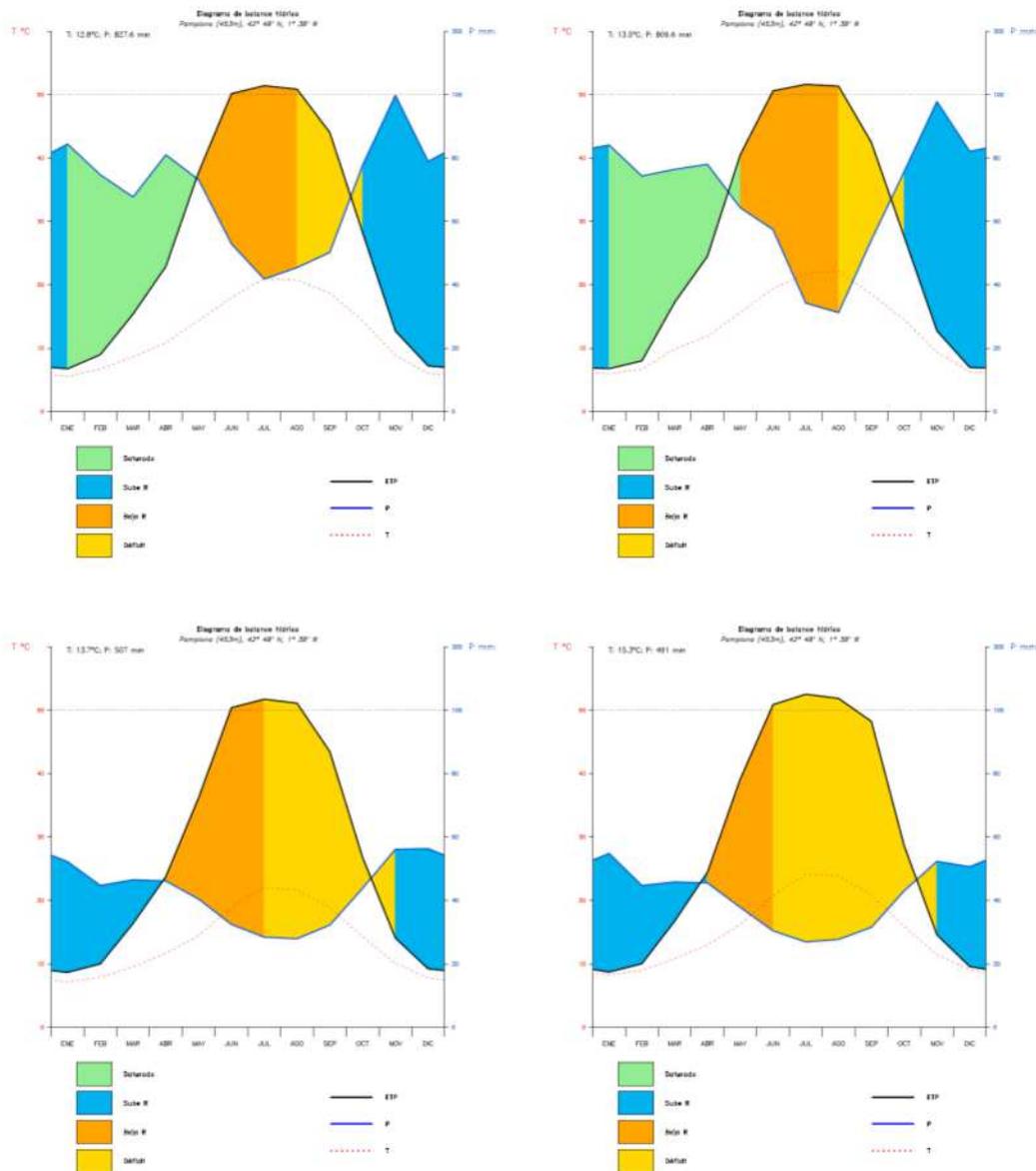


Diagramas de balance hídrico de Arizkun para los periodos normales: 1991-2017 [arriba], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].



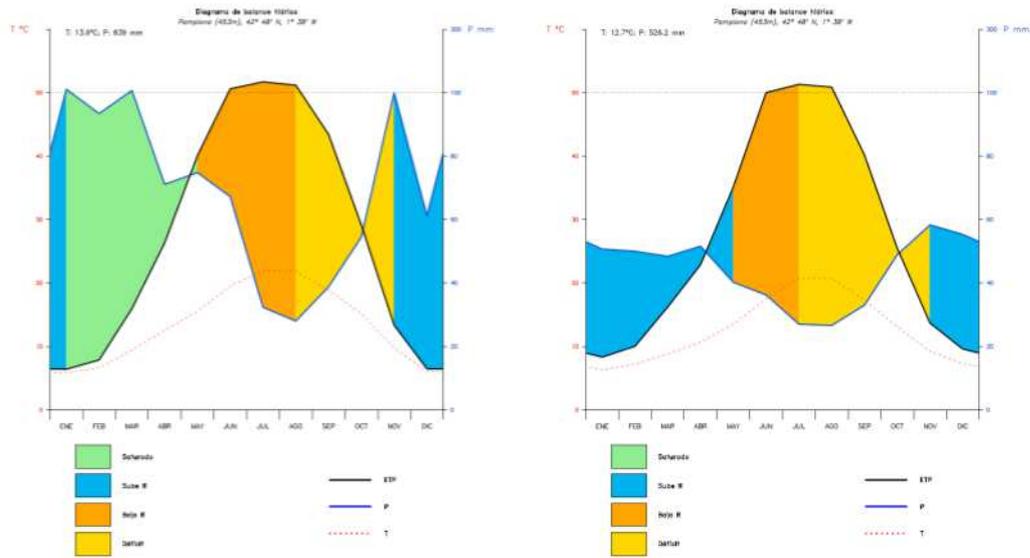
Diagramas de balance hídrico de Arizkun para el periodo de solape 2006-2017 (izq.: datos observados; dcha.: datos proyectados).





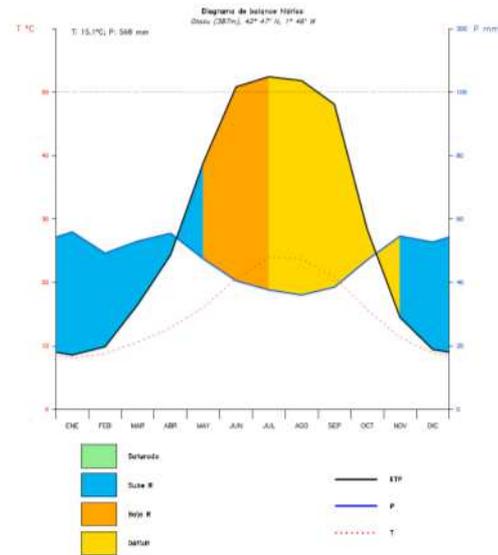
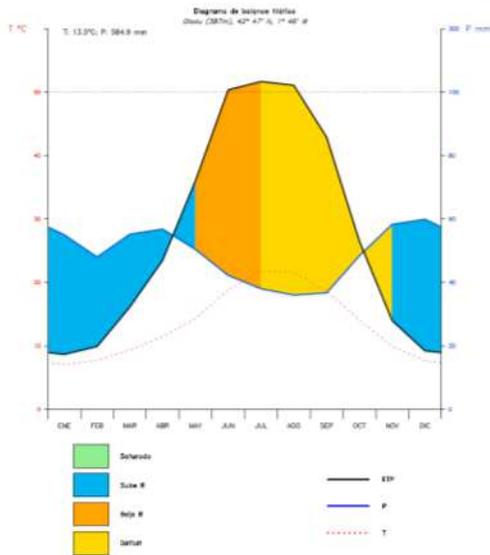
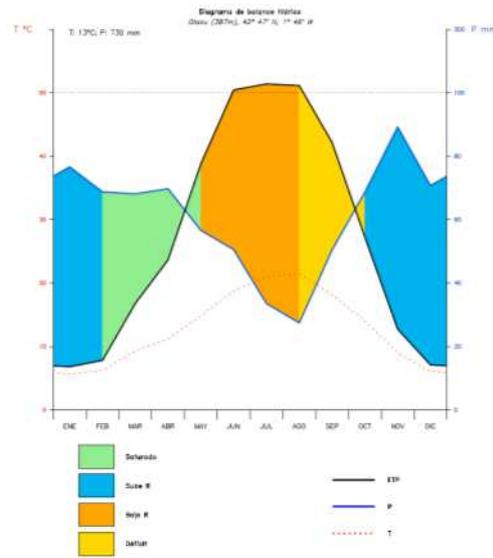
Diagramas de balance hídrico de Pamplona para los periodos normales: 1961-1990 [arriba izq.], 1991-2017 [arriba dcha.], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].





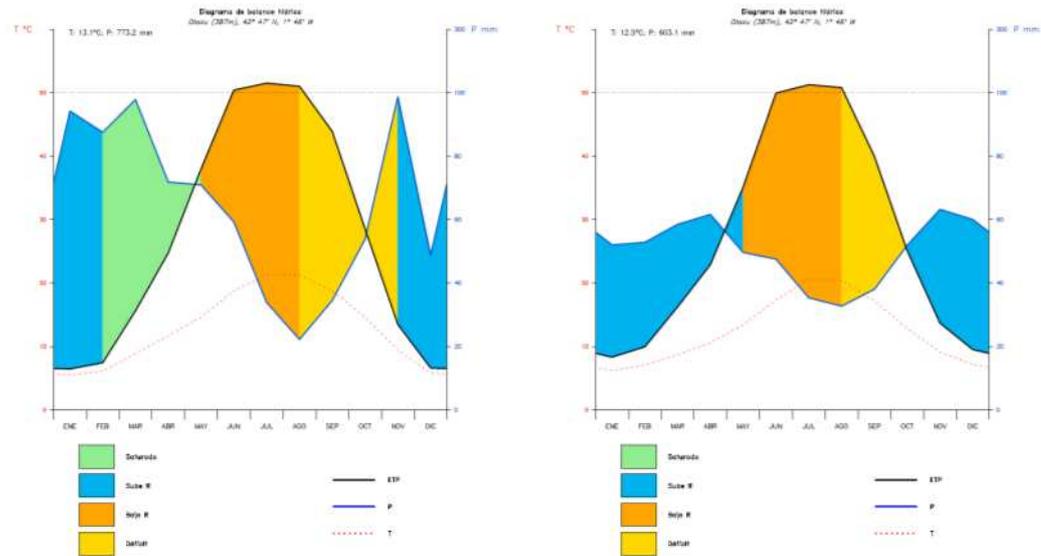
Diagramas de balance hídrico de Pamplona para el periodo de solape 2006-2017 [izq.: datos observados; dcha.: datos proyectados].





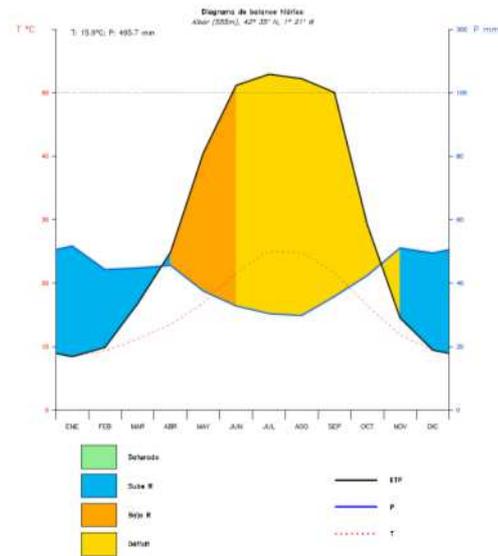
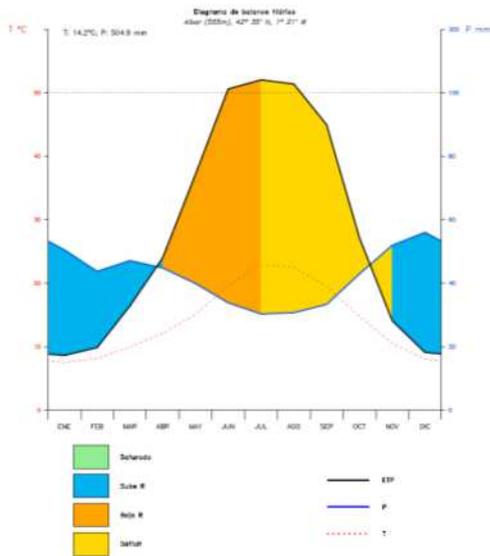
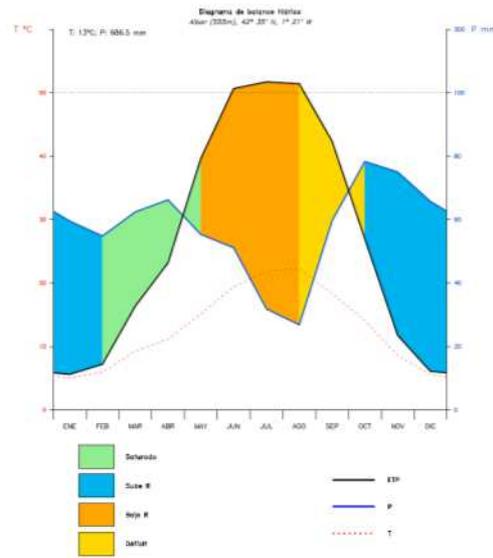
Diagramas de balance hídrico de Otazu para los periodos normales: 1991-2017 (arriba), 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].





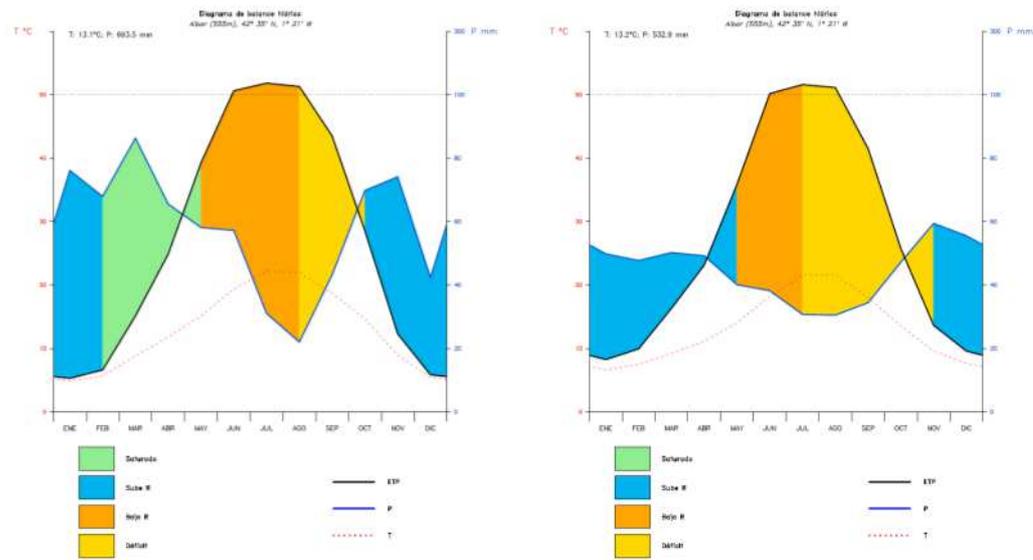
Diagramas de balance hídrico de Otazu para el periodo de solape 2006-2017 [izq.: datos observados; dcha.: datos proyectados].





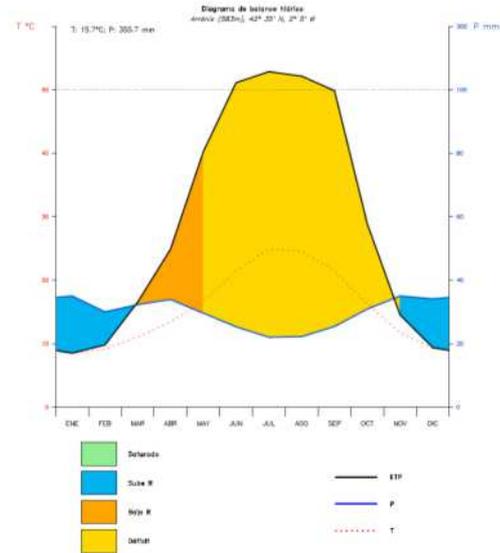
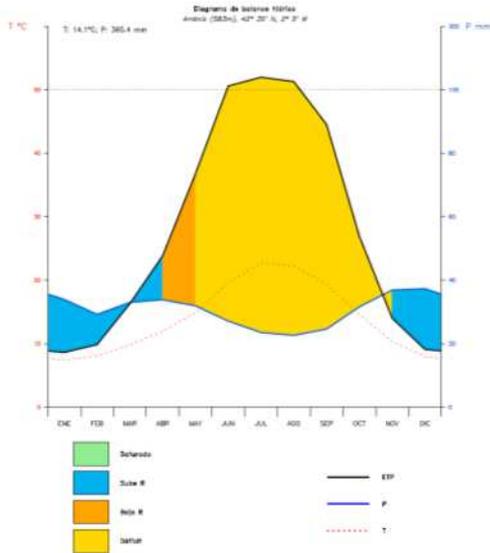
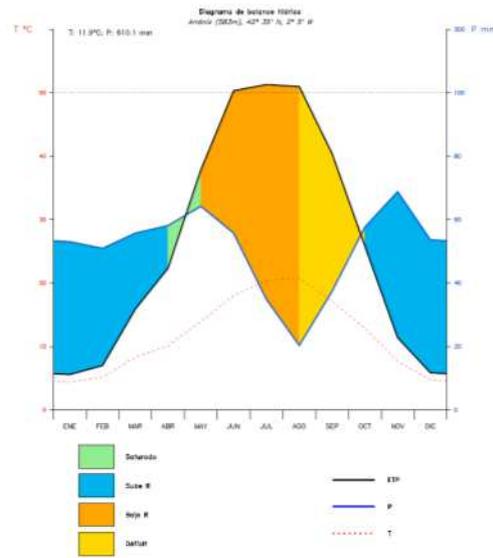
Diagramas de balance hídrico de Aibar para los periodos normales: 1991-2017 (arriba), 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].



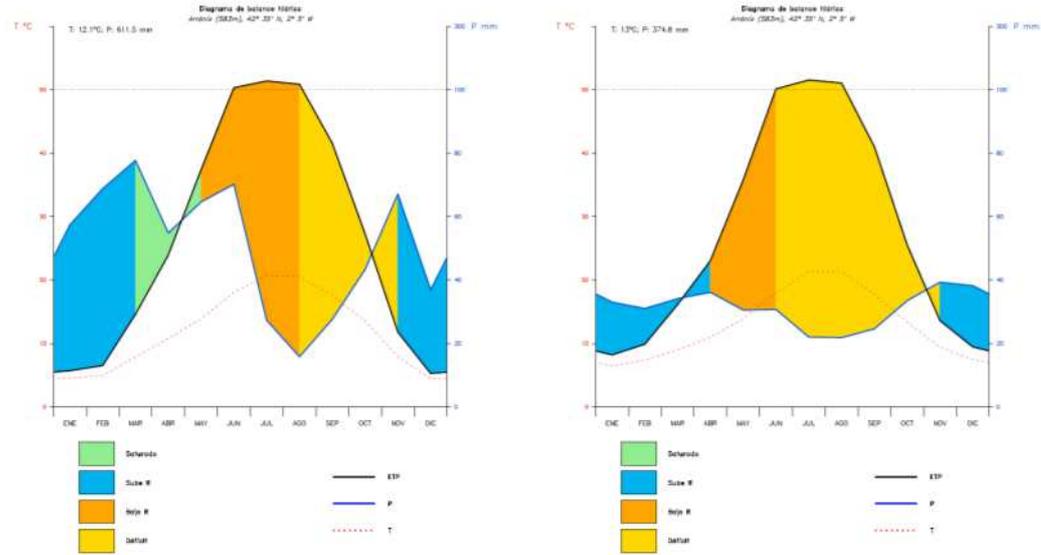


Diagramas de balance hídrico de Aibar para el periodo de solape 2006-2017 [izq.: datos observados; dcha.: datos proyectados].



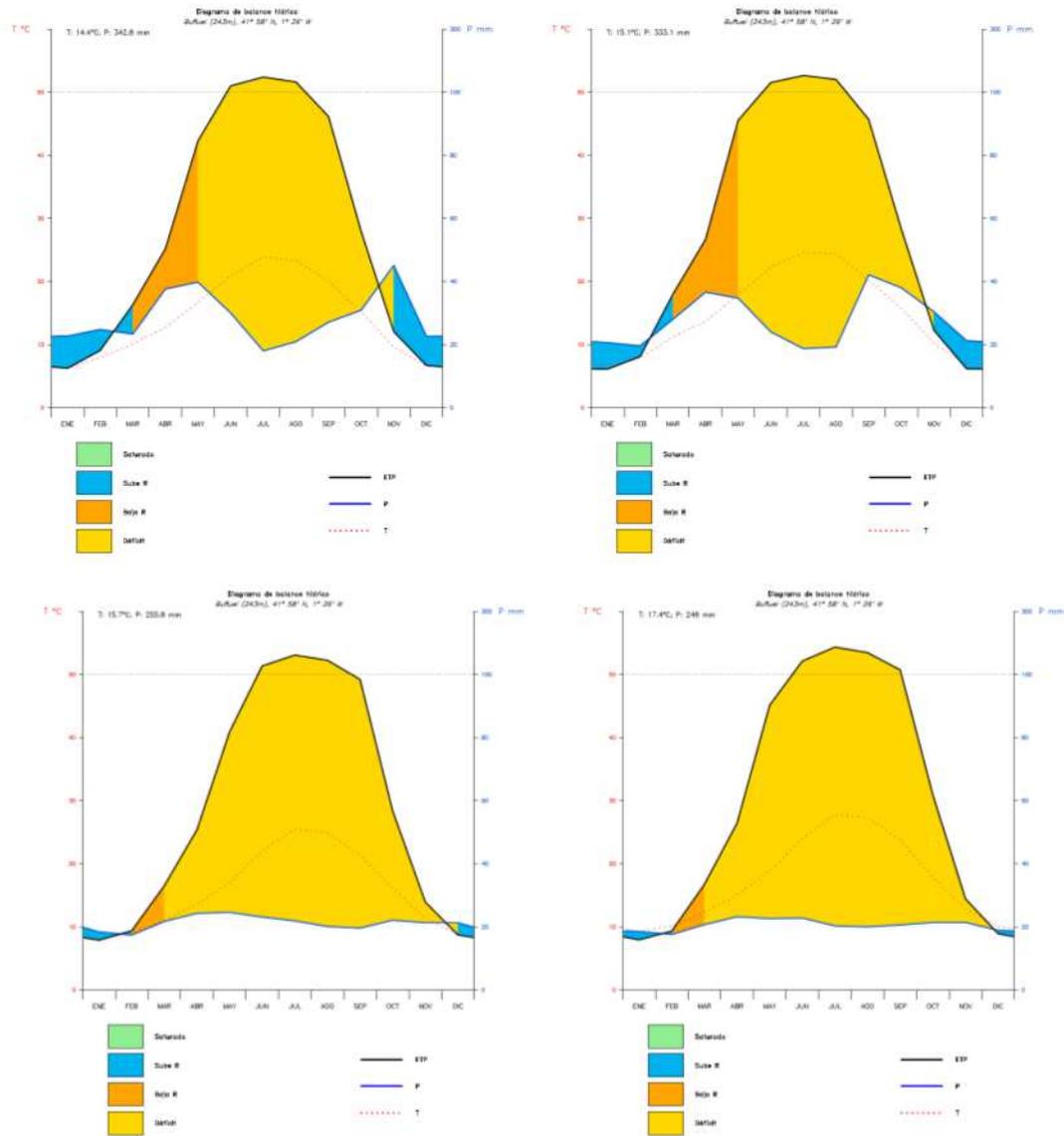


Diagramas de balance hídrico de Arróniz para los periodos normales: 1991-2017 [arriba], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].



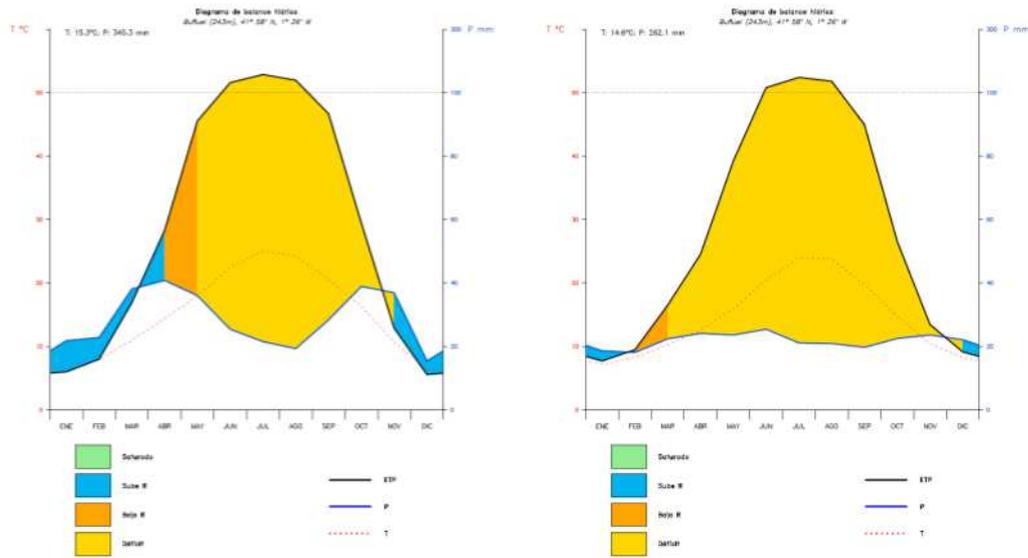
Diagramas de balance hídrico de Arróniz para el periodo de solape 2006-2017 [izq.: datos observados; dcha.: datos proyectados].





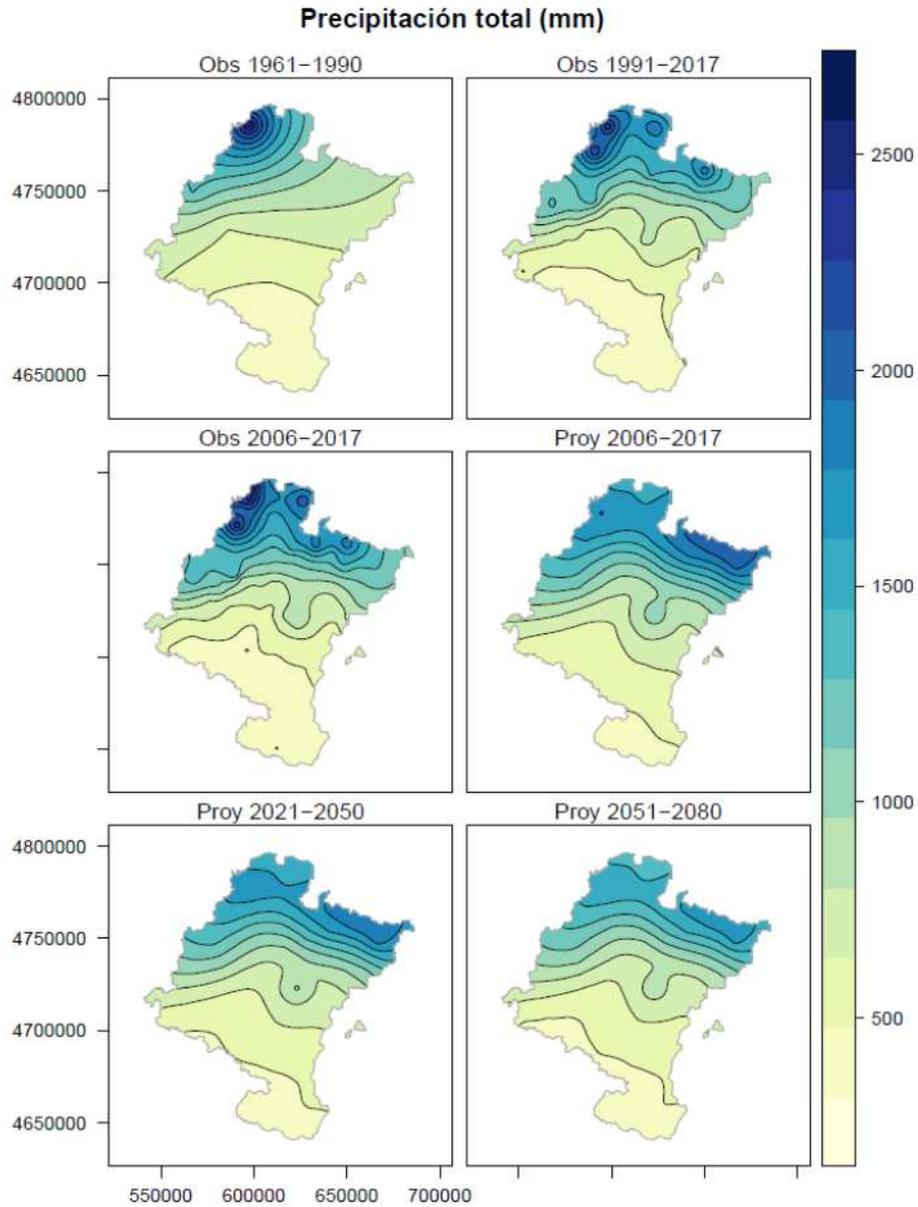
Diagramas de balance hídrico de Buñuel para los periodos normales: 1961-1990 [arriba izq.], 1991-2017 [arriba dcha.], 2021-2050 [abajo izq.] y 2051-2080 [abajo dcha.].

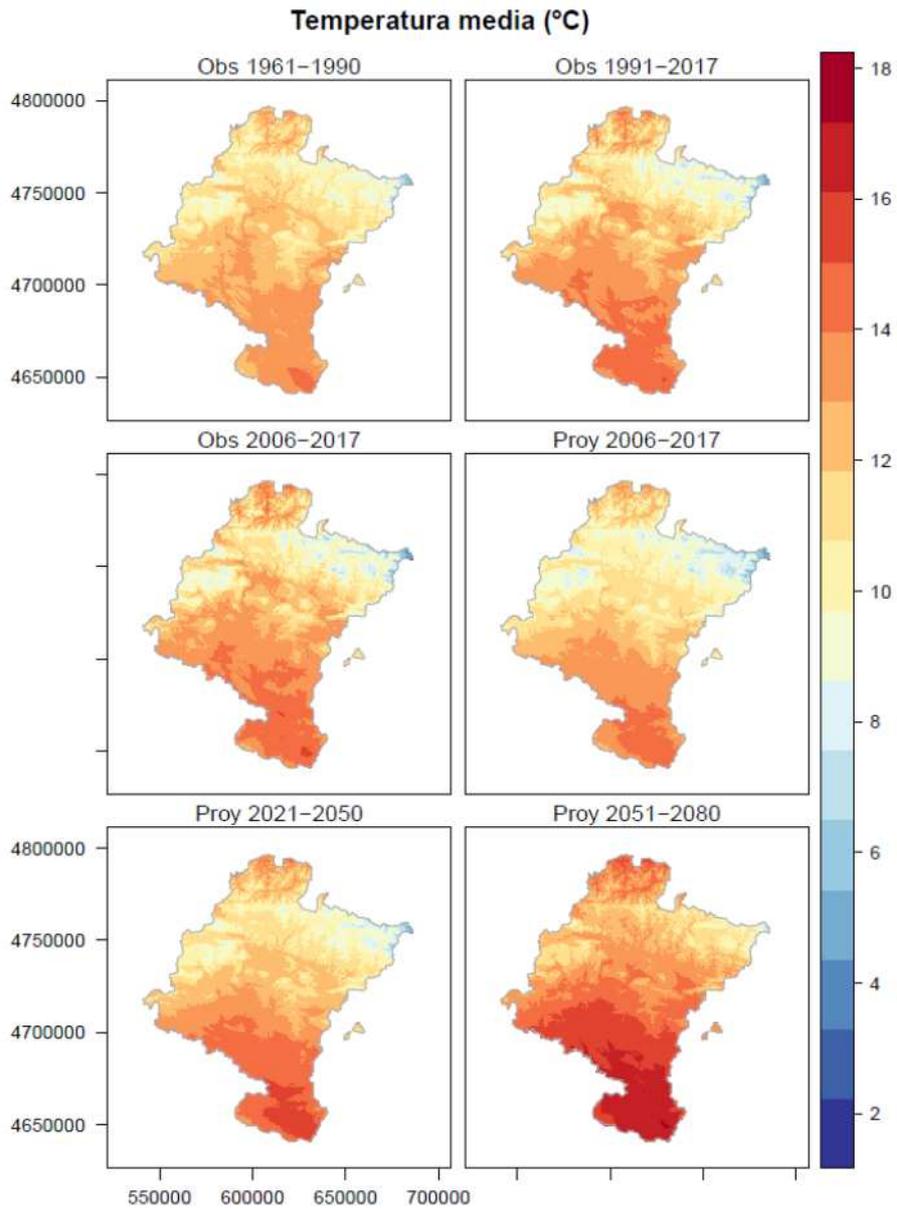


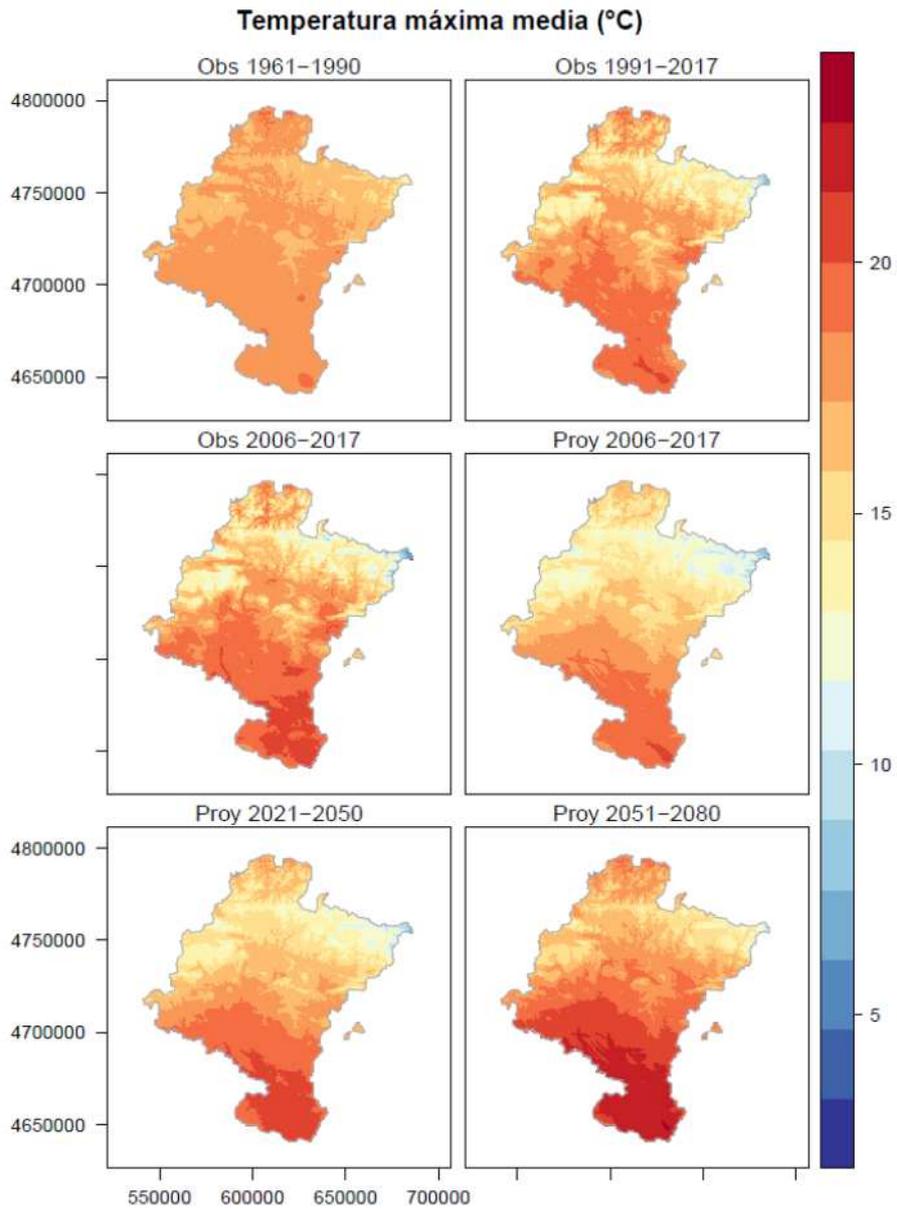


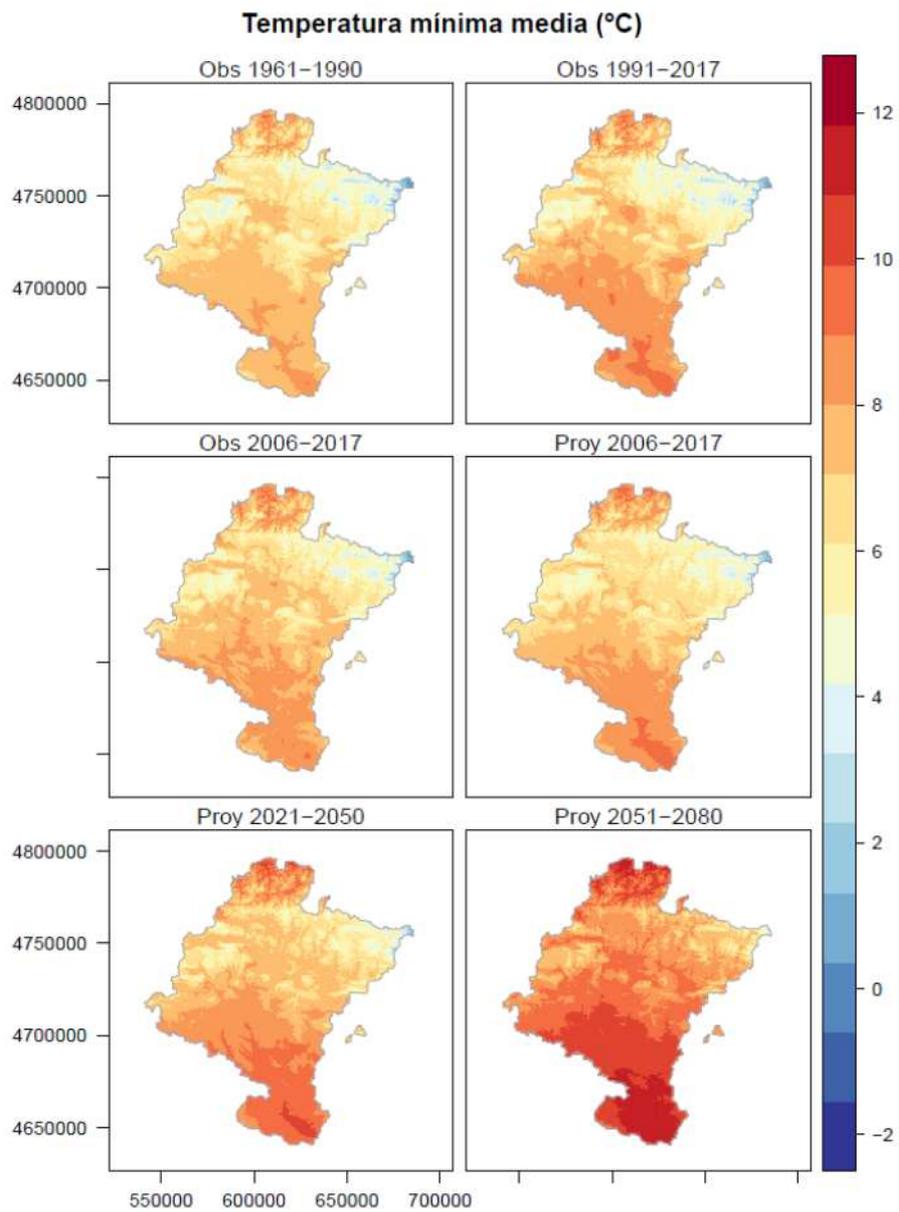
Diagramas de balance hídrico de Buñuel para el periodo de solape 2006-2017 [izq.: datos observados; dcha.: datos proyectados].

## 14. ANEXO 7. MAPAS DE MEDIAS ANUALES



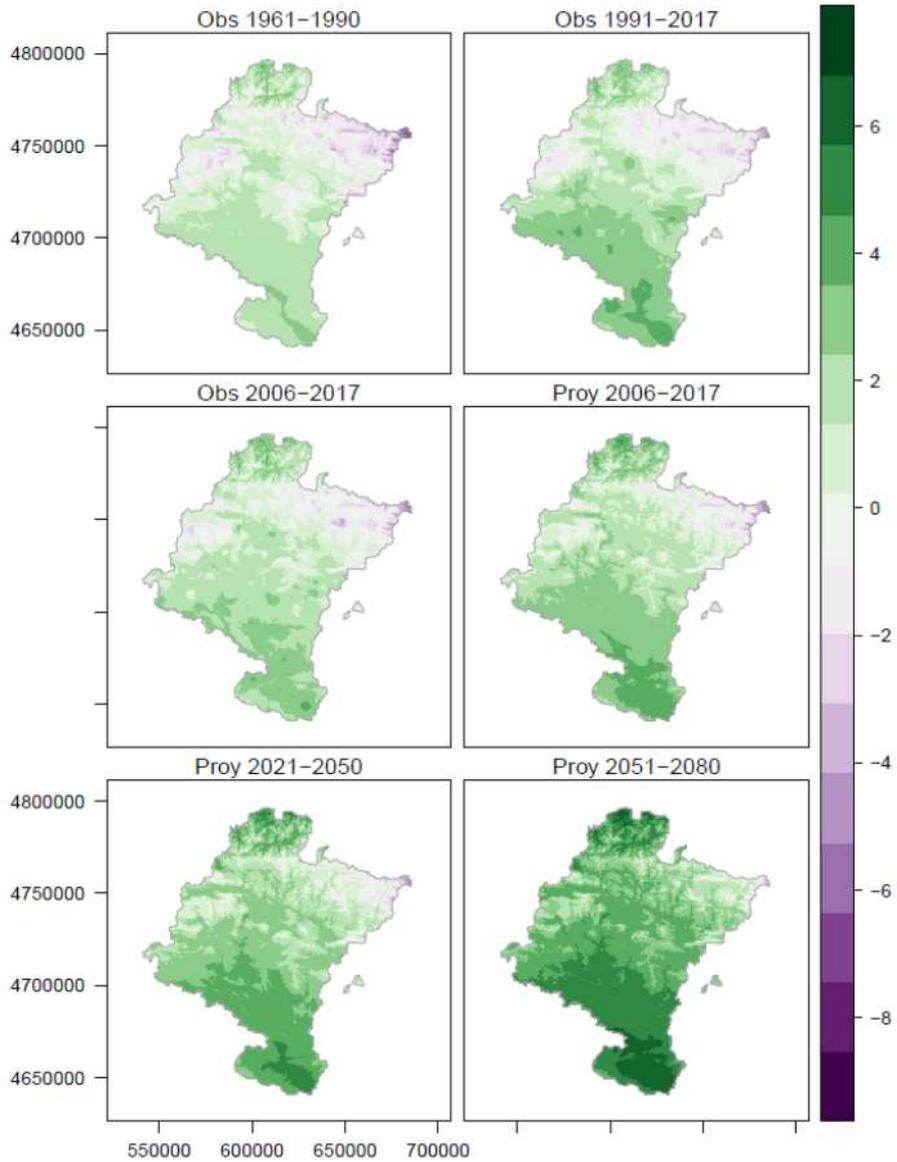


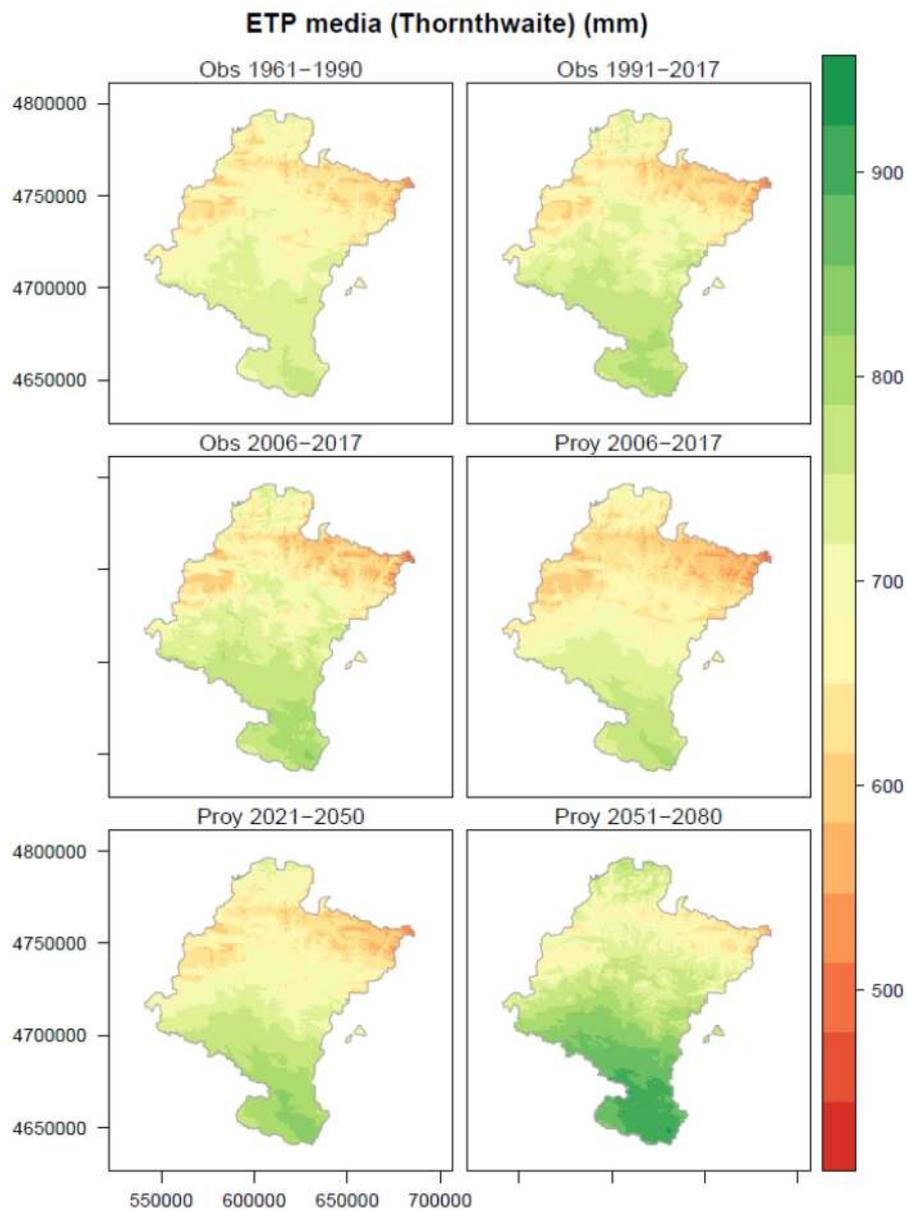






**Temperatura media de mínimas absolutas (°C)**







## Agradecimientos

"The authors thank AEMET and UC for the data provided for this work [Spain02 v5 dataset, available at <http://www.meteo.unican.es/datasets/spain02>]".