

Proyecto Klimatek 2016

Elaboración de escenarios regionales de cambio climático de alta resolución sobre el País Vasco



 ihobe



Herri-baltzua
Sociedad Pública del

EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

INGURUMEN ETA LURRALDE
POLITIKA SAILA
DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE
Y POLÍTICA TERRITORIAL



Proyecto Klimatek 2016

Elaboración de escenarios regionales de cambio climático de alta resolución sobre el País Vasco





Ihobe, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa
Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental

EDITA:

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda
Gobierno Vasco

Alda. de Urquijo n.º 36-6.^a (Plaza Bizkaia)
48011 Bilbao

info@ihobe.eus | www.ihobe.eus
www.ingurumena.eus

EDICIÓN:

Abril 2017

CONTENIDO:

Este documento ha sido elaborado por NEIKER-Tecnalia, en colaboración con Predictia Intelligent Data Solutions S. L., gracias a la financiación recibida en el marco de la convocatoria 2016 de Ayudas Klimatek I+B+G para la realización de proyectos I+D, Innovación y demostración en adaptación al cambio climático



Los contenidos de este documento, en la presente edición, se publican bajo la licencia:
Reconocimiento – No comercial – Sin obras derivadas 3.0 Unported de Creative Commons
(más información http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es_ES)

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	1
1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	1
2. ACTUALIZACIÓN DEL CLIMA BASE DE ALTA RESOLUCIÓN (1km x 1km)	3
2.1. SELECCIÓN DE LA BASE DE DATOS DE OBSERVACIONES	5
2.2. MODELO OROGRÁFICO	6
2.3. MODELOS DE REGRESIÓN E INTERPOLACIÓN	7
3. LA INICIATIVA CORDEX	11
4. INDICADORES	13
5. MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN	16
5.1. CÁLCULO DE LAS ANOMALÍAS: MÉTODO DELTA	16
6. PROYECCIONES PARA LA CAPV	19
6.1. RESULTADOS DE PRECIPITACIÓN	25
6.2. RESULTADOS DE TEMPERATURA MEDIA	27
6.3. RESULTADOS DE TEMPERATURAS MÁXIMA Y MÍNIMA	29
6.4. RESULTADOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN	33
6.5. RESULTADO DE INDICADORES	34
7. PRODUCTOS GENERADOS	56
8. CONCLUSIONES	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXO I. DESCRIPCIÓN DE INDICADORES CLIMÁTICOS	62
ANEXO II. ESTACIONES METEOROLÓGICAS	78

RESUMEN EJECUTIVO

En la lucha contra el cambio climático, el primer paso es predecir cuáles serán las condiciones climáticas en el futuro. En este sentido, se vienen realizando periódicamente proyecciones de las tendencias del clima por medio de modelos de circulación global (GCM-*General Circulation Models*) bajo distintos escenarios.

A nivel internacional, esta actividad es coordinada por el IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), cuyo último informe (*Fifth Assessment Report*, AR5) establece cuatro escenarios denominados trayectorias de concentración representativas (RCP-*Representative Concentration Pathways*). Los RCP se caracterizan por el cálculo aproximado que hacen del forzamiento radiativo total en el año 2100 en relación con 1750, que puede ser de 2.6 W m^{-2} , 4.5 W m^{-2} , 6.0 W m^{-2} ó 8.5 W m^{-2} que se corresponden a los escenarios RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5, respectivamente (concentraciones de CO_2 equivalente –incluidos CH_4 y N_2O – de 475, 630, 800 y 1313 ppm, aproximadamente).

La resolución espacial de los GCMs es de cientos de kilómetros y no permite considerar las heterogeneidades regionales. Pero existen técnicas de “regionalización” (*down-scaling*) que permiten aumentar su resolución espacial, como la regionalización dinámica basada en el uso de modelos regionales (RCM-*Regional Climate Models*). Cada uno de estos pasos del proceso (escenarios, GCM, RCM) conlleva sus propias incertidumbres.

En el ámbito europeo, las proyecciones regionales de cambio climático han sido producidas y actualizadas mediante diversos proyectos de investigación que han ido incorporando resultados de los GCMs de los sucesivos informes del IPCC:

Iniciativa	Resolución espacial	Informe del IPCC asociado
PRUDENCE	50km x 50km	AR3
ENSEMBLES	25km x 25km	AR4
CORDEX	12km x 12km (y 50km x 50km)	AR5

Actualmente, bajo la iniciativa Euro-CORDEX, que es la rama europea de la iniciativa CORDEX (*COordinated Regional Downscaling EXperiment*), se trabaja con RCMs con una resolución de 0.11° (unos $12 \times 12 \text{ km}^2$) y de 0.44° ($50 \times 50 \text{ km}^2$).

La generación de escenarios climáticos con una resolución espacial adecuada supone el paso inicial obligado para mejorar el conocimiento sobre el cambio climático y avanzar en la identificación y evaluación de impactos, debilidades y posibles vías de adaptación.

Por ello, se han elaborado para el País Vasco:

- Un atlas climático (datos diarios del periodo 1971-2015) de alta resolución espacial (1km x 1km) de variables básicas (precipitación, temperaturas media, temperatura máxima y temperatura mínima), y
- Proyecciones climáticas para el siglo XXI (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100), de alta resolución espacial (1km x 1km) generados para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, a partir de simulaciones realizadas con RCMs en el marco del proyecto Euro-CORDEX.

Y toda esta información se ha puesto a disposición pública a través de la página web del Gobierno Vasco.

Para la obtención de la información mencionada, el procedimiento ha sido el siguiente:

1) Datos históricos de estaciones meteorológicas (variables básicas diarias)

Se recopilaron datos climáticos procedentes de AEMET (Agencia Estatal de Meteorología), EuskalMet (Agencia Vasca de Meteorología) y Ur Agentzia (Agencia Vasca del Agua).

Se realizaron diferentes análisis para detectar posibles errores (detección de valores anómalos, lagunas, homogeneidad) y se consultó a expertos de EuskalMet, para seleccionar las estaciones de manera que se distribuyesen de forma homogénea por la CAPV y que fueran representativas del clima en el periodo observado.

Datos disponibles en la carpeta: 01_Estaciones meteorologicas

2) Climatología histórica de alta resolución de la CAPV (variables básicas diarias, 1km x 1km)

Además de datos climáticos de las estaciones meteorológicas seleccionadas, se incluyeron variables derivadas del modelo digital de elevaciones (orografía, continentalidad, curvatura, bloqueos y exposiciones) para desarrollar un modelo de regresión que reflejara la variabilidad espacial de la precipitación y las temperaturas. Después, en combinación con el modelo de regresión, se realizó una interpolación por medio del método de Kriging Ordinario, para conseguir cartografía de alta resolución (1km x 1km) con datos diarios de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura media para el periodo 1971-2015.

Aplicando la formulación habitualmente utilizada por Ur Agentzia (Cuaderno nº 56 de la FAO, Allen *et al.*, 1998) sobre las temperaturas máximas y mínimas, también se calculó la evapotranspiración de referencia (ET₀) diaria.

Datos disponibles en la carpeta: 02_Climatologia historica interpolada_1km_diaria_19712015

3) Datos de proyecciones de Euro-CORDEX (variables básicas diarias, 12km x 12km)

Por otra parte, se descargaron los datos del ámbito de la CAPV de la iniciativa Euro-CORDEX a resolución de 0.11º (~12km x 12km), de los modelos que había disponibles a julio de 2016. Concretamente, se descargaron, para los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, datos diarios de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura media del periodo 1971-2100.

Datos disponibles en la carpeta: 03_CORDEX_variables basicas_RCMs_12km_diaria_19712100

4) Indicadores de Euro-CORDEX (12km x 12km)

A partir de las variables básicas (precipitación y temperaturas) de los distintos modelos de la iniciativa Euro-CORDEX, se calcularon numerosos indicadores para toda la CAPV a una resolución espacial de 12km x 12km, para los periodos histórico (1971-2000) y futuros (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100), bajo los escenarios de concentraciones RCP4.5 y RCP8.5.

En general, los indicadores se utilizan con el fin de analizar y evaluar cambios futuros en el clima. Los datos diarios simulados quedan sintetizados en indicadores que representan, no ya el dato diario, sino la totalidad de un periodo de 30 años.

Muchos de los indicadores calculados proceden de los propuestos por el ETCCDI-*Expert Team on Climate Change Detection and Indices*, mientras que otros fueron propuestos por diferentes grupos de investigación de la CAPV (detalles en el Anexo I).

Datos disponibles en la carpeta: 04_CORDEX_indicadores_RCMs_12km_19712100

5) Indicadores de alta resolución de la CAPV (1km x 1km)

Una vez obtenidos los indicadores a una resolución espacial de 12km x 12km, se obtuvieron también a una resolución de 1km x 1km, mediante el método delta. Éste es un método sencillo en el cual, se calcula la diferencia (“delta” o señal de cambio) entre el indicador del periodo futuro simulado y del periodo histórico simulado (12km x 12km) y, después, se aplica sobre un periodo histórico observado (1km x 1km), asumiendo que los sesgos de los modelos desaparecen al considerar estos “deltas”. Así, se consigue el mencionado indicador para el mismo periodo futuro pero a mayor resolución espacial (1km x 1km) y adaptado a una serie histórica observada.

Este proceso se realiza para cada uno de los modelos Euro-CORDEX, de forma que finalmente se proporciona un resultado promediado (junto con un estadístico sobre su dispersión).

Dicho de otro modo, el propio usuario podría calcular el indicador X que le interesara siguiendo el mismo proceso:

- Seleccionar (del paso 3) la serie diaria Euro-CORDEX (12 km x 12km) de la variable que se precisa para el cálculo del indicador X, para la localización requerida y para el escenario RCP deseado.
- Calcular el indicador X para cada uno de los modelos Euro-CORDEX, en cada uno de los periodos (histórico, 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100).
- Calcular el “delta” o diferencia del indicador X entre cada periodo futuro y el histórico, en cada uno de los modelos Euro-CORDEX.
- Seleccionar (de una estación real o del paso 2) la serie diaria observada o tomada de la interpolación de alta resolución (1km x 1km) de la variable que se precisa para el cálculo del indicador X, para la localización requerida.
- Calcular el indicador X para la serie diaria observada o interpolada, tomándola como una serie histórica (“indicador-observado”).
- Aplicar, sobre el “indicador-observado”, el “delta” correspondiente a cada periodo futuro. Este paso debería realizarse, por separado, para cada uno de los modelos Euro-CORDEX. De modo que, finalmente, se deberían promediar los resultados obtenidos para cada modelo.

Datos disponibles en la carpeta: 05_InterpoladaCORDEX_indicadores_1km_19712100

En el marco del presente trabajo se han obtenido proyecciones de cambio climático de alta resolución espacial ($1 \times 1 \text{ km}^2$), pero no de alta resolución temporal (series diarias). Este tipo de proyecciones de alta resolución espacial y temporal resulta necesario para muchos estudios de impacto climático (p.e. sanidad, turismo, energía, simulación de crecimiento de cultivos, etc.) y precisaría un post-procesado de las series diarias de los RCMs ($12 \times 12 \text{ km}^2$) a fin de corregir sus respectivos sesgos sistemáticos y de regionalizar las proyecciones a la escala de las observaciones de referencia ($1 \times 1 \text{ km}^2$).

En un primer análisis de los datos proyectados, se puede decir que:

- La media y variabilidad de los RCMs utilizados en el presente trabajo reproducen adecuadamente la evolución de las observaciones en el periodo 1971-2000.
- La incertidumbre respecto a la magnitud del cambio proyectado para el escenario RCP8.5 es mucho mayor que la asociada al escenario RCP4.5.
- En el caso de las temperaturas, la tendencia es claramente positiva (incremento de temperaturas) desde el momento actual. Este incremento de temperaturas oscilaría, dependiendo del escenario y modelo, entre los 1.5°C y los 5°C , siendo más pronunciado a finales de siglo y para el escenario RCP8.5. El patrón de cambio sería muy homogéneo en toda la CAPV, con un incremento levemente menor en la costa que en el interior. El aumento de las temperaturas llevaría asociado, un aumento de la evapotranspiración (ET_0), con un patrón de cambio con un claro gradiente descendente suroeste-noreste.
- Los índices asociados con días de temperaturas bajas tenderían a disminuir en el futuro (id, fd, ftd), mientras que los indicadores relacionados con altas temperaturas tenderían a incrementar (su, wsd, tr). Incrementaría levemente el rango diario de temperaturas (dtr) asociado a un mayor aumento en la temperatura máxima que en la mínima y también aumentaría la longitud de la estación de crecimiento (gsl), asociado a un mayor número de días con temperaturas medias moderadas.
- En el caso de la precipitación, únicamente se observa una tendencia negativa (descenso de precipitación), más o menos, clara al final del siglo XXI. En cuanto a la magnitud del cambio, se esperaría, en promedio, un descenso leve en torno a un 15% de la precipitación anual para finales de siglo para el escenario RCP8.5. El cambio promedio sería inferior al 5%, salvo en el último periodo que oscilaría entre el 10% y el 15%, dependiendo del escenario. El patrón en la CAPV sería, más o menos, común en todos los periodos y escenarios con la región noreste sufriendo cambios menores que el resto.
- En el futuro cabría esperar menos episodios de precipitación, pero con precipitaciones más intensas, seguidos de largos periodos de sequía (tendencia a reducirse indicadores como rr1, r10, r20; tendencia a incrementar indicadores como sdii, rx1day, cdd). Descendería el índice frd asociado a días con precipitaciones suaves y temperaturas máximas negativas.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Los modelos de circulación global (GCM-*General Circulation Models*) son la herramienta principal para el análisis del cambio climático y su impacto en distintos sectores socioeconómicos. Por ello, durante las últimas décadas se han venido realizando periódicamente proyecciones de la tendencia futura del clima con estos modelos, los cuales simulan en un ordenador la dinámica del sistema climático y sus componentes (atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera) bajo distintos escenarios que tratan de caracterizar la evolución futura de los factores de forzamiento antropogénicos que afectan al sistema climático, como la emisión de gases de efecto invernadero.

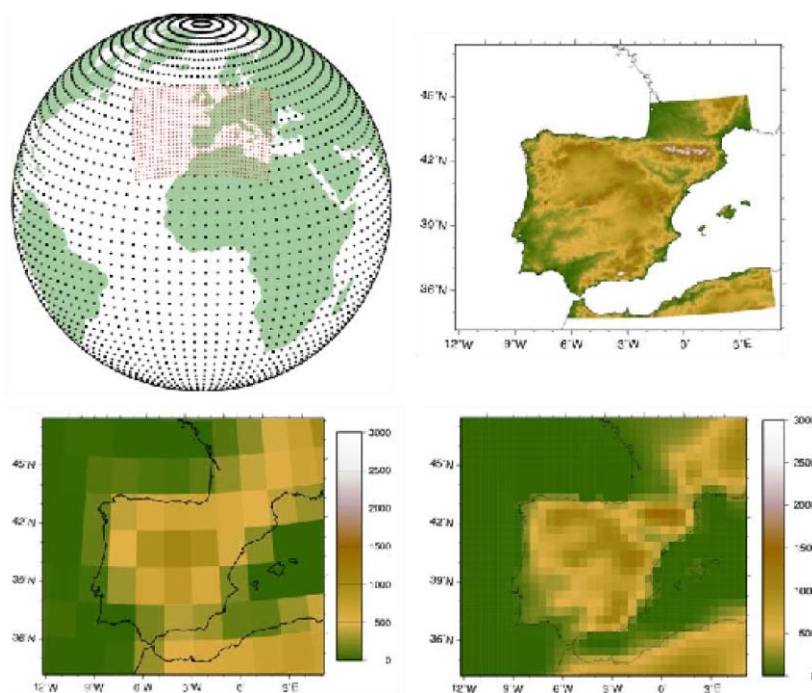


Figura 1. (Arriba, izquierda) Rejilla de un modelo global (negro) y de un modelo regional (rojo) anidado sobre Europa; (derecha) orografía de la Península Ibérica. La fila inferior muestra la orografía de la rejilla utilizada por un modelo global (250km), junto con la orografía de un modelo regional (25km).

Esta actividad es coordinada a nivel internacional por el IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) cuyos informes, el último publicado en el año 2014 (*Fifth Assessment Report, AR5*, <http://www.ipcc.ch/>), constituyen la referencia obligada para los estudios de cambio climático ya que recopilan los resultados científicos (tanto publicaciones científicas como proyecciones globales y regionales de escenarios de cambio climático) más relevantes hasta la fecha.

La resolución típica de los GCMs es de cientos de kilómetros, por lo que no permiten analizar la magnitud de los posibles impactos del cambio climático a escala local en ecosistemas, agricultura, hidrología, etc., ya que dicha resolución no permite resolver las heterogeneidades regionales. Por tanto, para obtener escenarios regionales de cambio climático es necesario realizar un paso adicional, llamado regionalización (o *downscaling*), que permita proyectar a

escala local los cambios simulados por el modelo a escala global. Este problema ha cobrado un fuerte interés en los últimos años, siendo uno de los objetivos prioritarios de los proyectos e iniciativas actuales nacionales e internacionales (p.e. [VALUE](#) o [CORDEX](#)) de cambio climático, debido a los requerimientos de las comunidades de impacto o de los planes de adaptación, los cuales necesitan información climática de alta (o muy alta) resolución.

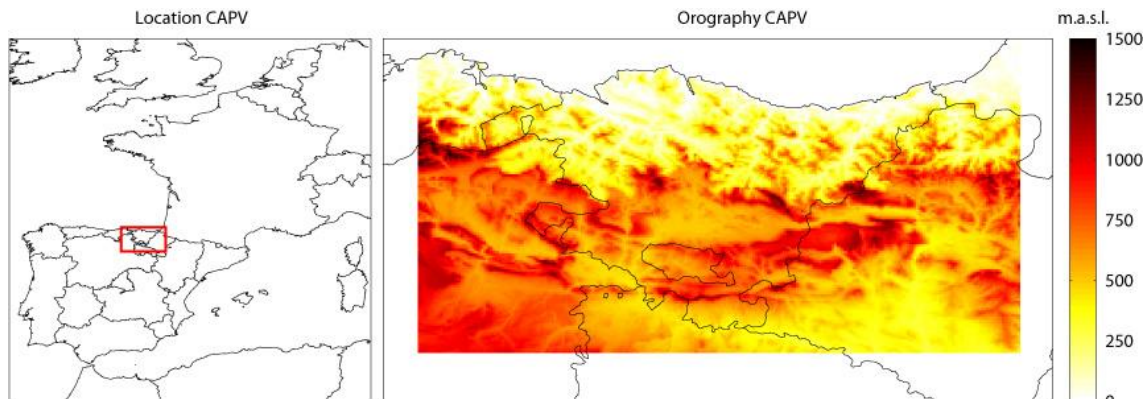


Figura 2. (Izquierda) Localización de la Comunidad Autónoma del País Vasco y (derecha) Orografía en el dominio geográfico considerado.

Una de las técnicas habitualmente utilizadas para aumentar la resolución de los modelos climáticos globales está basada en el uso de modelos regionales (regionalización dinámica) o de área limitada (RCM-*Regional Climate Model*), con resoluciones típicas de decenas de kilómetros, los cuales se “anidan” al modelo global en la zona de interés (ver Figura 2), tomando como condiciones de contorno los valores del modelo global a lo largo de toda la integración (ver Gaertner y colab. 2012, para una descripción breve de las metodologías de proyección regional de cambio climático) y resolviendo las ecuaciones de la atmósfera a una mayor resolución que el modelo global (GCM) incluyendo, por tanto, procesos de mesoscala que éste no puede resolver.

En el ámbito europeo, las proyecciones regionales de cambio climático han sido producidas y actualizadas en distintos proyectos Europeos de investigación: PRUDENCE (2001-2004), ENSEMBLES (2004-2009) (ver Christensen y colab. 2007a; 2007b, y van der Linden y Mitchell 2009 para más información sobre las proyecciones climáticas regionales). En dichos proyectos se ha ido incrementando paulatinamente la resolución de estos productos (de 50 km en PRUDENCE a 25 km en ENSEMBLES), se han ido introduciendo las distintas fuentes de incertidumbre asociadas a las proyecciones (GCM, escenario, RCM, etc.) utilizando los resultados de los modelos globales de los sucesivos informes del IPCC (AR3 para PRUDENCE y AR4 para ENSEMBLES) y se han incluido experimentos que permiten la validación e intercomparación de los modelos regionales. Actualmente, estas actividades están amparadas en Europa bajo la iniciativa Euro-CORDEX, que es la rama europea de la iniciativa CORDEX (del inglés *CO*ordinated *R*egional *D*ownscaling *E*Xperiment), y está basada en los modelos globales utilizados en el último informe AR5 del IPCC y considera dos resoluciones diferentes, 12 y 50 km, lo que permite evaluar el valor añadido del aumento de resolución.

A escala del estado español, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) desarrolló, en el marco de los proyectos ESTCENA (<http://meteo.unican.es/en/projects/estcena>) y ESCENA (<http://meteo.unican.es/en/projects/escena>), la última generación de Escenarios Regionales

de Cambio Climático en España (Escenarios-PNACC 2012) aplicando técnicas estadísticas y dinámicas de regionalización para alcanzar una resolución final de 0.2°x0.2° a partir de los escenarios globales de cambio climático del 4º Informe del IPCC (IPCC-AR4). Por lo tanto, en base a los escenarios de emisiones considerados y la versión de los modelos globales y regionales del clima, dichos son comparables a los desarrollados en el marco del proyecto ENSEMBLES.

En el desarrollo de Escenarios-PNACC 2012 participaron los principales grupos del ámbito estatal realizando, por un lado, una validación e intercomparación de las técnicas de regionalización estadísticas y dinámicas aplicadas, y, por otro, aplicando dichas técnicas a los diferentes escenarios del IPCC-AR4 dando lugar a un “*ensemble*” de proyecciones que refleja las principales fuentes de incertidumbre relevantes en los estudios de cambio climático: escenario de emisiones futuras, modelo global del clima y técnica de regionalización aplicada.

Las proyecciones obtenidas en Escenarios-PNACC 2012 se distribuyen públicamente a través de los Servicios Climáticos de la Agencia Estatal de Meteorología (<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/>). Dentro de dicho portal de Servicios Climáticos, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) incluye un nuevo conjunto de proyecciones considerando la última generación de modelos globales y escenarios de emisión, si bien dichas proyecciones se corresponden con las obtenidas aplicando únicamente la técnica de regionalización de AEMET, lo cual puede dar lugar a resultados sesgados por las particularidades o los errores de la técnica utilizada.

En este contexto, la generación de escenarios climáticos regionales supone el paso inicial obligado para incrementar el conocimiento sobre el cambio climático a escala regional, permitiendo así la identificación y evaluación de los impactos, debilidades y posibles vías de adaptación. En el presente proyecto el objetivo es la elaboración de un atlas climático de alta resolución (~1km) de precipitación y temperaturas para la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) (ver Figura 2) y la producción de los escenarios regionales de cambio climático para el siglo XXI a partir de las simulaciones realizadas en el proyecto Euro-CORDEX (~12km).

Para comenzar con ello, se plantea la actualización de los mapas climáticos de alta resolución realizados en el marco del proyecto AdaptaClima considerando los registros históricos disponibles para el periodo 1971-2015 (ver Sección 2). Sobre estos mapas climáticos proyectaremos las simulaciones desarrolladas en la Iniciativa CORDEX (ver Sección 3) siguiendo la metodología descrita en la Sección 5, obteniendo las proyecciones para diferentes índices basados en precipitación y temperaturas.

2. ACTUALIZACIÓN DEL CLIMA BASE DE ALTA RESOLUCIÓN (1km x 1km)

Uno de los objetivos es actualizar la base de datos climáticos de precipitación y temperatura desarrollada en el marco del proyecto AdaptaClima incluyendo los datos hasta el año 2015 y la información disponible. Para ello, el primer paso ha consistido en realizar la recolección de datos climáticos de las tres principales instituciones que almacenan series históricas de precipitación y temperatura:

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET): en el marco del proyecto se ha solicitado la actualización de la base de datos utilizada en el proyecto AdaptaClima hasta el año 2015.

Dicha base de datos engloba 164 estaciones de precipitación y 96 de temperatura para el periodo 1971-2015 distribuidas por la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) y alrededores.

- Agencia Vasca de Meteorología (EuskalMet): en el marco del proyecto se han solicitado todos los datos disponibles de precipitación y temperatura (174 estaciones) para el periodo disponible en EuskalMet: 2001-2015.
- Ur Agentzia (URA, Agencia Vasca del Agua): Ur Agentzia trabaja con datos de precipitación y temperaturas, tanto de estaciones de las dos Agencias anteriores como de otras estaciones. Por lo tanto, se solicitaron a URA los datos climáticos registrados para el periodo de interés 1971-2015, dando lugar a una tercera base de datos con 233 estaciones de precipitación y 73 de temperatura, de las cuales 91 y 42, respectivamente, son comunes a alguna de las bases de datos anteriores y fueron utilizadas para la detección de errores. Así mismo, la Agencia Vasca del Agua proporcionó datos de evapotranspiración potencial calculada, que se emplearon también para valorar el clima base de alta resolución obtenido.

2.1. SELECCIÓN DE LA BASE DE DATOS DE OBSERVACIONES

Una vez obtenida la base de datos de las tres Agencias citadas anteriormente, se procedió a la selección de las estaciones a utilizar en el proceso de interpolación, tanto de los valores mensuales como de las anomalías diarias, de modo que la red seleccionada se distribuyese de forma homogénea por la CAPV y fueran representativas del clima en su localización en el periodo observado.

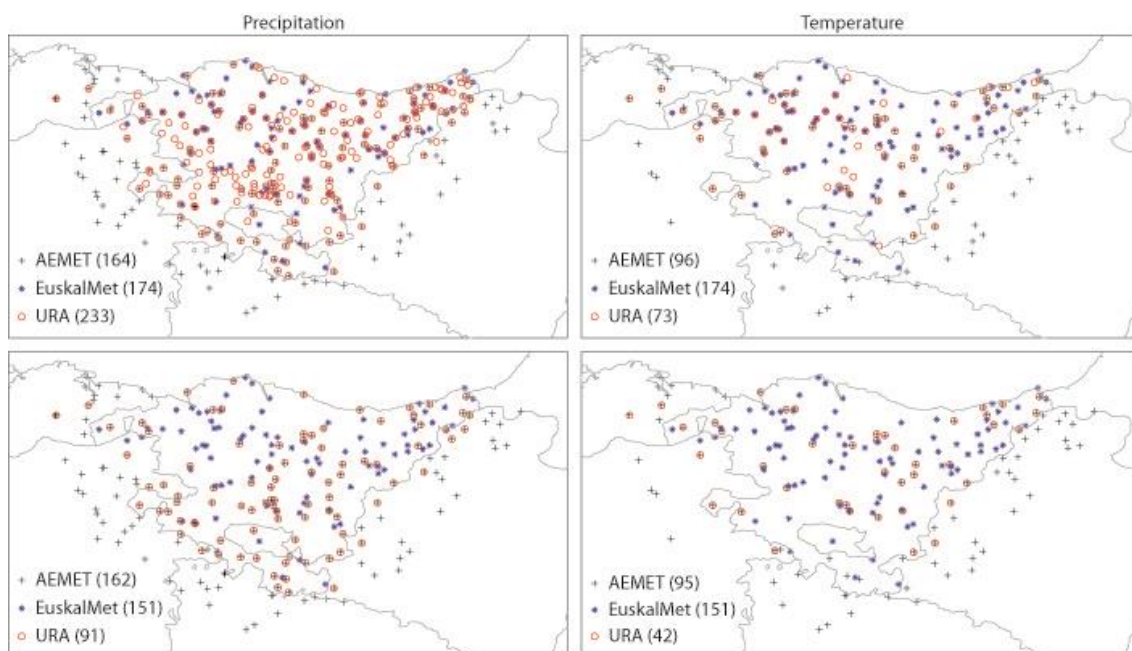


Figura 3. Localización de las estaciones de precipitación y temperatura recopiladas de distintas entidades (entre paréntesis, el número de estaciones).

Para ello, se realizaron diferentes análisis para detectar posibles errores en los datos (Gutiérrez y col. 2010, Herrera y col. 2011 y 2012):

- **Detección de valores anómalos:** Inicialmente se detectaron valores anormalmente altos o bajos, según superasen tres veces el rango intercuartílico (percentil 25 y percentil 75). En el caso de la precipitación, al ser una variable acotada inferiormente, se definieron, como cota superior, 4 veces el percentil 90 de los días de lluvia y, como cota inferior, el 0.
- **Lagunas:** Se identificaron aquellas series con periodos de al menos 20 años consecutivos con al menos el 80 % de los datos. Dada la menor longitud de las series de EuskalMet, en su caso se consideraron series con al menos 10 años con al menos el 80 % de los datos.
- **Homogeneidad:** Finalmente, se analizaron la homogeneidad absoluta y relativa de las series anuales a través de tests de hipótesis, eliminando aquellas series no homogéneas con una confianza del 95 %.

La base de datos anteriormente seleccionada fue consensuada con expertos de EuskalMet, los cuales aconsejaron la inclusión o supresión de determinadas estaciones. De este modo, se obtuvieron las bases de datos de precipitación y temperaturas mostradas en la Figura 3 (ver

Anexo II). Notar que las estaciones de URA-Ur Agenzia (círculos rojos) consideradas son las coincidentes con las de AEMET (cruces negras) y no han sido incluidas en la interpolación, si bien han sido utilizadas para detectar disensiones entre ambas redes de observaciones, de ahí su inclusión en el conjunto final.

2.2. MODELO OROGRÁFICO

Para alcanzar la resolución objetivo (1km) con la red de observaciones seleccionada es necesaria la inclusión de variables orográficas para la elaboración de la base de datos climática de alta resolución. En este estudio se han considerado las siguientes variables derivadas del modelo orográfico ¹GTOPO30 (<https://lta.cr.usgs.gov/GTOPO30>) de 30" de resolución espacial (1 x 1 km² aproximadamente):

- **Orografía:** Se considera un modelo de regresión polinomial de tercer grado:

$$P_{orog}(orog) = a_3 * orog^3 + a_2 * orog^2 + a_1 * orog + a_0$$

- **Continentalidad (distancia a costa):** Se considera la distancia de cada punto a la costa mediante un modelo de regresión polinomial de tercer grado:

$$P_{cont}(cont) = b_3 * cont^3 + b_2 * cont^2 + b_1 * cont + b_0$$

- **Curvatura:** Se considera la curvatura global de cada punto como resultado de las curvaturas longitudinal y latitudinal.
- **Bloqueos y Exposiciones:** Se consideran los bloqueos orográficos, definidos como la existencia de una zona mas alta en una dirección o sector, y las exposiciones de cada punto de grid, así como la distancia a dichos bloqueos. Para la definición de los bloqueos se considera una rosa de vientos de ocho sectores (N, NW, W, SW, S, SE, E y NE).

De este modo, se obtiene un conjunto de 24 variables con el cual se define el modelo de regresión mediante un proceso tipo "stepwise", en el que en cada paso se introduce la covariable que minimiza el residuo del modelo resultante.

Para mantener la coherencia entre las tres variables consideradas (precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima), se realizó un análisis previo para determinar qué covariables son las más relevantes en cada uno de los casos, en base al porcentaje de ocasiones en las que el modelo ha seleccionado cada covariable considerando la serie mensual de cada una de las variables. Dicho porcentaje revela información sobre la capacidad explicativa de la variabilidad espacial de cada variable de cada una de las covariables. Hay que remarcar que el modelo de regresión debe aplicarse a escala mensual, ya que a escala diaria la dependencia entre las variables regresoras y la variable objetivo se reduce frente a la variabilidad espacial.

¹ GTOPO30 es un modelo digital de elevaciones mundial realizado por el U. S. Geological Survey (USGS) y disponible desde su centro EROS (Earth Resources Observation and Science) (<https://lta.cr.usgs.gov/GTOPO30>). Su resolución ha determinado la resolución espacial final de la cartografía climática obtenida en el presente trabajo: 30 segundos (~ 0.00833º, ~ 1 x 1 km²).

En el marco del análisis anterior se identificaron las variables orográficas y de continentalidad como las que más aparecen en los modelos de regresión. También surgieron en el modelo los bloqueos en las direcciones norte y noroeste, así como la distancia a los bloqueos del oeste. Por lo tanto, se seleccionó como modelo básico uno basado en las variables: orografía, distancia a costa, bloqueos en las direcciones N y NW, y la distancia a los bloqueos en las direcciones NW y SW. Al modelo base anterior, dentro del proceso de interpolación, se le fueron añadiendo el resto de las variables mediante el proceso de “stepwise” antes descrito.

2.3. MODELOS DE REGRESIÓN E INTERPOLACIÓN

Una vez realizada la selección de la base de datos y definidas las covariables a utilizar en el modelo de regresión, hay que seleccionar un método de interpolación que se adecúe a los problemas que presentan las variables a interpolar, la resolución de la rejilla y la introducción de covariables.

Tras revisar el estado del arte en este campo, se concluyó que la familia de métodos que mejor se adaptaban a los problemas planteados era la familia de métodos geoestadísticos de Kriging (Krige, 1951). Estos métodos han sido aplicados para variables climáticas en un gran número de estudios (Herrera *et al.* 2012, 2016; Haylock *et al.*, 2008; Biau *et al.*, 1999; Atkinson and Lloyd, 1998; etc.) e incluyen un gran abanico de variantes para adaptar la metodología a la interpolación de variables indicador, la introducción de covariables, etc. En el presente estudio se consideró el método de Kriging Ordinario ya que la dependencia con el modelo digital de elevación se obtuvo a partir del modelo de regresión antes descrito. Dicho método, se fundamenta en la modelización de la dependencia espacial de la variable a través de los [semi-variogramas empírico y modelo](#)

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{\|x_i - x_j\|=h}^{N(h)} (y(x_i) - y(x_j))^2$$

tras lo cual, los pesos w_i del método $y_{ok}(x) = \sum_{i=1}^k w_i y(x_i)$ se obtienen resolviendo el siguiente sistema de ecuaciones:

$$-\sum_{i=1}^k w_i \gamma(\|x_i - x_j\|) + \mu = -\gamma(\|x - x_j\|) \sum_{i=1}^k w_i = 1$$

Para alcanzar la resolución final, la interpolación se dividió en las siguientes etapas:

- En primer lugar, se aproximó el valor mensual de la variable (precipitación, temperatura máxima o temperatura mínima) con el modelo de regresión, introduciendo en éste las covariables seleccionadas anteriormente.
- En segundo lugar, se calcularon el valor mensual asociado a cada punto de rejilla ($\text{MonthlyValue}_{\text{reg}}$) y el residuo o error cometido por el modelo (Err), utilizando los coeficientes obtenidos con el modelo de regresión.

- A continuación, se interpoló con el método de Kriging el residuo mensual del modelo de regresión (Err) a los puntos del grid, corrigiendo de ese modo, el valor mensual asignado por el modelo ($MonthlyValue_{ok} = MonthlyValue_{reg} + Err_{ok}$).
- Por último, se interpoló el valor de la anomalía diaria ($DailyAnomaly_{ok}$) y se añadió al valor mensual obtenido en los pasos anteriores ($MonthlyValue_{ok}$). En el caso de la precipitación, la anomalía diaria se definió como el cociente entre la precipitación diaria y el valor acumulado mensual ($dailyValue_{ok} = MonthlyValue_{ok} * DailyAnomaly_{ok}$), mientras que para la temperatura se definió como la diferencia entre la temperatura diaria y la media mensual ($dailyValue_{ok} = MonthlyValue_{ok} + DailyAnomaly_{ok}$).

En el caso de la precipitación, dado su carácter mixto, por un lado la ocurrencia y por otro la cantidad, se introdujo un proceso más en el último paso que consistió en interpolar la variable binaria asociada a la ocurrencia de lluvia mediante el método de Kriging asociado a variables indicador (IK, Indicator Kriging). De este modo, no solo se interpoló la cantidad de precipitación sino que también se ajustó su frecuencia.

El proceso anterior dio lugar a una base de datos diarios de precipitación y temperatura representativos del promedio areal de la celda de 1km x 1km, y con la misma resolución temporal de la base de datos subyacente, descrita anteriormente.

A continuación se muestran las climatologías anuales obtenidas para cada una de las variables de interés para el periodo 1971-2015. En primer lugar, se muestra el promedio de la precipitación acumulada anual sobre el área de interés (Figura 4), mientras que la siguiente figura (Figura 5) muestra los promedios para las tres temperaturas consideradas: media, mínima y máxima. Ambas figuras reflejan una gran concordancia entre los valores observados e interpolados en todo el dominio.

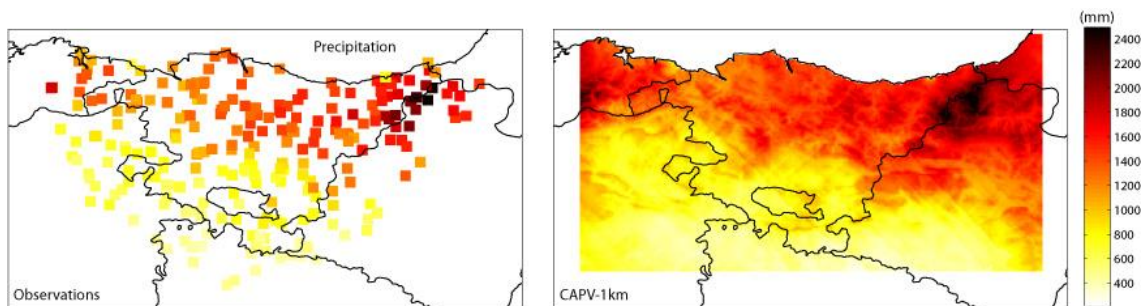


Figura 4. Precipitación acumulada anual (mm/año): a la izquierda, las estaciones utilizadas en la interpolación; a la derecha, el resultado de la interpolación (1kmx1km).

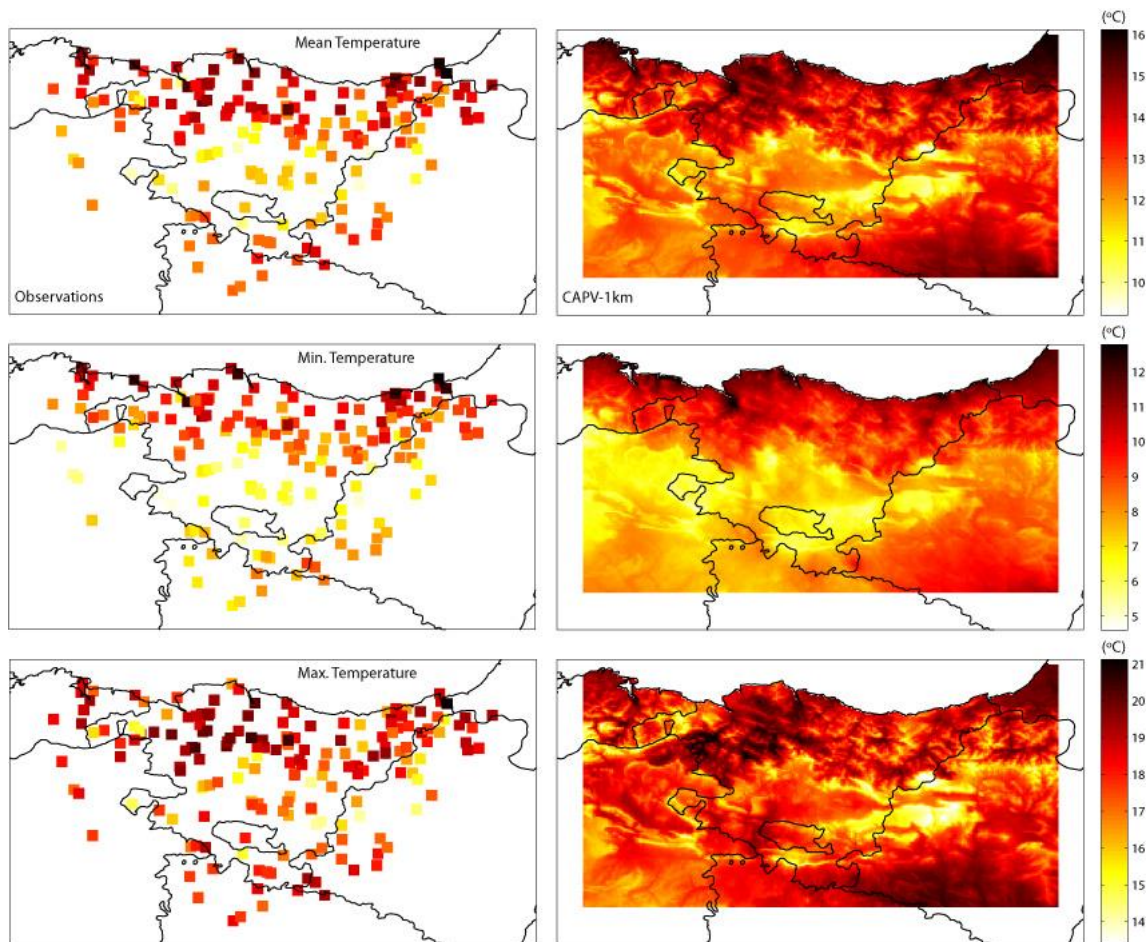


Figura 5. Promedio Anual de la temperatura Media, Mínima y Máxima (°C): a la izquierda, las estaciones utilizadas en la interpolación; a la derecha, el resultado de la interpolación (1kmx1km).

La disponibilidad de las cuatro variables interpoladas permite la construcción de variables e indicadores dependientes o derivadas de ellas. En particular, en la Sección 4 se presentan parte de los indicadores de extremos definidos por el ETCCDI (*Expert Team on Climate Change Detection and Indices* - Panel de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático). Una variable de gran interés es la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_0 , mm día^{-1}), la cual puede inferirse a través de diferentes formulaciones dependiendo de las variables primitivas disponibles. En el marco del presente proyecto, siguiendo la formulación de URA (<http://www.uragentzia.euskadi.eus>) que a su vez se basa en el [Cuaderno nº 56 de la FAO](#) (Allen *et al.*, 1998), se estimó la ET_0 diaria a partir de las temperaturas máxima y mínima, obteniendo la siguiente climatología para el periodo 1971-2015 (Figura 6).

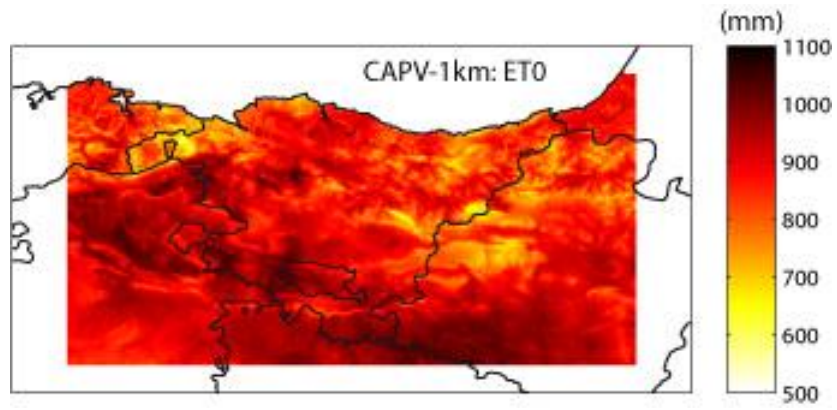


Figura 6. Evapotranspiración de referencia (mm año^{-1}) calculada para la CAPV siguiendo las directrices de la metodología propuesta por la FAO (Cuaderno nº 56, Allen *et al.*, 1998).

3. LA INICIATIVA CORDEX

El Experimento COordinado de Regionalización o CORDEX (*The COordinated Regional Downscaling Experiment*) (Giorgi y colab., 2009; Jones y colab., 2011) es un proyecto del WRCP-*World Climate Research Programme* que persigue, por un lado, generar y poner a disposición de la comunidad mundial proyecciones regionales, y por otro fomentar el intercambio de conocimiento entre las comunidades que generan y que utilizan la información climática regional. En el marco de este proyecto se han definido 14 dominios específicos, distribuidos por todo el globo, cuya malla y condiciones de contorno deben ser utilizadas por todos los modelos regionales participantes en el proyecto. La mayoría de experimentos se llevaron a cabo en una malla de 0.44°. Sin embargo, en algunos experimentos, como el realizado para Europa, la resolución estándar es de 0.11° (Casanueva y colab., 2016).



Figura 7. Puntos considerados para las proyecciones de Euro-CORDEX.

A nivel europeo, en comparación con las anteriores iniciativas (PRUDENCE y ENSEMBLES), Euro-CORDEX ha avanzado en diferentes aspectos:

1. La definición de dominios comunes, compartiendo malla y sistema coordenado, permite la intercomparación de los modelos.
2. Se han definido dominios cubriendo todo el mundo, con el objetivo de obtener un conjunto de escenarios globales.
3. Se han actualizado los escenarios siguiendo las directrices del 5º Informe del IPCC (ver introducción).
4. Se han definido dos resoluciones, 0.44° y 0.11°, incrementando la resolución existente y permitiendo el análisis del valor añadido asociado al incremento en la resolución de los RCMs.

Algunos de los modelos participantes en Euro-CORDEX han comenzado recientemente a publicar los resultados (ver Tabla 1; Casanueva y colab. 2015 para una evaluación preliminar), proporcionando una nueva generación de proyecciones climáticas regionalizadas de alta resolución en Europa, de gran interés para los estudios de impacto a escala regional. En particular, en el presente proyecto se han considerado las proyecciones dadas por los modelos de la Tabla 1.

Tabla 1. Modelos regionales del dominio EUR-11 de Euro-CORDEX disponibles públicamente en el momento del desarrollo del proyecto (julio de 2016).

² Institución	Earth System Model (ESM)	Regional Climate Model (RCM)
CLMcom	CNRM-CM5_r1i1p1	CCLM4-8-17_v1
CLMcom	EC-EARTH_r12i1p1	CCLM4-8-17_v1
CLMcom	HadGEM2-ES_r1i1p1	CCLM4-8-17_v1
CLMcom	MPI-ESM-LR_r1i1p1	CCLM4-8-17_v1
CNRM	CNRM-CM5_r1i1p1	ALADIN53_v1
DMI	EC-EARTH_r3i1p1	HIRHAM5_v1
IPSL-INERIS	IPSL-CM5A-MR_r1i1p1	WRF331F_v1
KNMI	EC-EARTH_r1i1p1	RACMO22E_v1
KNMI	HadGEM2-ES_r1i1p1	RACMO22E_v1
SMHI	CNRM-CM5_r1i1p1	RCA4_v1
SMHI	EC-EARTH_r12i1p1	RCA4_v1
SMHI	IPSL-CM5A-MR_r1i1p1	RCA4_v1
SMHI	HadGEM2-ES_r1i1p1	RCA4_v1

El presente trabajo tiene como objetivo generar las proyecciones de cambio climático para el siglo XXI en la CAPV a partir de los resultados públicos del proyecto Euro-CORDEX a resolución 0.11° (EUR-11). Para ello, se consideraron los puntos de la malla del dominio EUR-11 que englobaban la CAPV (ver Figura 7) y se obtuvieron las proyecciones de las 4 variables de interés para los escenarios *historical* (1971-2000), RCP4.5 y RCP8.5 (2001-2100) dadas por los RCMs definidos en la Tabla 1. Para el desarrollo del análisis se consideraron los indicadores introducidos en la Sección 4, los cuales fueron consensuados con los grupos de investigación e instituciones de la CAPV involucradas en otros proyectos activos en el momento de ejecución del presente trabajo.

² Más detalles sobre las instituciones en el documento: <http://www.euro-cordex.net/imperia/md/content/csc/cordex/20160204a-eurocordex-simulations.pdf>

4. INDICADORES

Uno de los objetivos de la Organización Mundial de Meteorología (OMM) es monitorizar la ocurrencia de eventos meteorológicos o climáticos extremos. Para ello, el ETCCDI (*Expert Team on Climate Change Detection and Indices* - Panel de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático) (<http://www.wcrp-climate.org/unifying-themes/unifying-themes-observations/data-etccdi>) ha definido un conjunto de 27 indicadores basados en temperatura y precipitación para detectar cambios en los eventos climáticos extremos.

En el marco del presente proyecto se ha considerado un subconjunto de dichos indicadores, así como otros indicadores basados en combinaciones de ambas variables. Algunos de los más relevantes se recogen en la Tabla 2. No obstante, el listado completo de los indicadores calculados se muestra en el Anexo I, junto con su descripción.

Tabla 2. Indicadores calculados basados en temperaturas diarias y precipitación diaria (TN: temperatura mínima, TX: temperatura máxima, TG: temperatura media, RR: precipitación).

Temp.	Descripción	Unid.
FD	Número de días con TN<0°C	días
SU	Número de días con TX>25°C	días
SU35	Número de días con TX>35°C	días
ID	Número de días con TX<0°C	días
TR	Número de días con TN>20°C	días
GSL	Longitud de la estación de crecimiento	días
TXx	Máximo de la temperatura máxima diaria	°C
TNx	Máximo de la temperatura mínima diaria	°C
TXn	Mínimo de la temperatura máxima diaria	°C
TNn	Mínimo de la temperatura mínima diaria	°C
WSDI	Índice de número de rachas cálidas (“olas de calor”)	días
CSDI	Índice de duración de rachas frías	días
DTR	Rango diario de temperatura	°C
FTD	Número de días con temperaturas cruzando los 0°	días
Precip.	Descripción	Unid.
Rx1day	Máximo de la precipitación diaria	mm
Rx5day	Máximo de la precipitación acumulada en 5 días	mm
SDII	Intensidad de precipitación	mm
RR1	Número de días con RR ≥ 1mm	días
R10mm	Número de días con RR ≥ 10mm	días
R20mm	Número de días con RR ≥ 20mm	días
CDD	Longitud máxima de rachas secas (RR < 1mm)	días
CWD	Longitud máxima de rachas lluviosas (RR ≥ 1mm)	días
PRCPTOT	Precipitación total	mm
Comb.	Descripción	Unid.
FRD	Número de días con lluvia helada (TX<0°C y RR>0.5 mm)	días

Los indicadores extremos propuestos por el ETCCDI se refieren a extremos moderados que ocurren habitualmente varias veces al año y son utilizados frecuentemente para analizar y evaluar cambios futuros en el clima.

A modo de ejemplo, en la Figura 8 y Figura 9 se muestran los valores obtenidos para algunos de los indicadores extremos de la Tabla 2.

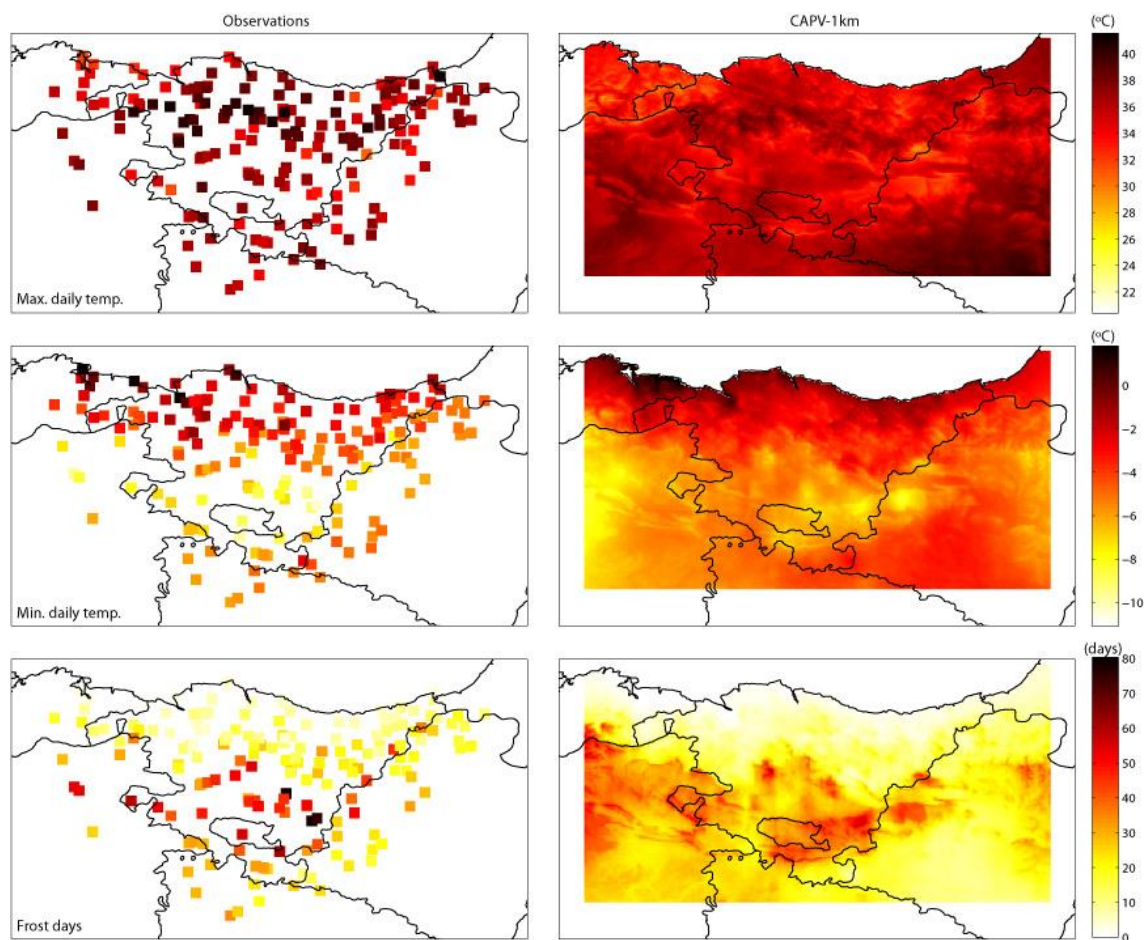


Figura 8. Ejemplos de algunos de los indicadores obtenidos a partir de la temperatura: a la izquierda, valores de las estaciones utilizadas en la interpolación; a la derecha, el resultado de la interpolación.

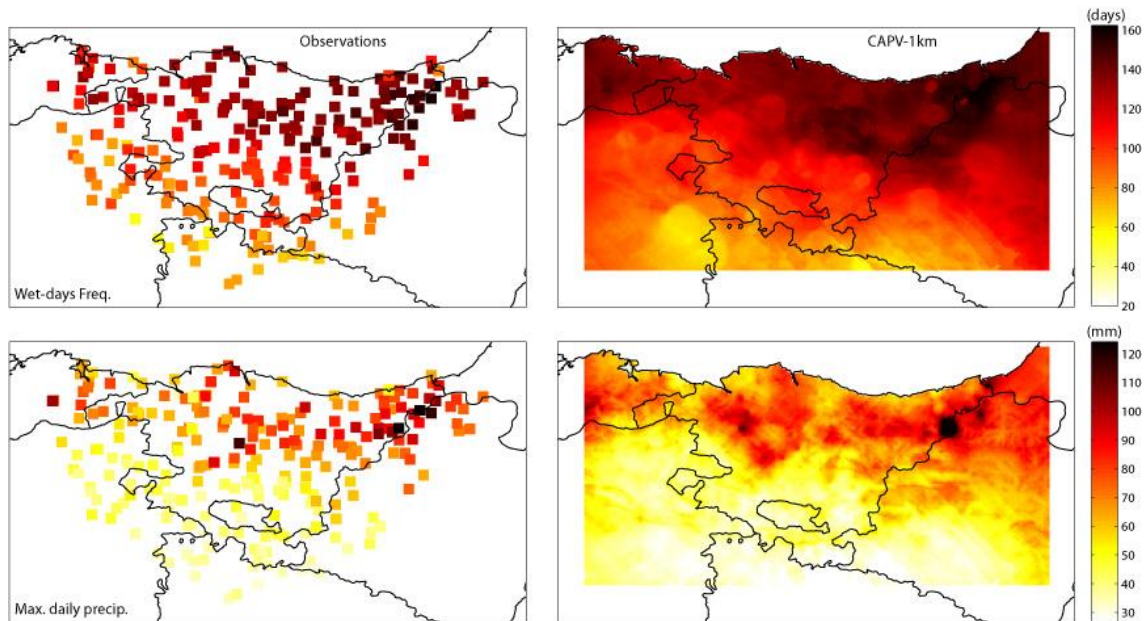


Figura 9. Ejemplos de algunos de los indicadores obtenidos a partir de la precipitación: a la izquierda, valores de las estaciones utilizadas en la interpolación; a la derecha, el resultado de la interpolación.

5. MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN

En la elaboración de los escenarios de cambio climático futuro y de las coberturas geográficas (mapas), se han utilizado los datos de temperatura y precipitación generados por los RCMs englobados en Euro-COREX a una resolución de 11^º (~12km) para todo el ámbito geográfico de la CAPV. En concreto, en el presente trabajo se consideran los experimentos *historical* (histórico), RCP4.5 y RCP8.5 (escenario de concentraciones futuras), para los modelos regionales reflejados en la Tabla 1.

Los periodos climáticos considerados han sido 1971-2000 para el histórico, y 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 para los periodos futuros correspondientes a los escenarios de concentraciones (RCP4.5 y RCP8.5). El periodo histórico se tomó como referencia para evaluar el cambio proyectado por el modelo en los tres periodos futuros considerados. Dicho cambio se obtuvo con el cálculo de las anomalías descrito a continuación.

5.1. CÁLCULO DE LAS ANOMALÍAS: MÉTODO DELTA

A pesar de los considerables avances realizados en la modelización del sistema climático y del aumento en las resoluciones espacial y temporal de los modelos regionales, éstos siguen presentando importantes sesgos. Por lo tanto, es necesario post-procesar/calibrar los datos obtenidos por los RCMs para poder ser utilizados por la comunidad de impactos.

En los últimos años se han propuesto diferentes métodos, tanto empíricos (p.e. qq-mapping, rescalado, etc.) como paramétricos (p.e. Piani), para calibrar los modelos. Un método sencillo y habitualmente utilizado es el denominado "método delta" (ver p.e. Zahn y von Storch, 2010), el cual parte de la hipótesis de que la señal de cambio se manifiesta por un "salto" en la media, preservando la distribución observada en tiempo presente. De este modo, el método delta obtiene las diferencias, positivas (incrementos) o negativas (decrementos), de escenarios futuros en determinados periodos (p.e. 2071-2100) respecto al periodo de control (p.e. 1971-2000), simulados por un mismo modelo (p.e. diferencia entre el clima futuro RCP8.5 y el histórico). La climatología futura proyectada se obtiene finalmente a partir del clima base y la señal de cambio, tal y como se observa en el ejemplo siguiente:

Ejemplo del "método delta":

$$\begin{aligned} \text{Proy}_{2071-2100} &= \text{Clima}_{1971-2000} + \text{Delta}_{2071-2100} \\ \text{Proy}_{2071-2100} &= \text{Clima}_{1971-2000} + (\text{RCP}_{2071-2100} - \text{Historical}_{1971-2000}) \end{aligned}$$

En este ejemplo, para obtener la proyección futura del periodo 2071-2100 ($\text{Proy}_{2071-2100}$), se aplica, sobre el clima observado del periodo 1971-2000 (" $\text{Clima}_{1971-2000}$ "), la señal de cambio correspondiente al periodo 2071-2100 que es representada por " $\text{Delta}_{2071-2100}$ ". Esta señal de cambio (" $\text{Delta}_{2071-2100}$ ") se calcula como la diferencia entre el futuro y el histórico simulados por un mismo modelo regional (" $\text{RCP}_{2071-2100}$ " y " $\text{Historical}_{1971-2000}$ ", respectivamente).

Por un lado, es importante notar que el método asume que los sesgos desaparecen al considerar estas diferencias (o "deltas"), es decir, son lineales. Esta hipótesis es aproximada, ya que los sesgos de los modelos habitualmente están afectados por procesos e interacciones no

lineales. Sin embargo, supone una alternativa práctica a la validación/calibración de los RCMs cuando no se dispone de series de observaciones diarias.

Por otro lado, es importante notar que el método delta se aplica a escala climatológica, obteniendo los valores climatológicos para los parámetros e indicadores de interés en un periodo concreto (p.e. 2071-2100). Es decir, los datos diarios simulados quedan sintetizados en parámetros e indicadores que representan, no ya el dato diario, sino la totalidad de un periodo (p.e., 30 años) y se pueden calcular diferencias de dichos indicadores simulados entre distintos periodos (deltas); así mismo, dichas diferencias se pueden aplicar sobre indicadores calculados de forma análoga sobre datos observados.

Este proceso se ilustra en la Figura 10, que muestra de forma esquemática los pasos seguidos en el cómputo de los incrementos (o "deltas") para un escenario futuro de cambio climático (RCP4.5), sobre un periodo de control (1971-2000). Los incrementos obtenidos de este modo a partir de los modelos regionales de Euro-CORDEX (~12km), son añadidos posteriormente a la climatología base de referencia (~1km) para obtener así los valores proyectados para el clima futuro a la resolución objetivo (~1km), como se muestra en el ejemplo anterior.

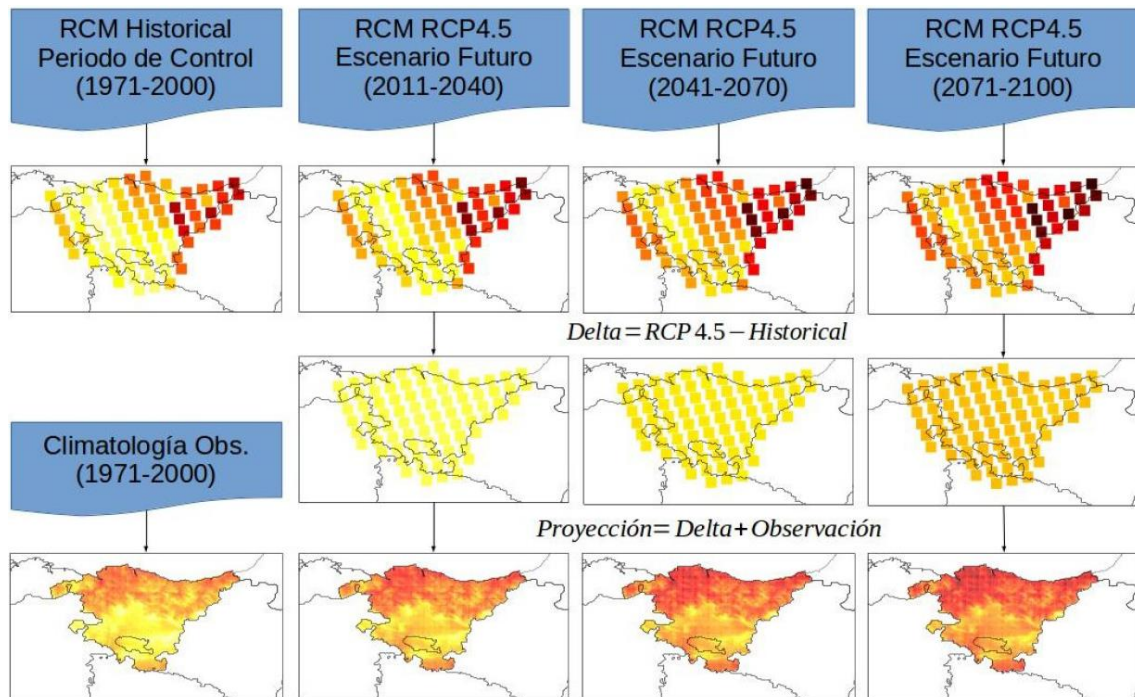


Figura 10. Esquema con los diferentes pasos que intervienen en el "método delta" aplicado para obtener proyecciones climáticas de la CAPV de alta resolución espacial (1km x 1km).

En el presente trabajo, se aplica el método delta, computando las anomalías o deltas proyectados por los diferentes RCMs para los periodos futuros 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, correspondientes a los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, respecto al periodo de control 1971-2000 correspondiente al experimento histórico.

6. PROYECCIONES PARA LA CAPV

Para evaluar apropiadamente tanto el cambio proyectado para las diferentes variables consideradas, como la incertidumbre asociada a ese cambio debida a la consideración de diferentes RCMs y escenarios dividiremos el análisis en dos partes. Inicialmente, analizaremos mediante gráficos de “spread”, o “plumas”, la evolución del promedio espacial sobre toda la CAPV definida por todo el *ensemble* o conjunto de RCMs. A continuación, pasaremos a analizar el patrón espacial del cambio para cada uno de los periodos considerados mediante mapas de climatologías y deltas (o cambios respecto al periodo de referencia 1971-2000).

En la Figura 11 se aprecia la evolución de la anomalía respecto al periodo de referencia (1971-2000) del promedio espacial de las variables de interés. Una primera conclusión que surge de dicha gráfica es que la media (líneas negras) y variabilidad de los modelos (sombras grises) reproducen adecuadamente la evolución de las observaciones (línea roja) en el periodo de referencia. Por otro lado, la dispersión, dada por la superficie de la sombra, del escenario RCP8.5 (gris claro) es mucho mayor que la asociada al escenario RCP4.5 (gris oscuro), sugiriendo una mayor incertidumbre respecto a la magnitud del cambio proyectado. Finalmente, si bien en el caso de las temperaturas la tendencia es claramente positiva desde el momento actual, la precipitación únicamente muestra una tendencia negativa, más o menos, clara al final del siglo XXI.

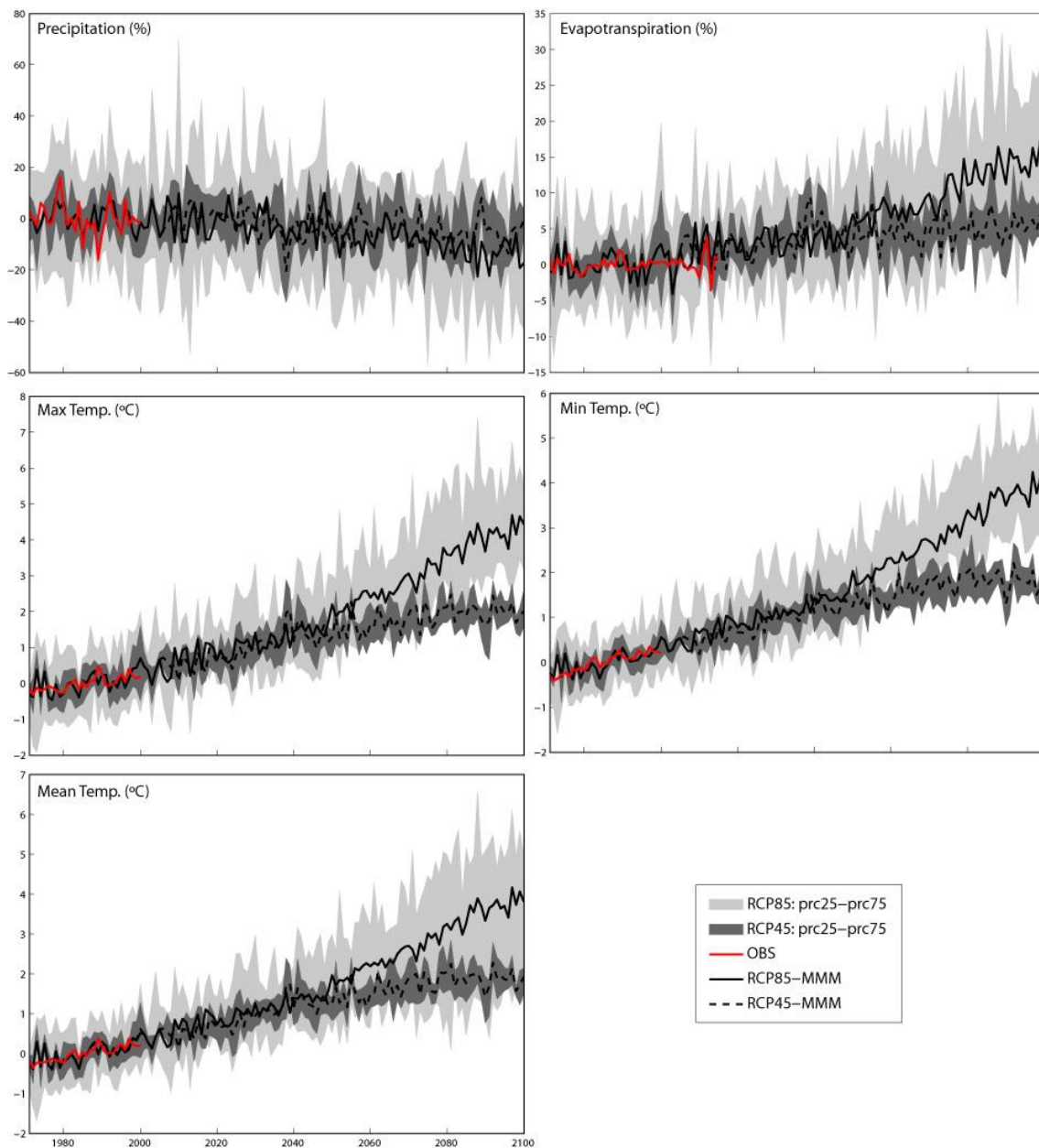


Figura 11. Anomalía del promedio espacial. Línea roja: media de observaciones; línea negra discontinua: media de proyecciones para RCP4.5; línea negra continua: media de proyecciones para RCP8.5; sombreado gris oscuro: dispersión del escenario RCP4.5; sombreado gris claro; dispersión del escenario RCP8.5.

En cuanto a la magnitud del cambio, en el caso de la precipitación, se esperaría, en promedio, un descenso en torno a un 15% de la precipitación anual para finales de siglo, mientras que en el caso de las temperaturas el aumento oscilaría, dependiendo del escenario y modelo, entre los 1.5°C y los 5°C. El aumento de las temperaturas llevaría asociado, en base al cálculo de la evapotranspiración, un aumento de la ET_0 .

Si se analizan las proyecciones de los diferentes indicadores de precipitación y temperatura definidos en la Tabla 2 y mostradas gráficamente (Figura 12, Figura 13, Figura 14 y Figura 15), se ve que a lo largo del siglo XXI tenderían a reducirse los días con precipitaciones bajas, moderadas o intensas ($rr1$, $r10$ y $r20$), mientras que aumentaría la intensidad de los días con precipitación ($sdii$) y levemente el máximo diario ($rx1day$). De ambos resultados se infiere que

en el futuro cabría esperar menos episodios de precipitación, pero con precipitaciones más intensas, seguidos de largos periodos de sequía (cdd).

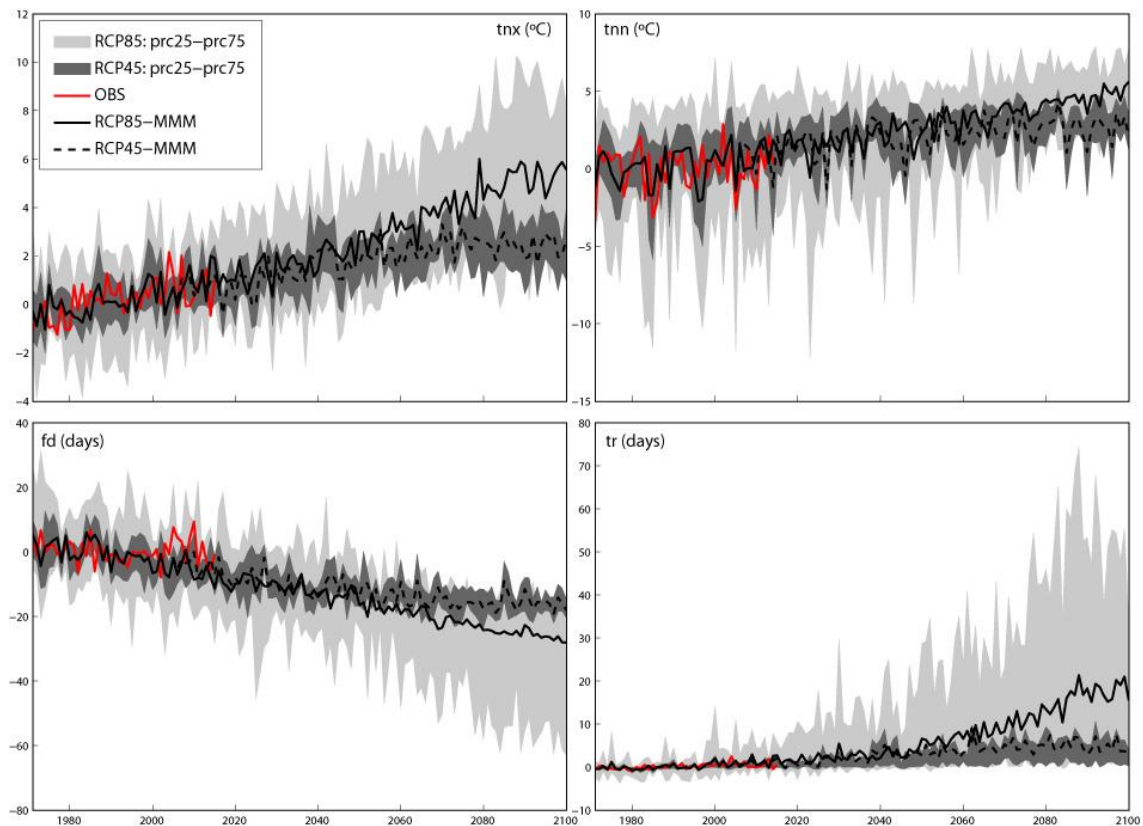


Figura 12. Indicadores de temperatura mínima.

En lo que respecta a las temperaturas, la tendencia positiva proyectada da lugar a los resultados obtenidos para los diferentes indicadores. En particular, los índices asociados con días de temperaturas bajas tenderían a disminuir, mientras que los indicadores relacionados con altas temperaturas tenderían a incrementar su valor. De este modo, disminuirían los índices id, fd y ftd, relacionados con días en que la temperatura máxima o mínima es menor que 0°C, o se cruza ese umbral, respectivamente, mientras que aumentarían los indicadores su, su35 y tr, asociados a días y noches cálidos, y olas de calor.

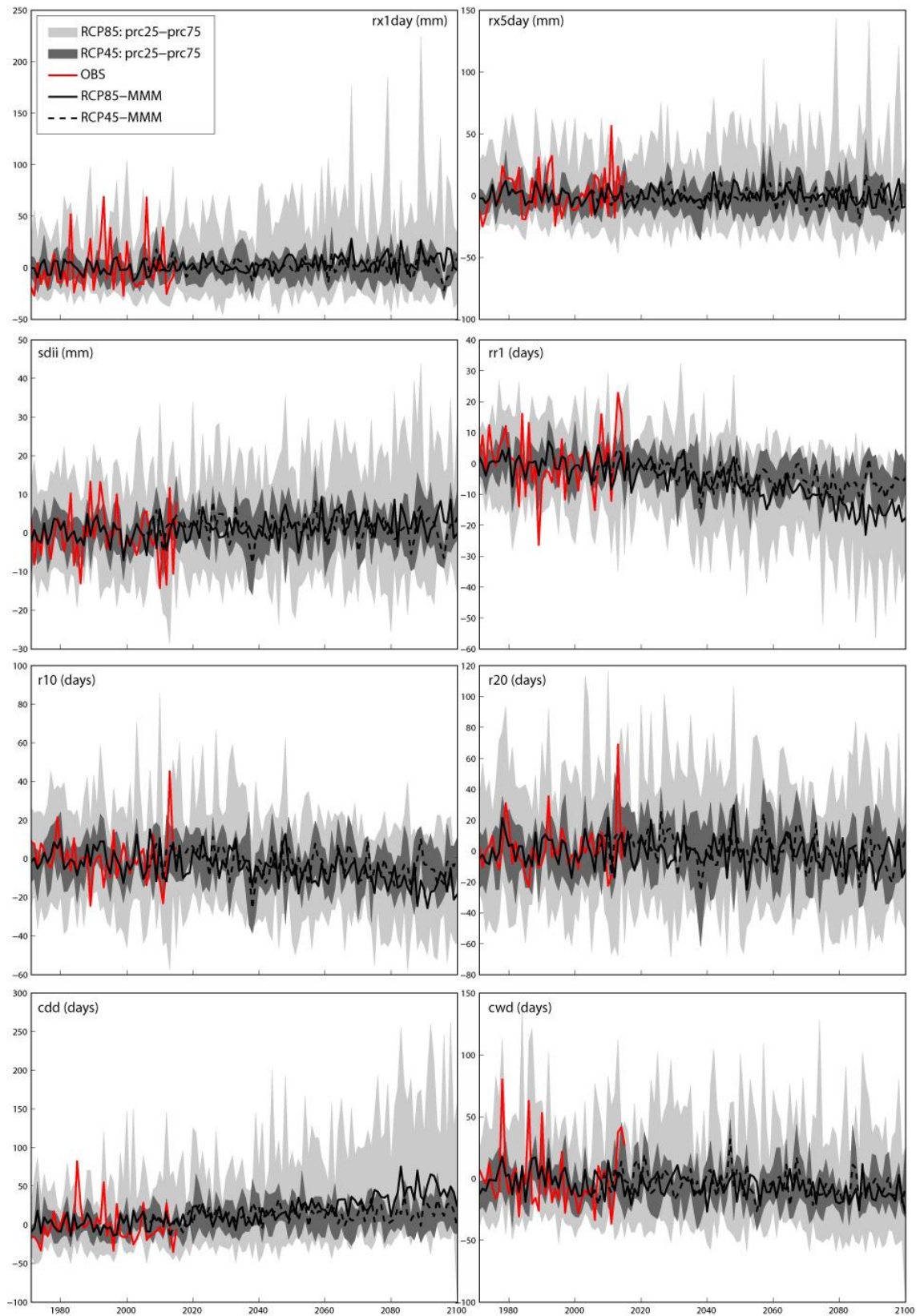


Figura 13. Indicadores de precipitación.

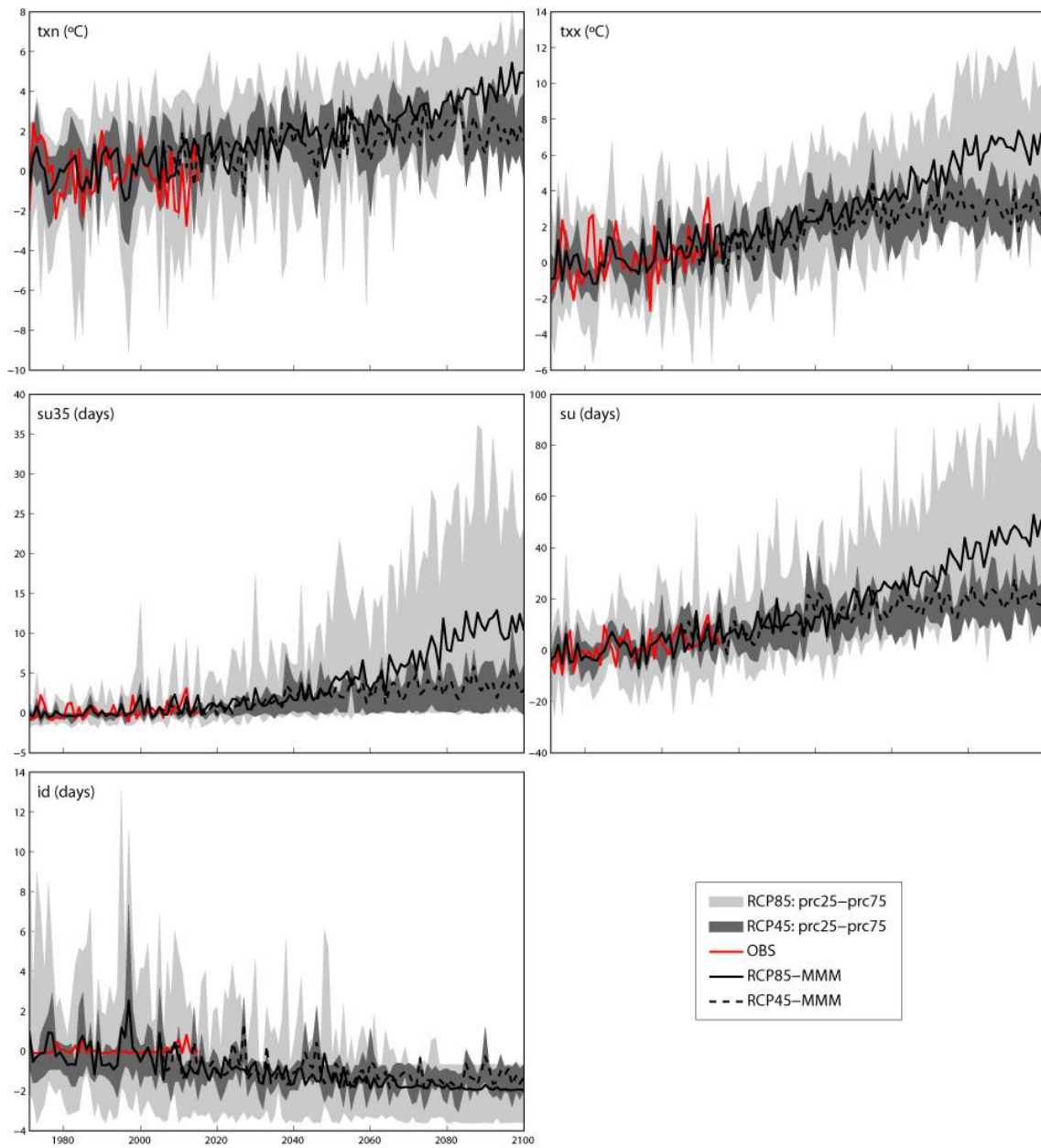


Figura 14. Indicadores de temperatura máxima.

En lo que se refiere a los índices de la Figura 15, incrementaría levemente el rango diario de temperaturas (dtr) asociado a un mayor aumento en la temperatura máxima que en la mínima. También aumentaría la longitud de la estación de crecimiento (gsl), que se asocia al incremento en la temperatura media, que daría lugar a un mayor número de días con temperaturas medias moderadas. Finalmente, descendería el índice frd asociado a días con precipitaciones suaves y temperaturas máximas negativas, debido al descenso en la frecuencia de días de precipitación (rr1) y al incremento de la temperatura máxima.

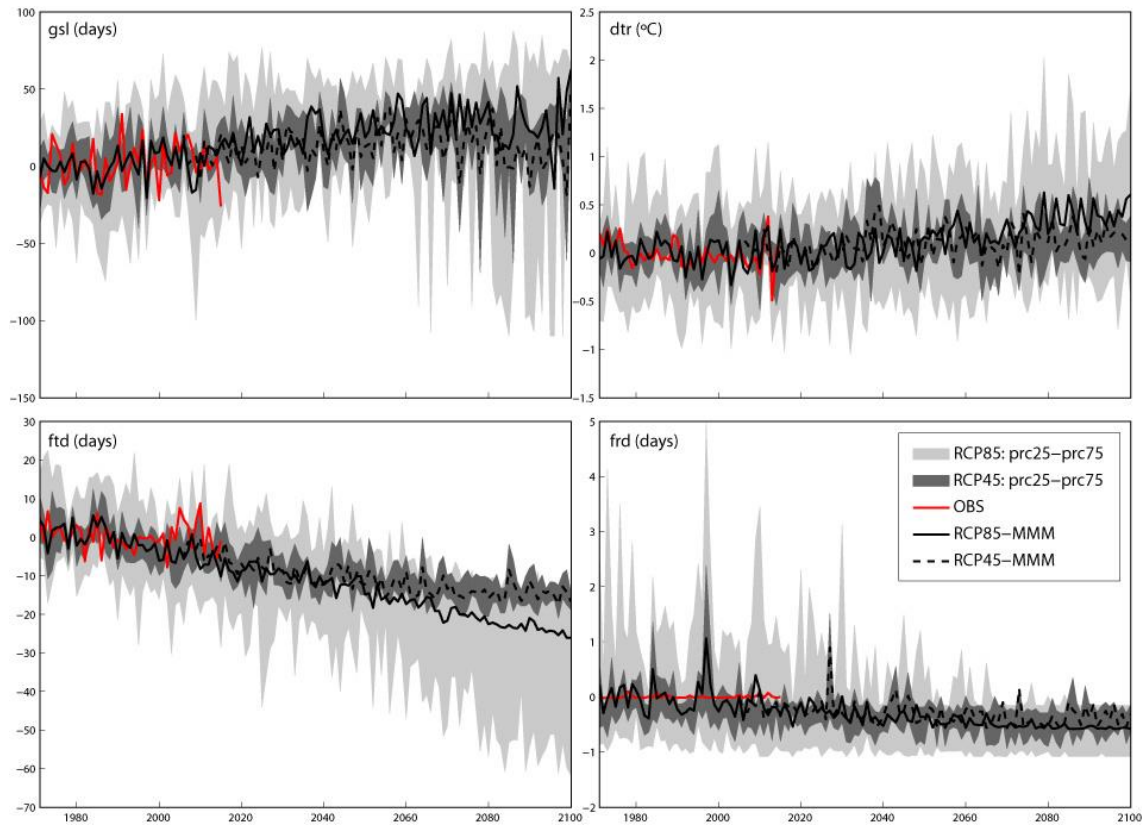


Figura 15. Indicadores de temperatura media y combinaciones.

6.1. RESULTADOS DE PRECIPITACIÓN

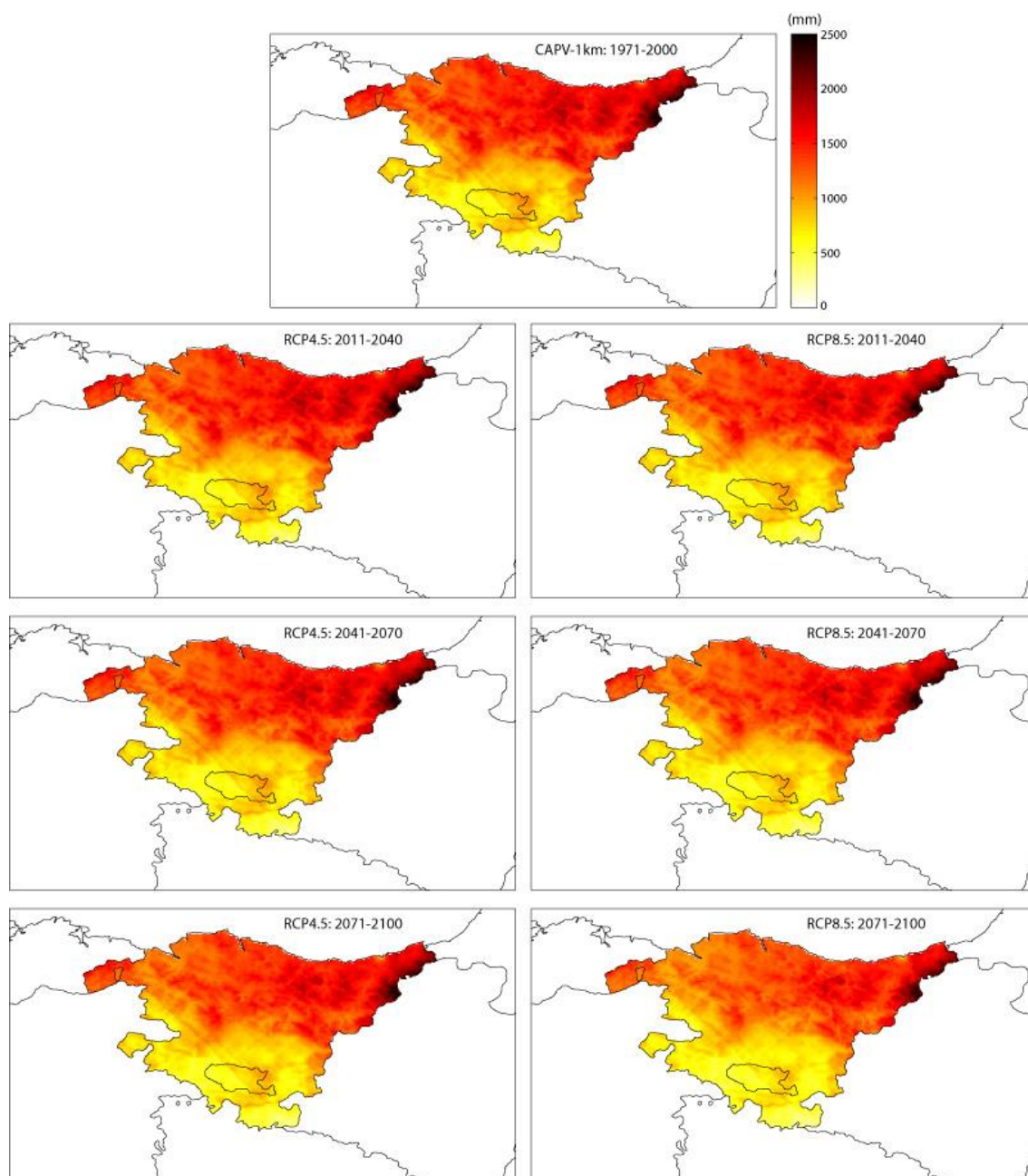


Figura 16. Precipitación anual: climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 1) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

Como se ha reflejado en la Figura 11, el cambio proyectado para la precipitación sería muy leve hasta el último periodo, en el cual el escenario RCP8.5 reflejaría el mayor descenso alcanzando un 10-20% aproximadamente. Este resultado se vería también reflejado en la Figura 16 en la que los cambios en las climatologías son apenas apreciables.

Si representamos el porcentaje de cambio (Figura 17), se observa que el cambio promedio sería inferior al 5%, salvo en el último periodo que oscilaría entre el 10% y el 15%, dependiendo del escenario. El patrón en la CAPV sería, más o menos, común en todos los periodos y escenarios con la región noreste sufriendo cambios menores que el resto.

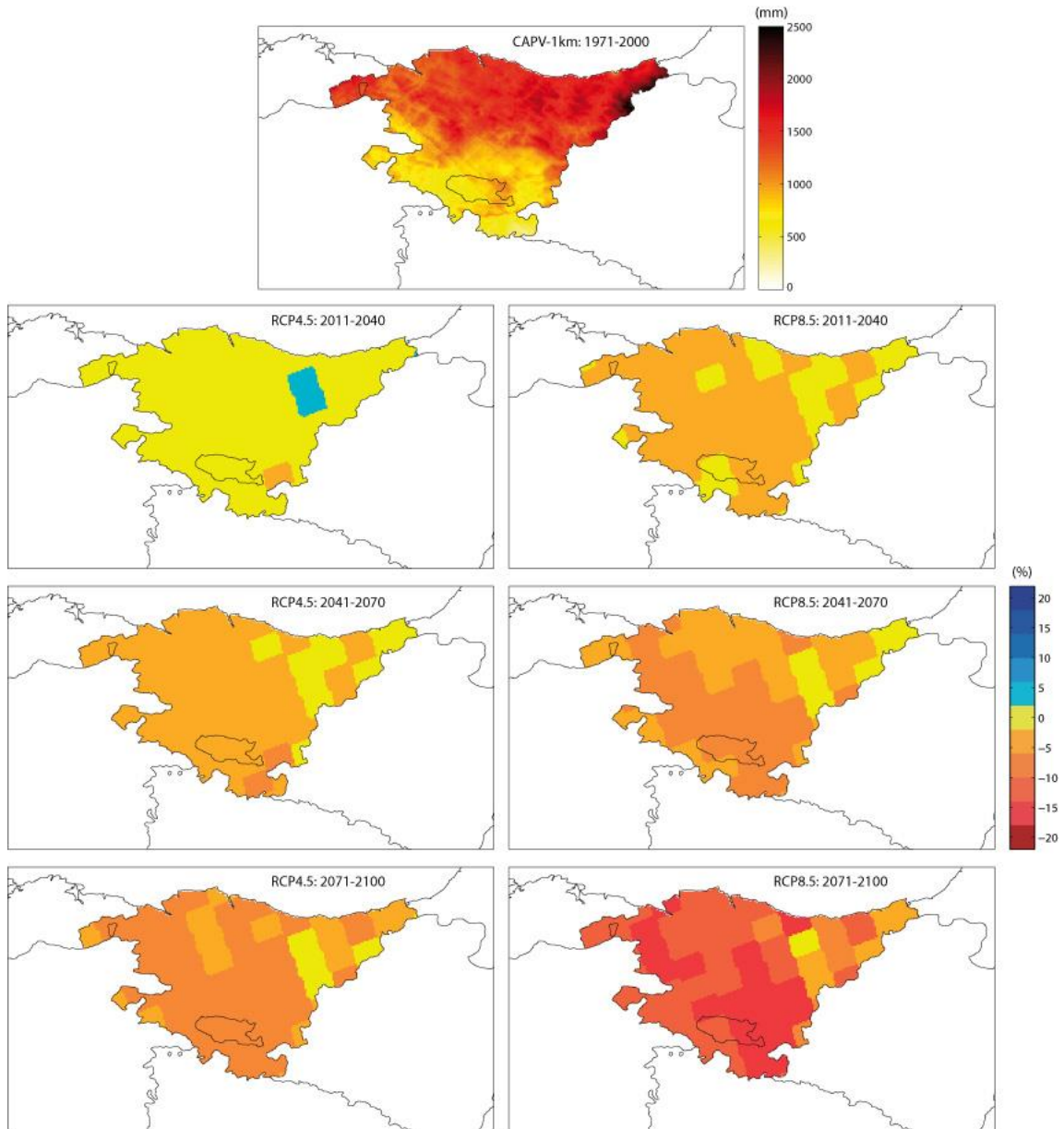


Figura 17. Deltas para la precipitación anual: proyecciones de los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 1) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100. NOTA: En este caso, las precipitaciones proyectadas están representadas como porcentaje de incremento (+) o descenso (-) respecto a la precipitación histórica.

6.2. RESULTADOS DE TEMPERATURA MEDIA

En el caso de las temperaturas, la Figura 11 reflejaría una clara tendencia positiva a lo largo de todo el periodo de estudio, el cual se manifestaría también a nivel espacial. A modo de ejemplo, vemos tanto en las climatologías como en las deltas (Figura 18 y Figura 19) cómo la anomalía respecto a la climatología presente aumentaría a medida que avanzamos en el siglo.

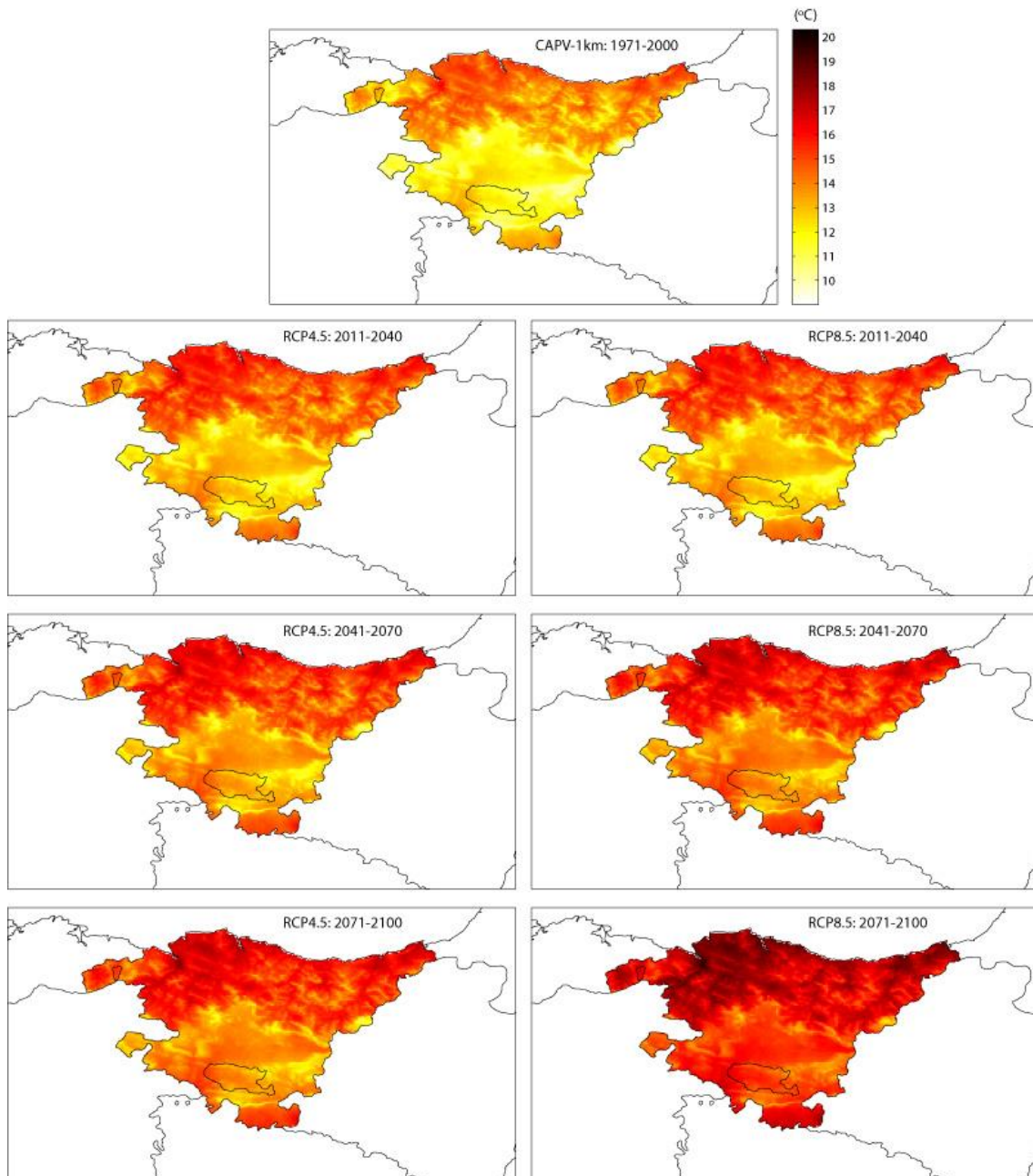


Figura 18. Temperatura media: climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 1) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

Si bien en las climatologías (Figura 18) se aprecia el incremento, en las deltas (Figura 19) se puede analizar si este incremento es homogéneo espacialmente o no. En el caso de las

temperaturas, el patrón de cambio sería muy homogéneo en toda la región, con un incremento levemente menor en la costa que en el interior.

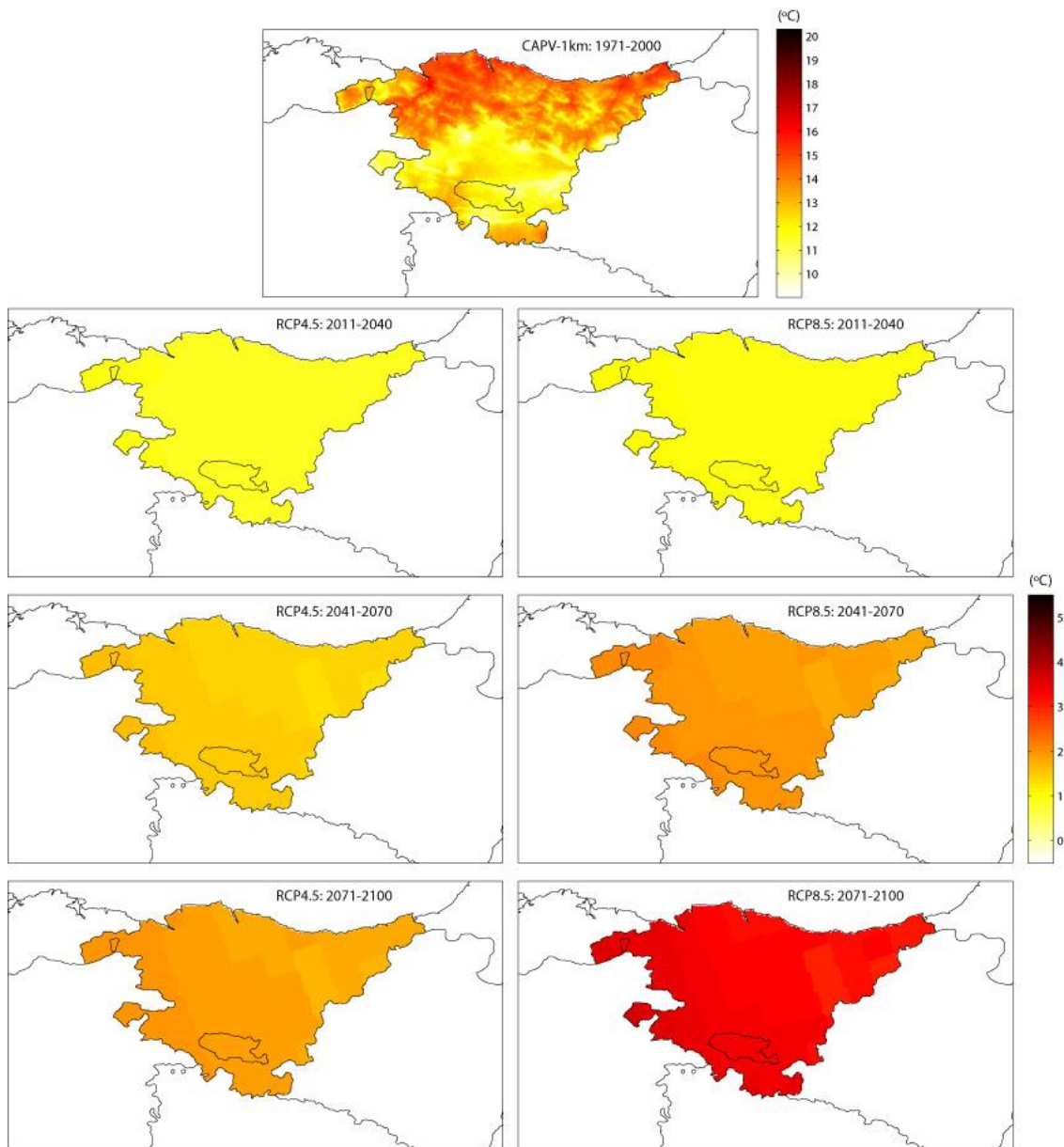


Figura 19. Deltas para la temperatura media: proyecciones de los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 1) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100. NOTA: En este caso, las temperaturas proyectadas están representadas como grados Celsius de incremento (+) respecto a la temperatura histórica.

6.3. RESULTADOS DE TEMPERATURAS MÁXIMA Y MÍNIMA

Los resultados reflejados para la temperatura media se extienden a la temperatura máxima y mínima, como puede apreciarse en la Figura 20, Figura 21, Figura 22 y Figura 23.

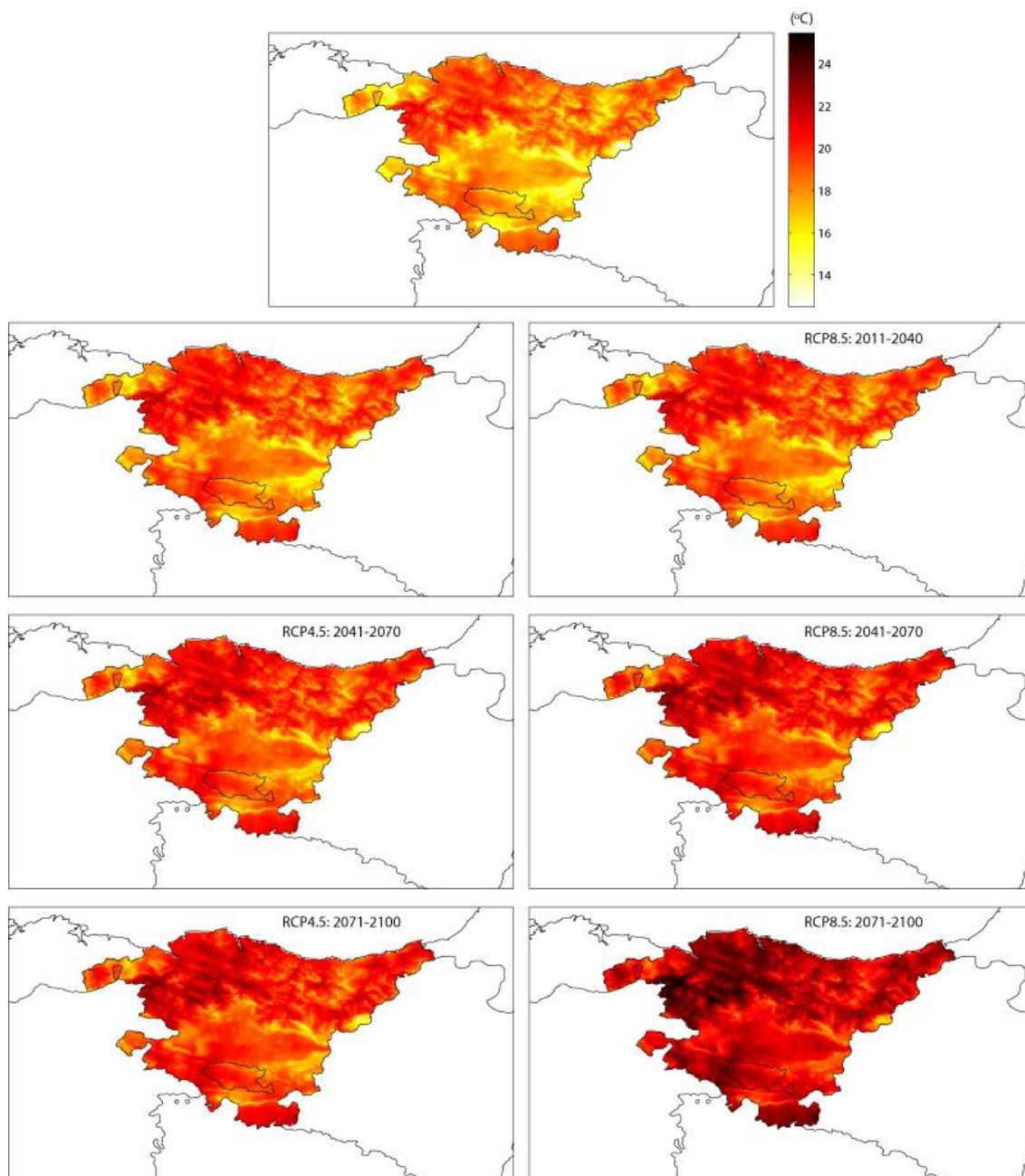


Figura 20. Temperatura máxima: climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 1) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

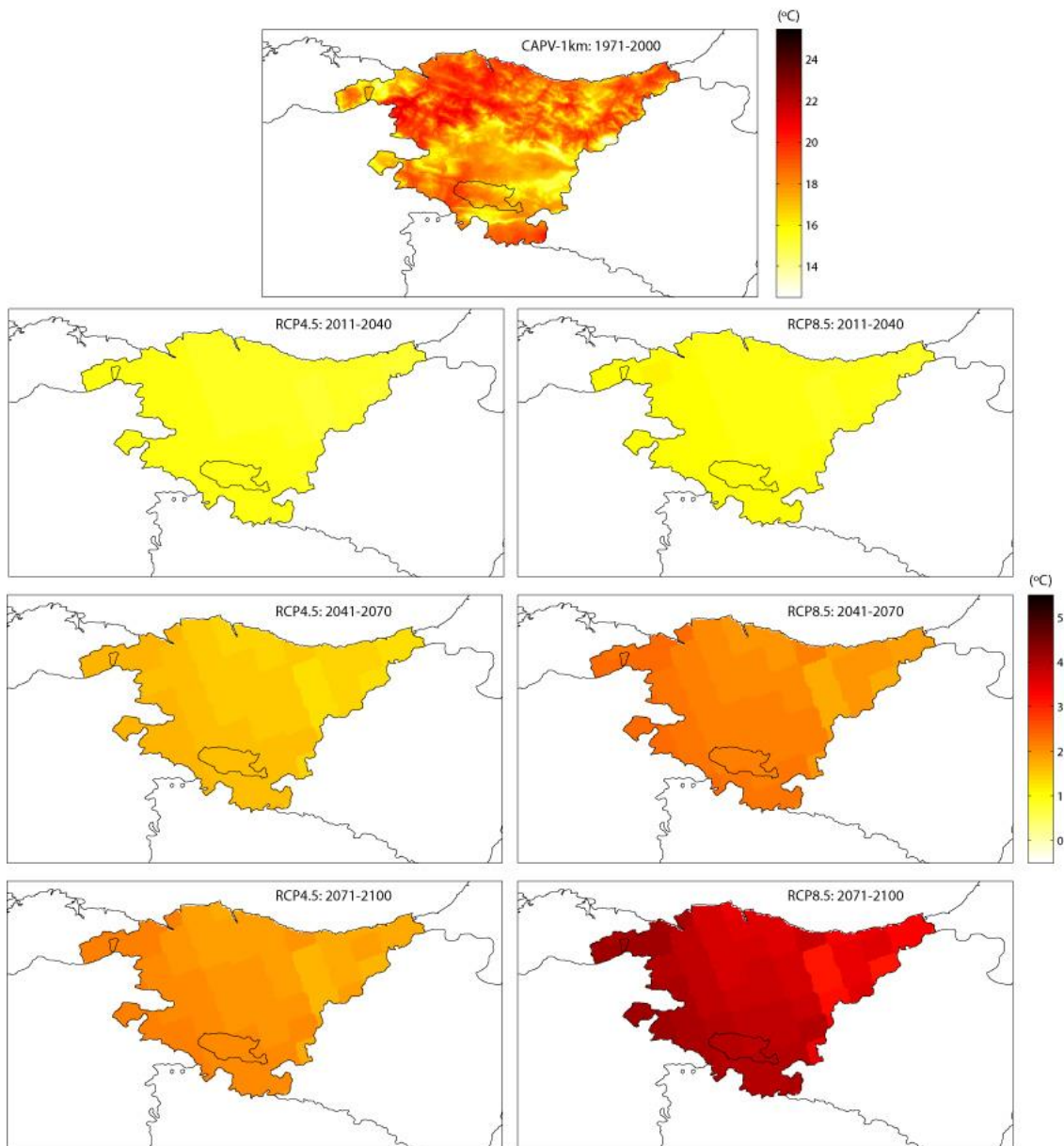


Figura 21. Deltas para la temperatura máxima: proyecciones de los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 1) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100. NOTA: En este caso, las temperaturas proyectadas están representadas como grados Celsius de incremento (+) respecto a la temperatura histórica.

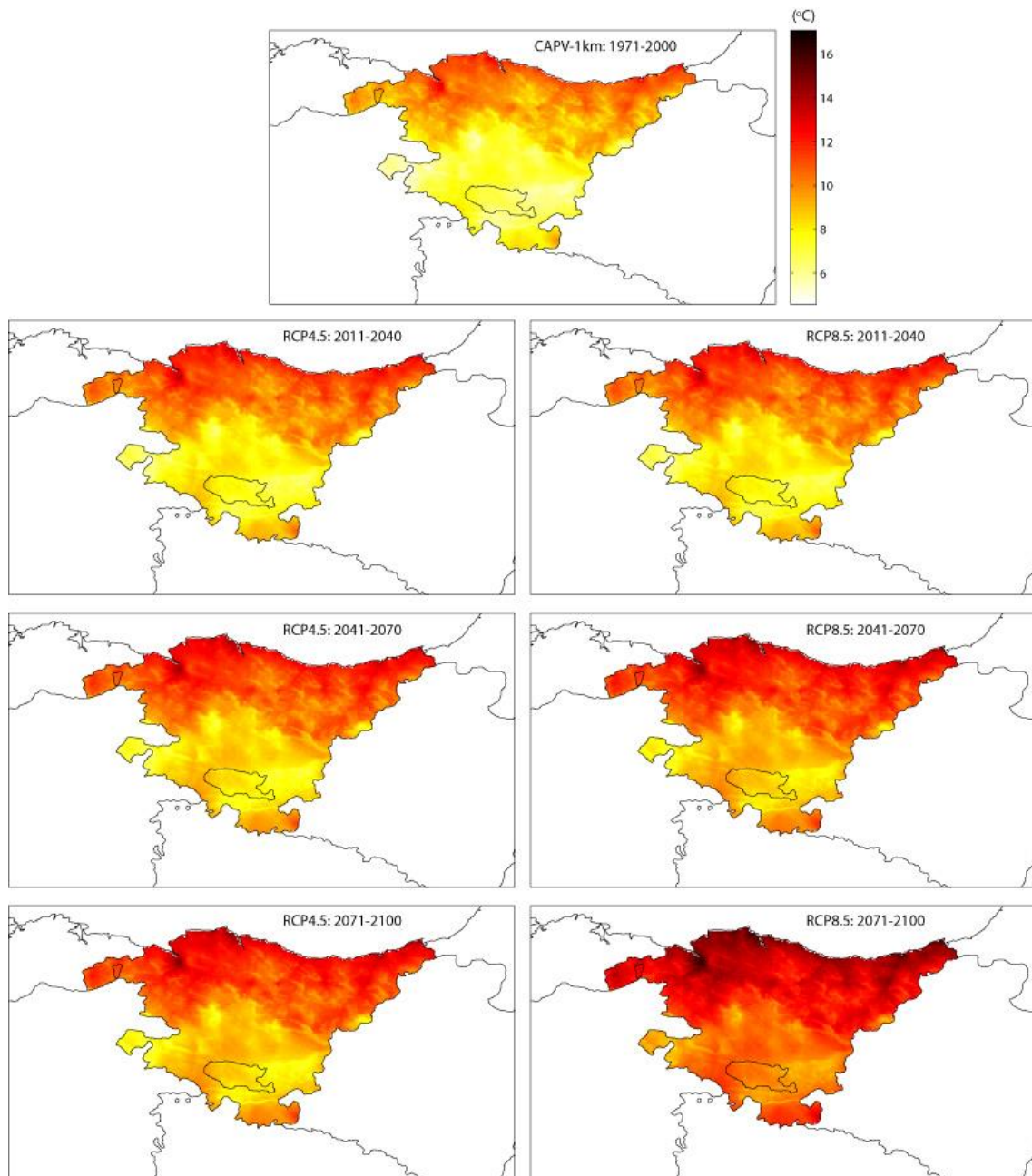


Figura 22. Temperatura mínima: climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 1) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

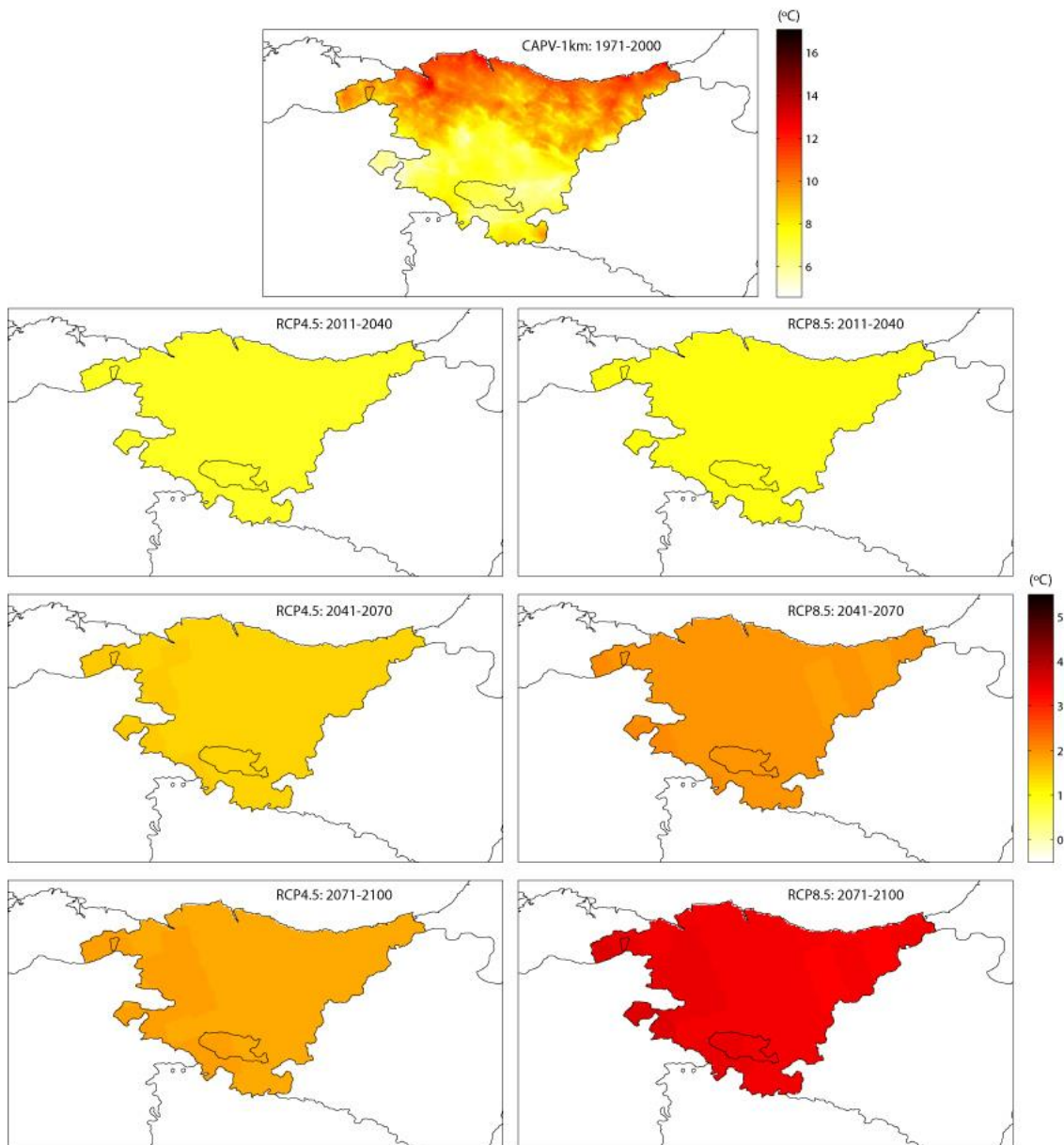


Figura 23. Deltas para la temperatura mínima: proyecciones de los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 1) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100. NOTA: En este caso, las temperaturas proyectadas están representadas como grados Celsius de incremento (+) respecto a la temperatura histórica.

6.4. RESULTADOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración de referencia (ET_0) obtuvo a partir de los valores de temperatura máxima y mínima. Por lo tanto, al igual que ocurriera con la evolución de la anomalía, cabría esperar un incremento en la ET_0 a lo largo del siglo, tal y como se refleja en la Figura 24.

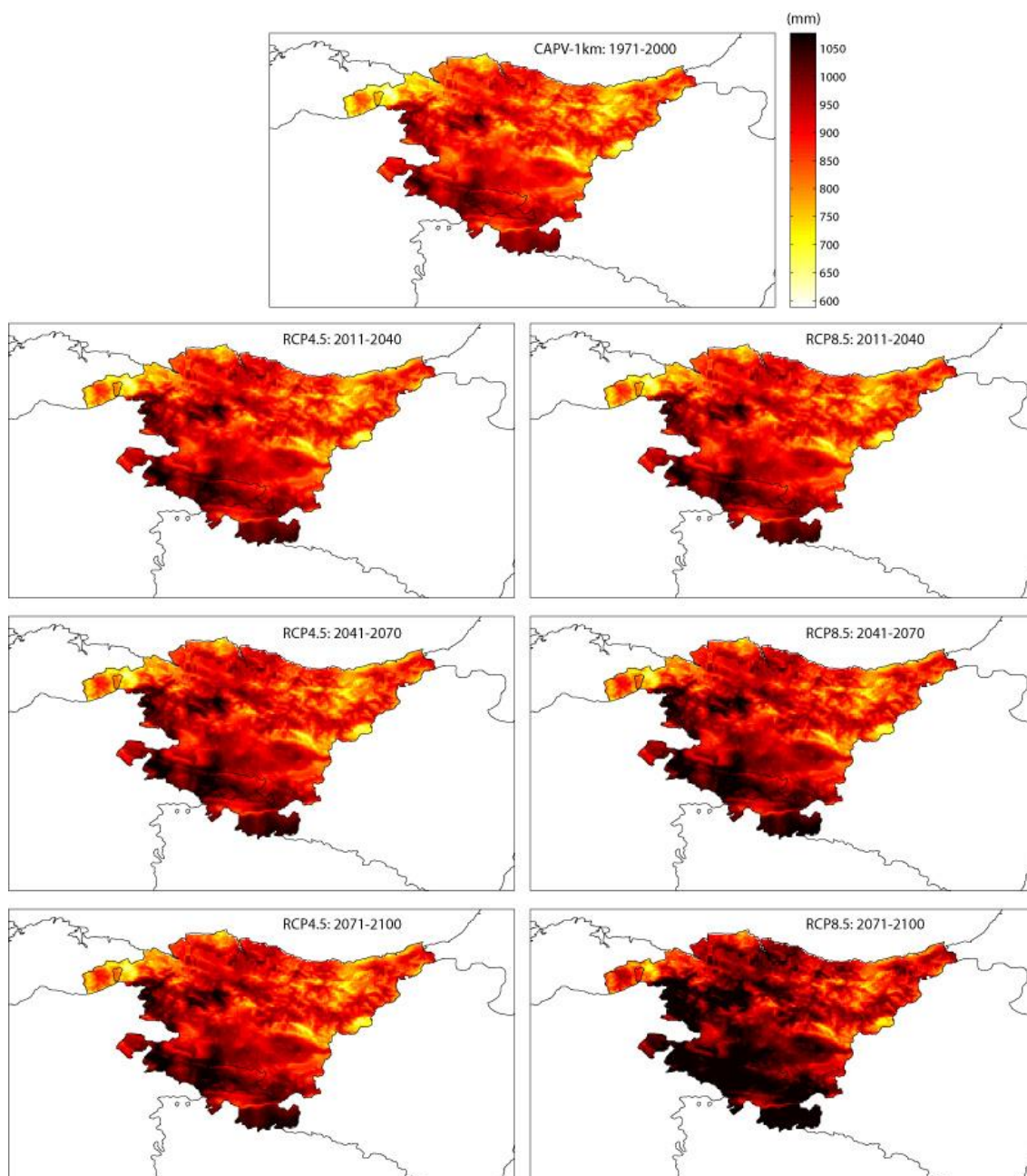


Figura 24. Evapotranspiración de referencia (ET_0): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 1) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

Este incremento sería más pronunciado a finales de siglo y para el escenario RCP8.5, como se ve mas claramente en la Figura 25, la cual reflejaría un patrón de cambio con un claro gradiente descendente suroeste-noreste.

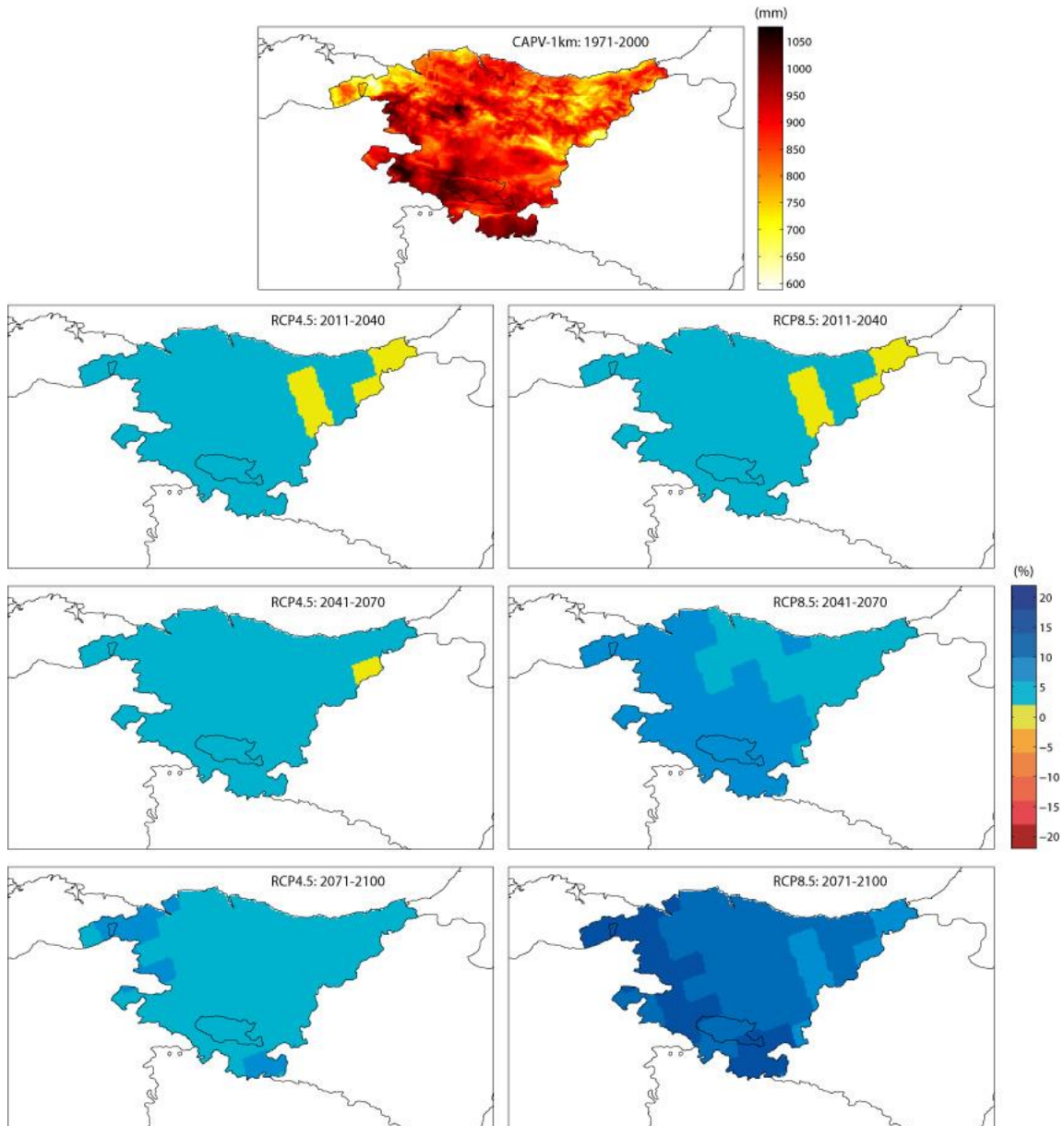


Figura 25. Deltas para la evapotranspiración de referencia (ET0): proyecciones de los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 1) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100. NOTA: En este caso, la evapotranspiración proyectada está representada como porcentaje de incremento (+) o descenso (-) respecto a la evapotranspiración histórica.

6.5. RESULTADO DE INDICADORES

Los resultados de los indicadores de la Tabla 2 se presentan visualmente en las figuras siguientes.

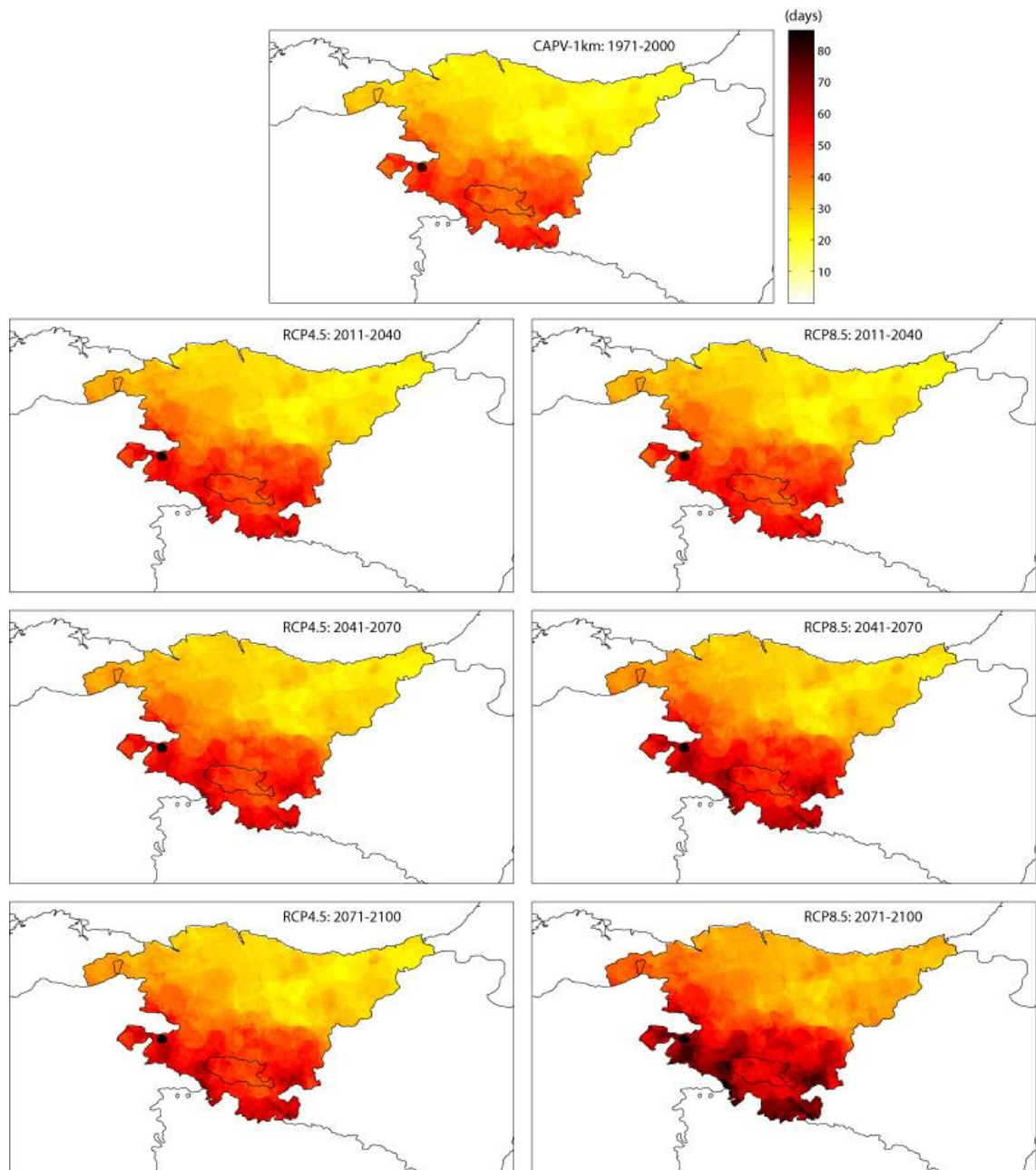


Figura 26. Índice de días secos consecutivos (CDD): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

En la Figura 26 se observa un incremento del número de días secos consecutivos a medida que avanza el siglo XXI y, en mayor grado, en el escenario RCP8.5. Por el contrario, en la Figura 27, se aprecia el descenso de los días de lluvia consecutivos.

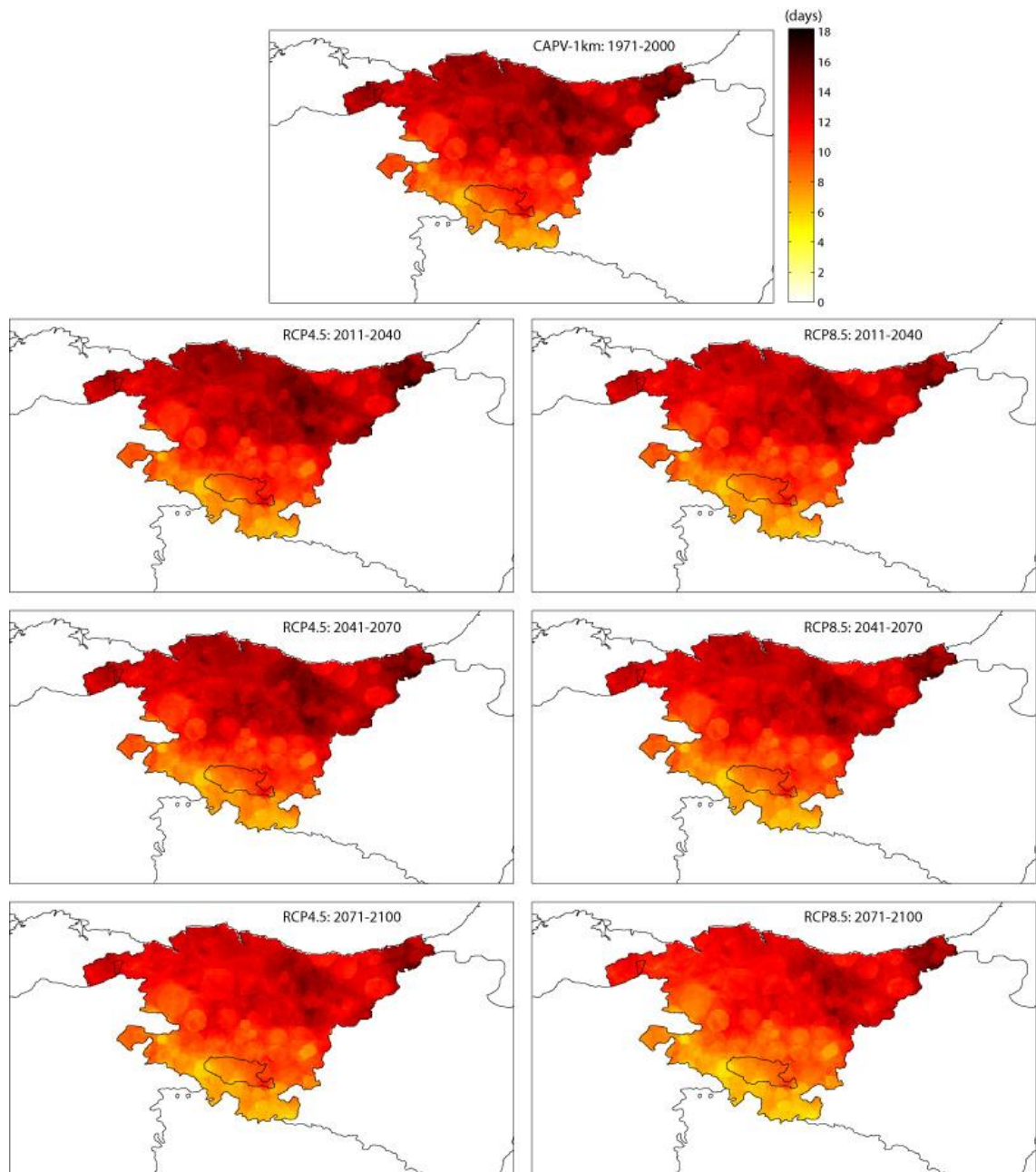


Figura 27. Índice de días de lluvia consecutivos (CWD): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

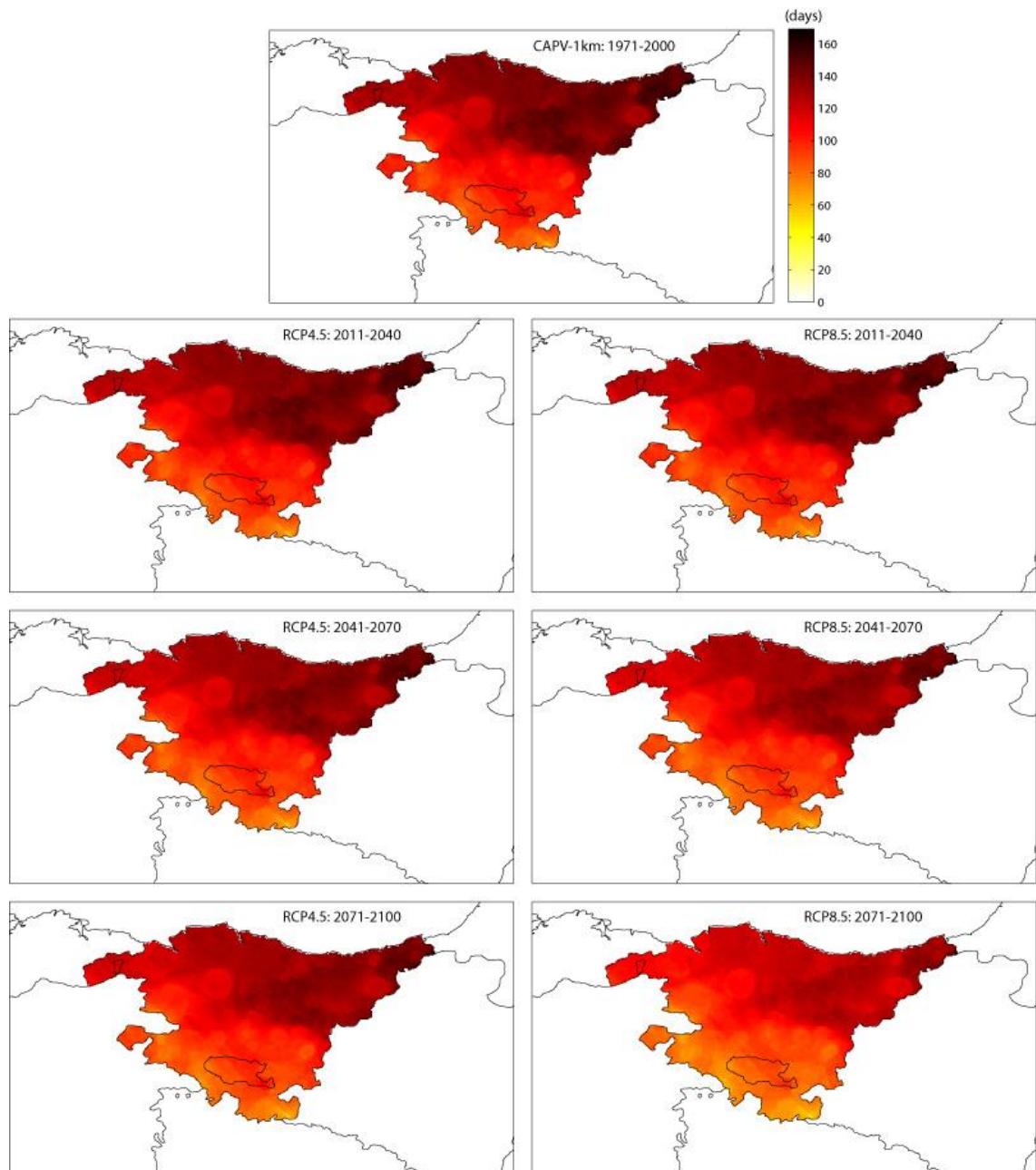


Figura 28. Índice de frecuencia de días de lluvia (RR1): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

En el futuro se esperaría un descenso del número de días húmedos (con precipitación ≥ 1 mm) a medida que avanza el siglo XXI y más acusado en el escenario RCP8.5 (ver la Figura 28). Si se observan la Figura 28, la Figura 29 y la Figura 30, se aprecia que a lo largo del siglo XXI tenderían a reducirse los días con precipitaciones bajas, moderadas o intensas (rr_1 , r_{10} y r_{20}), mientras que aumentaría la intensidad de los días con precipitación (s_{dii}) (Figura 31) y levemente el máximo diario (rx_{1day} y rx_{5days}) (Figura 32 y Figura 33). De ambos resultados se infiere que en el futuro cabría esperar menos episodios de precipitación, pero con precipitaciones más intensas, seguidos de largos periodos de sequía (cdd) (Figura 26).

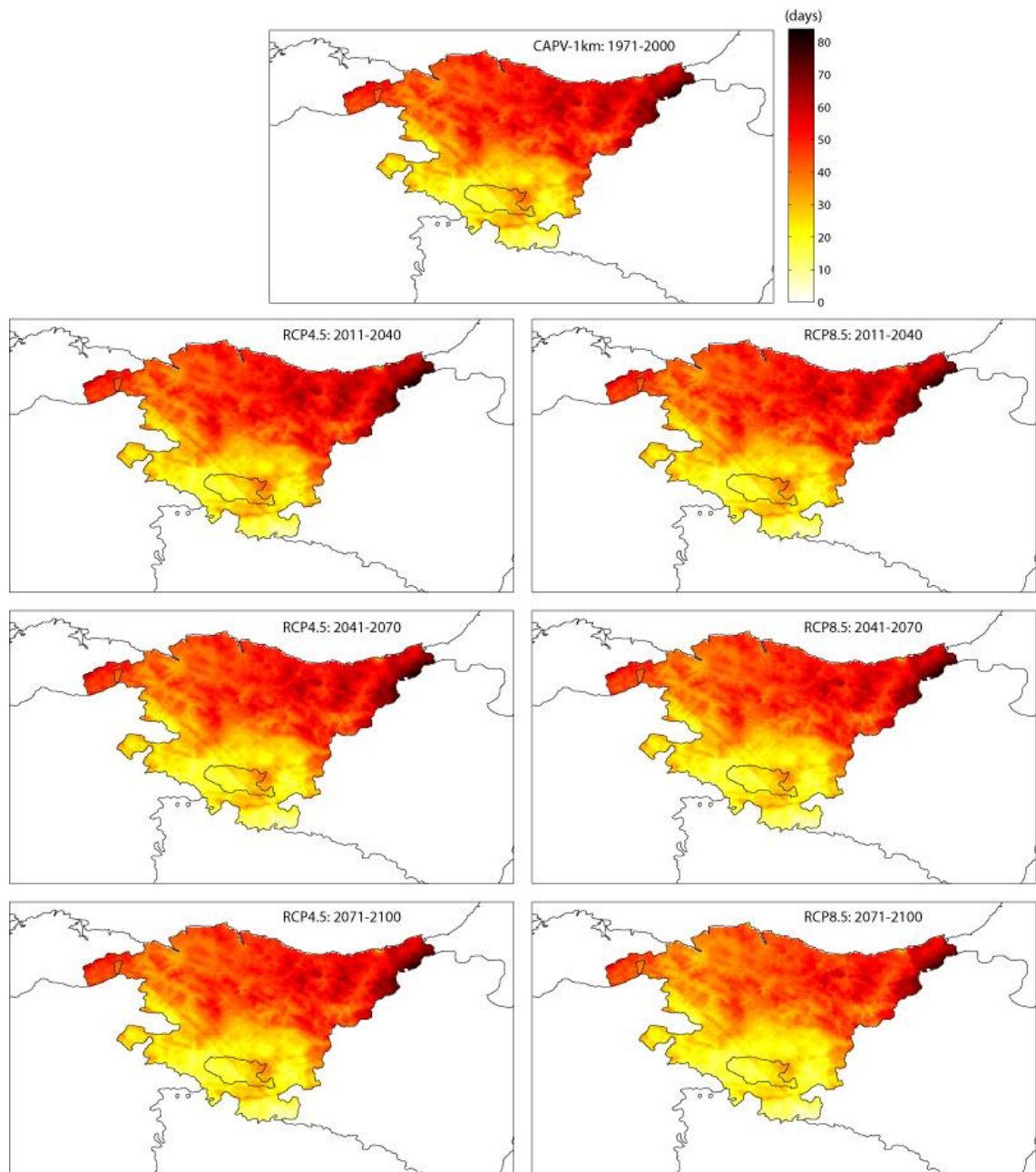


Figura 29. Índice de frecuencia de días de lluvia moderada (R10): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

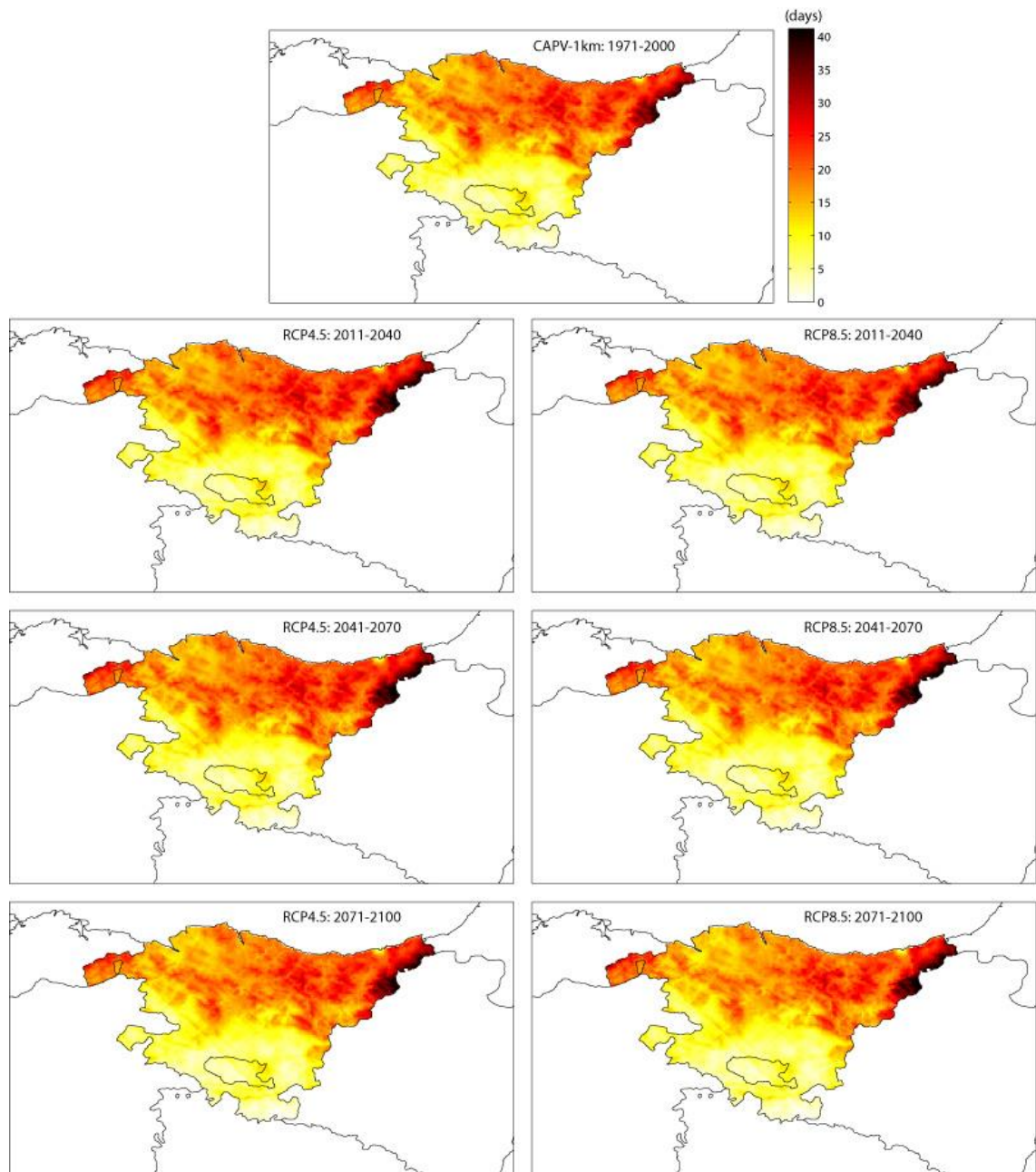


Figura 30. Índice de frecuencia de días de lluvia intensa (R20): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

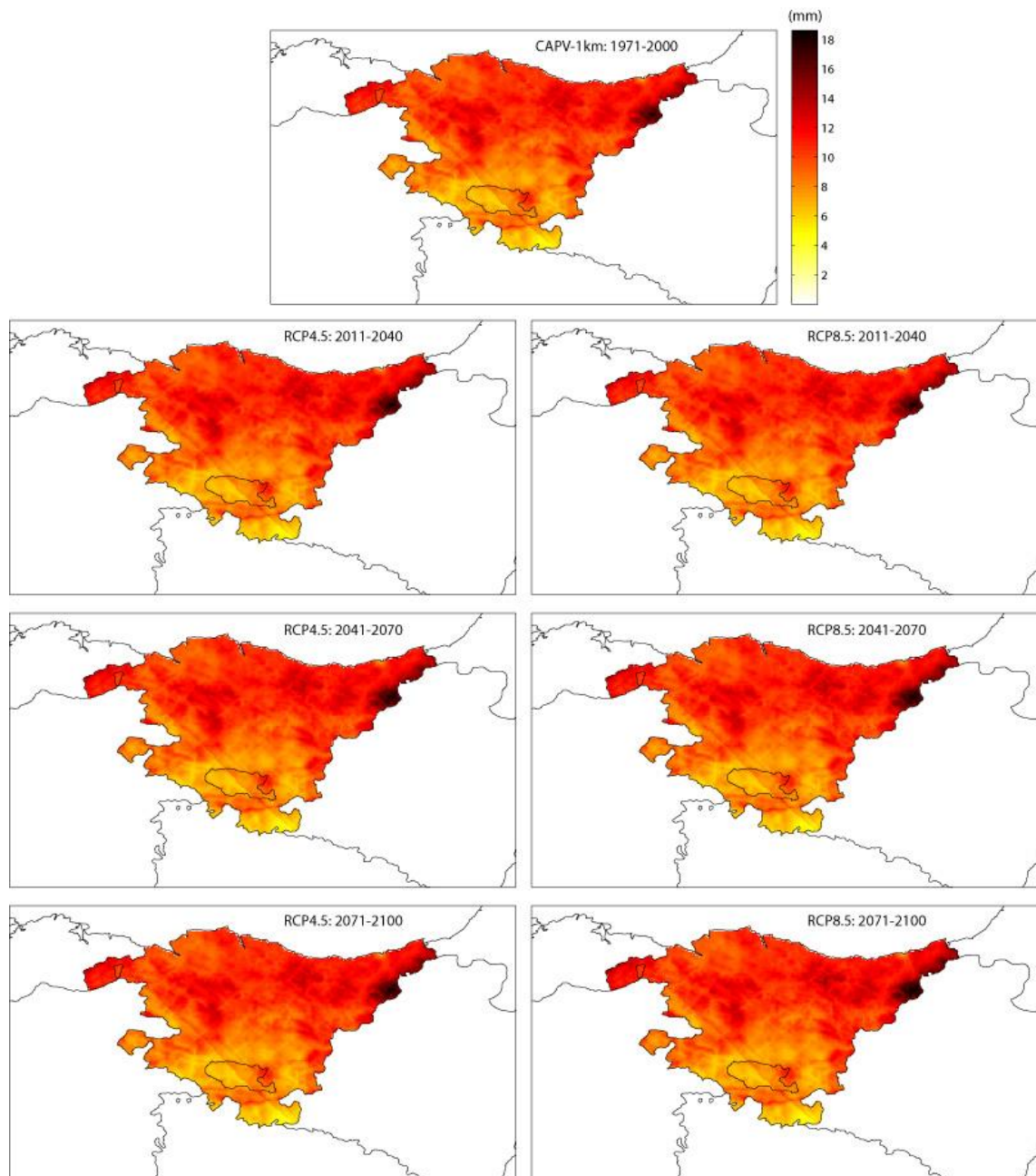


Figura 31. Índice de intensidad diaria de lluvia (SDII): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

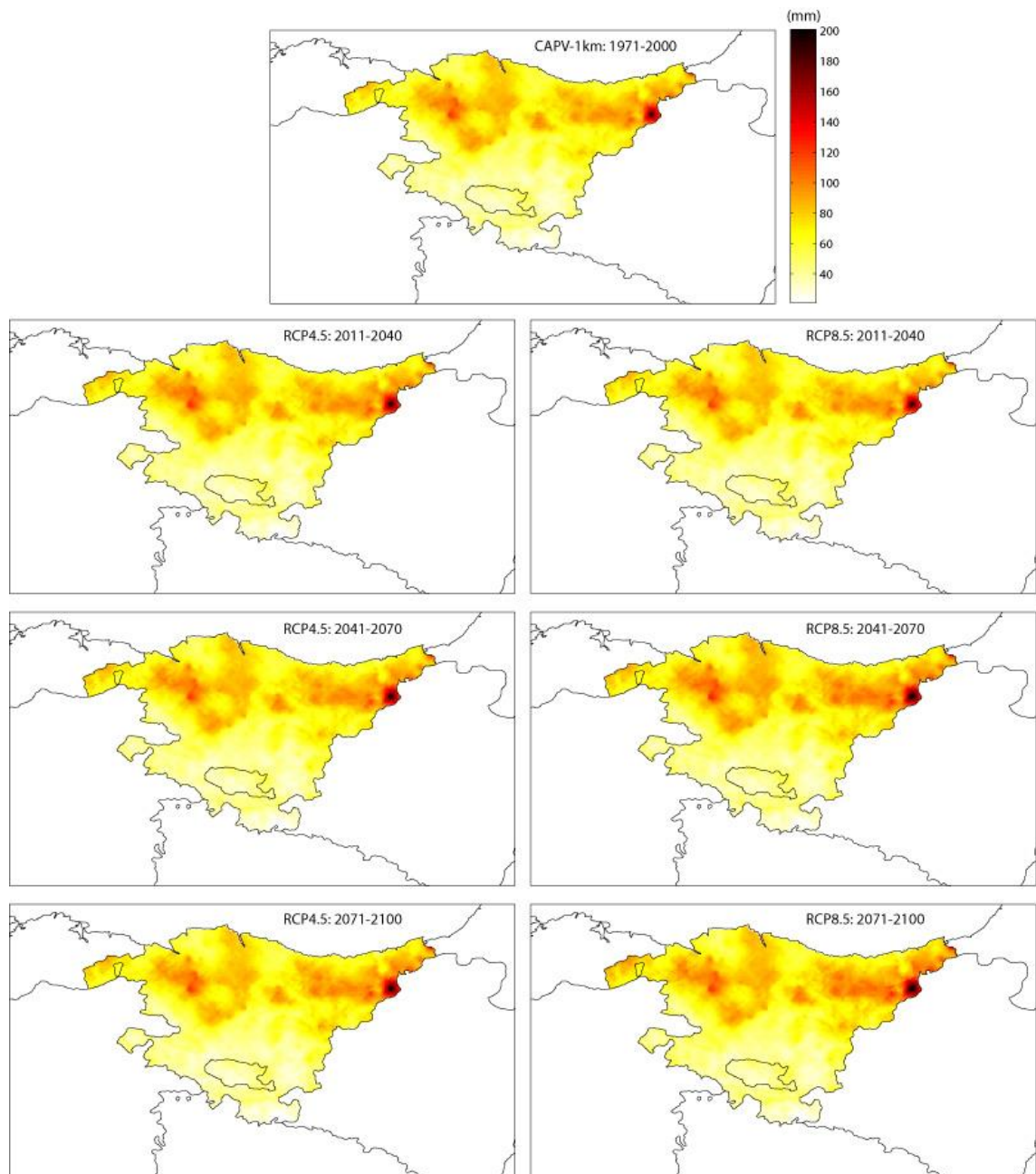


Figura 32. Índice de máximo diario de precipitación (RX1DAY): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

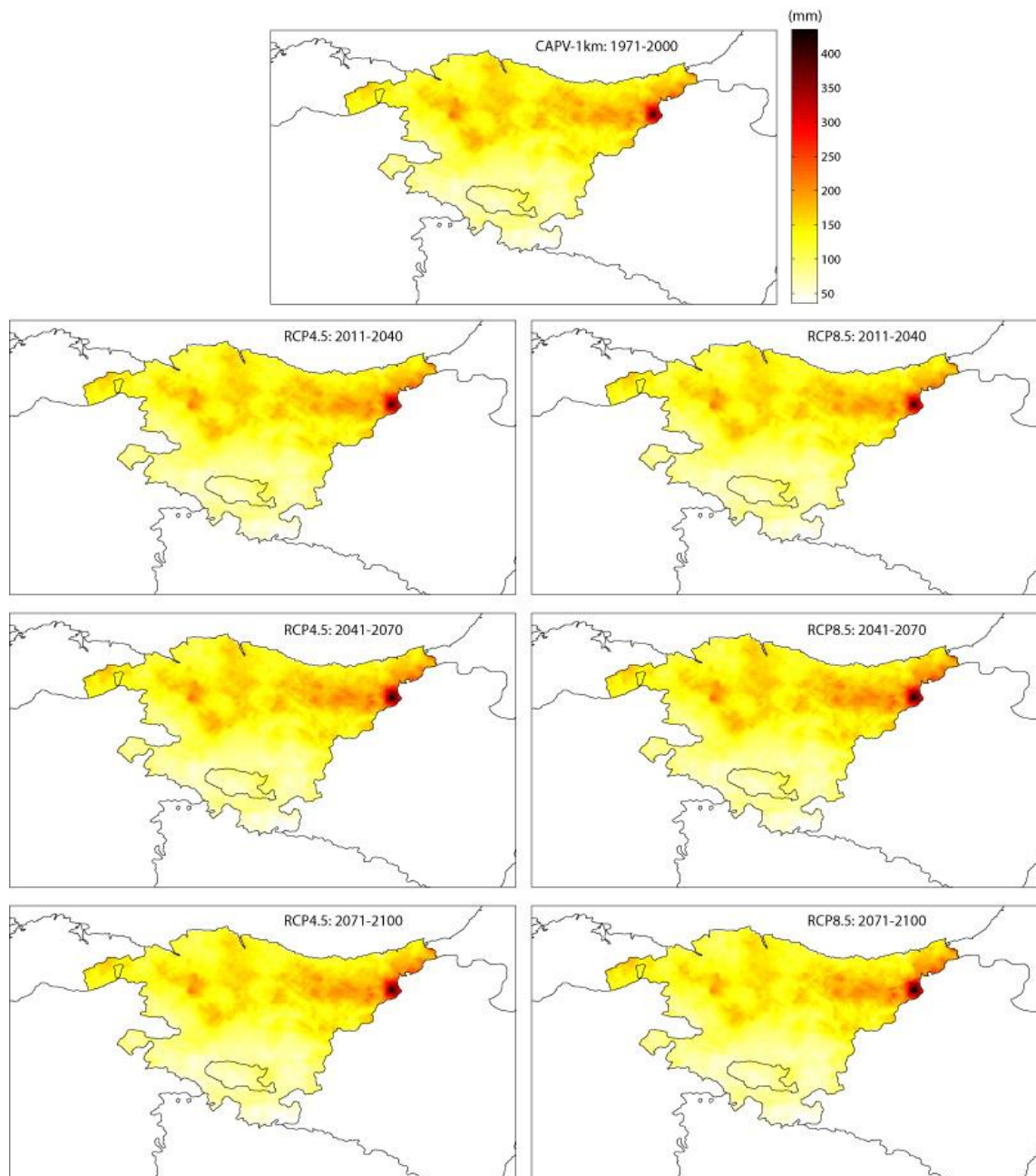


Figura 33. Índice de máximo 5-diario de precipitación (RX5DAY): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

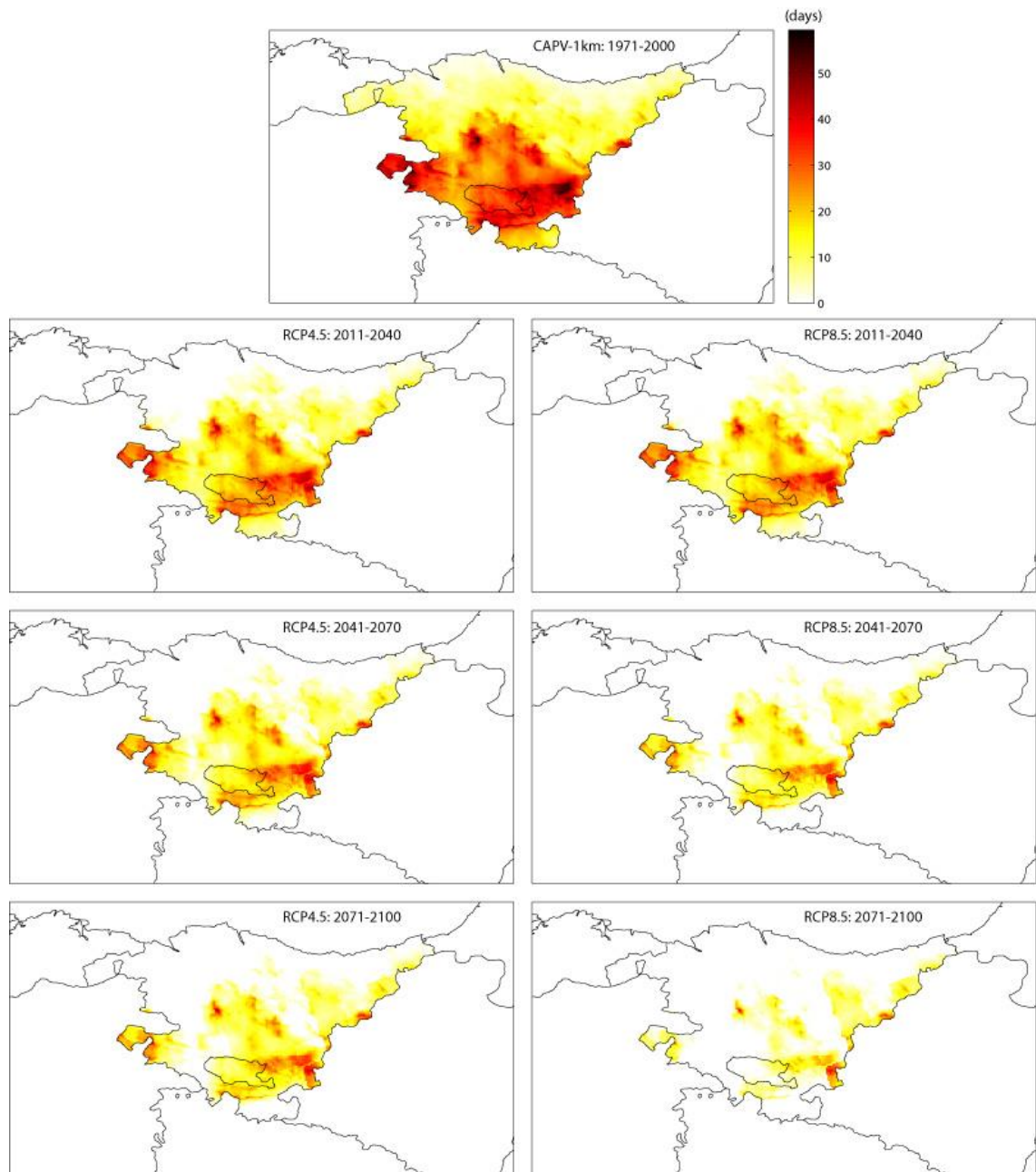


Figura 34. Índice de días de helada (FD): climatologías proyectadas por los RCMs de EuroCORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

Tal y como se muestra en la Figura 34, los días de helada (fd, temperaturas mínimas inferiores a 0°C) irían disminuyendo en el futuro, siendo esta tendencia más acusada en el escenario RCP8.5. La misma tendencia, aunque menos evidentemente, se aprecia en el número de días de hielo (id, temperaturas máximas inferiores a 0°C) (Figura 35). A medida que avanza el siglo XXI, también disminuiría el número de días en los que se cruza el umbral de 0°C (ftd, temperatura mínima inferior a 0°C y máxima superior a 0°C) (Figura 36).

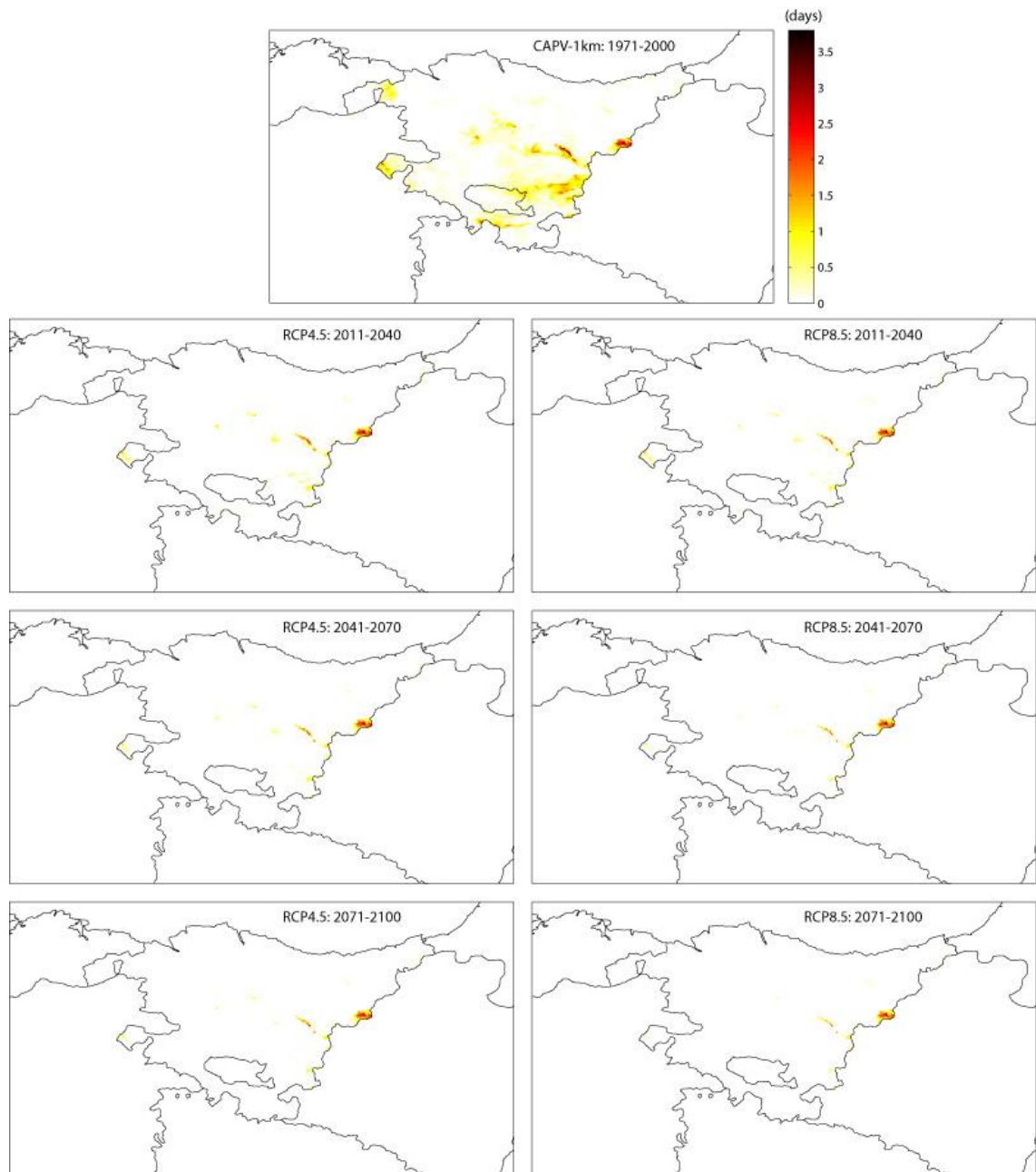


Figura 35. Índice de días de hielo (ID): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

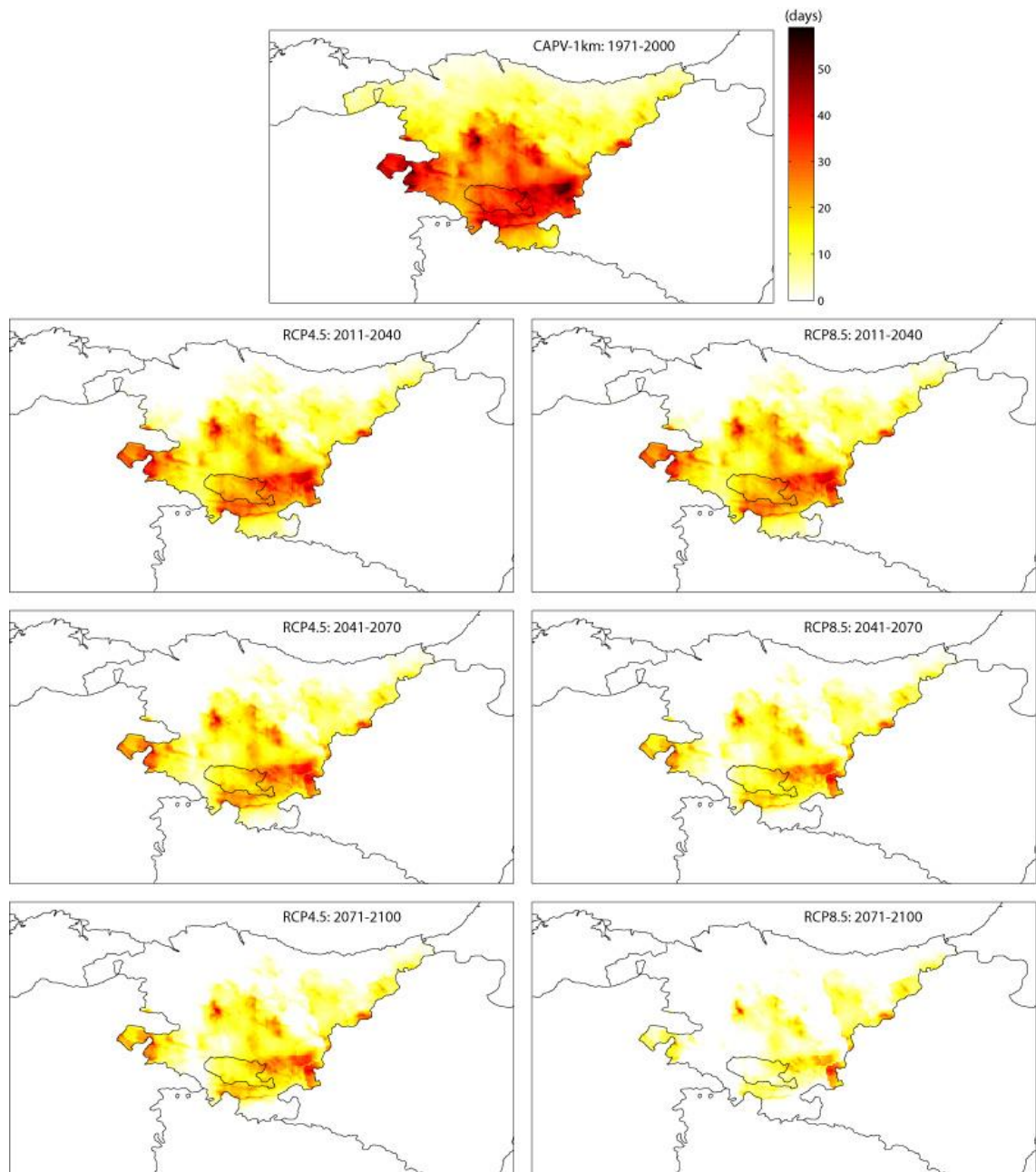


Figura 36. Índice de días que superan el umbral de 0°C (FTD): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

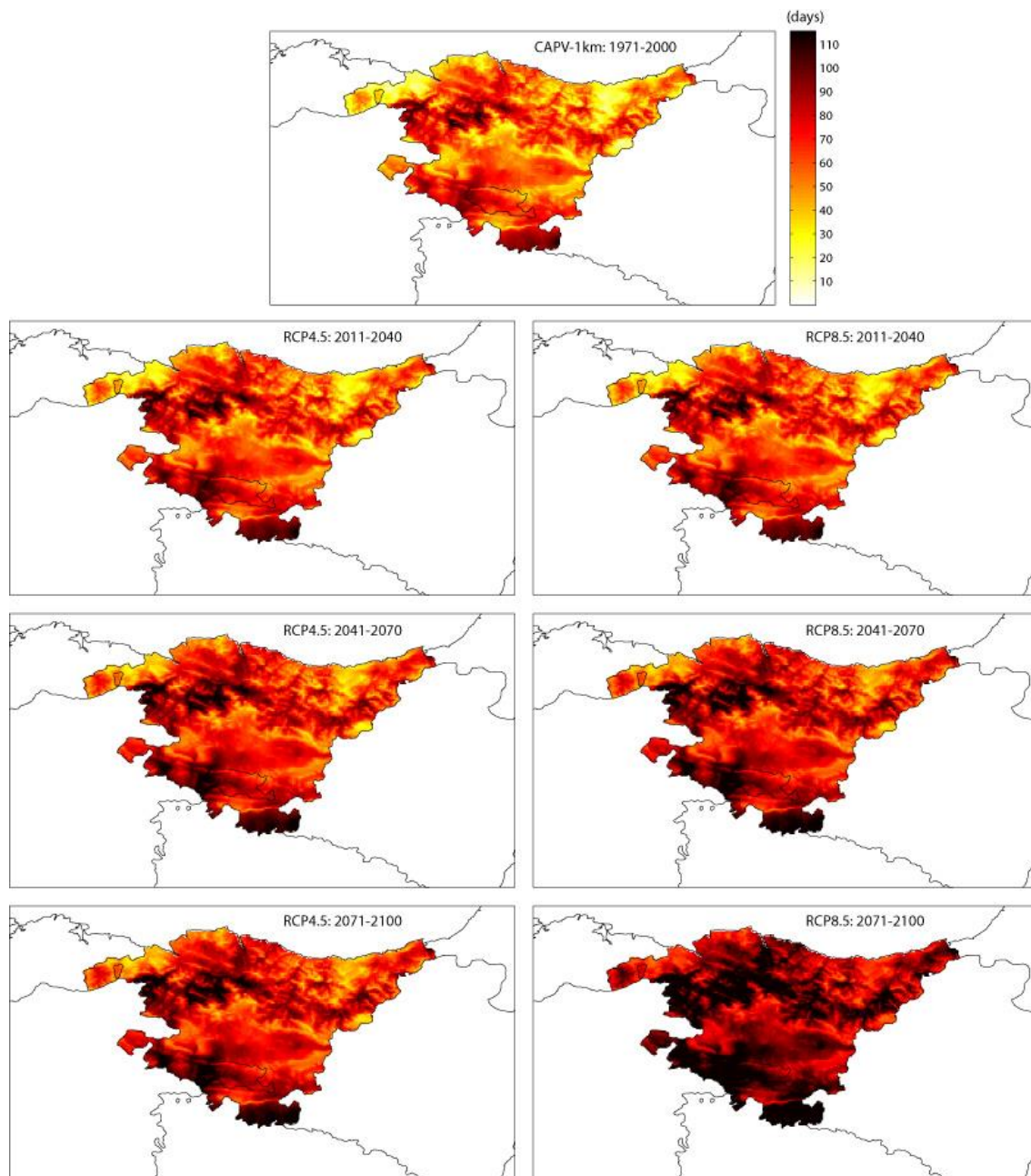


Figura 37. Índice de días de verano (SU): climatologías proyectadas por los RCMs de EuroCORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

En relación a los días con temperaturas máximas superiores a 25°C (SU), cabría esperar un incremento de las mismas según avanza el siglo XXI, y de forma más acusada para el escenario RCP8.5 (Figura 37). En el mismo sentido, se incrementarían el número de noches tropicales (TR, número de días con temperaturas mínimas > 20°C) (Figura 38), así como la duración de las olas de calor (HWF, promedio de días que componen cada ola de calor) (Figura 39).

Destacar que en la Figura 38 queda visible el pixelado correspondiente a los RCMs de EuroCORDEX (~ 12 km) a pesar de no estar representados los deltas, sino su aplicación sobre la cartografía histórica de alta resolución (~ 1 km). Esto se debe a que la diferencia entre los

deltas contiguos (píxeles o retículas de 12 km) es muy acusada en relación a la diferencia existente entre los píxeles contiguos de climatología histórica (píxeles de 1 km).

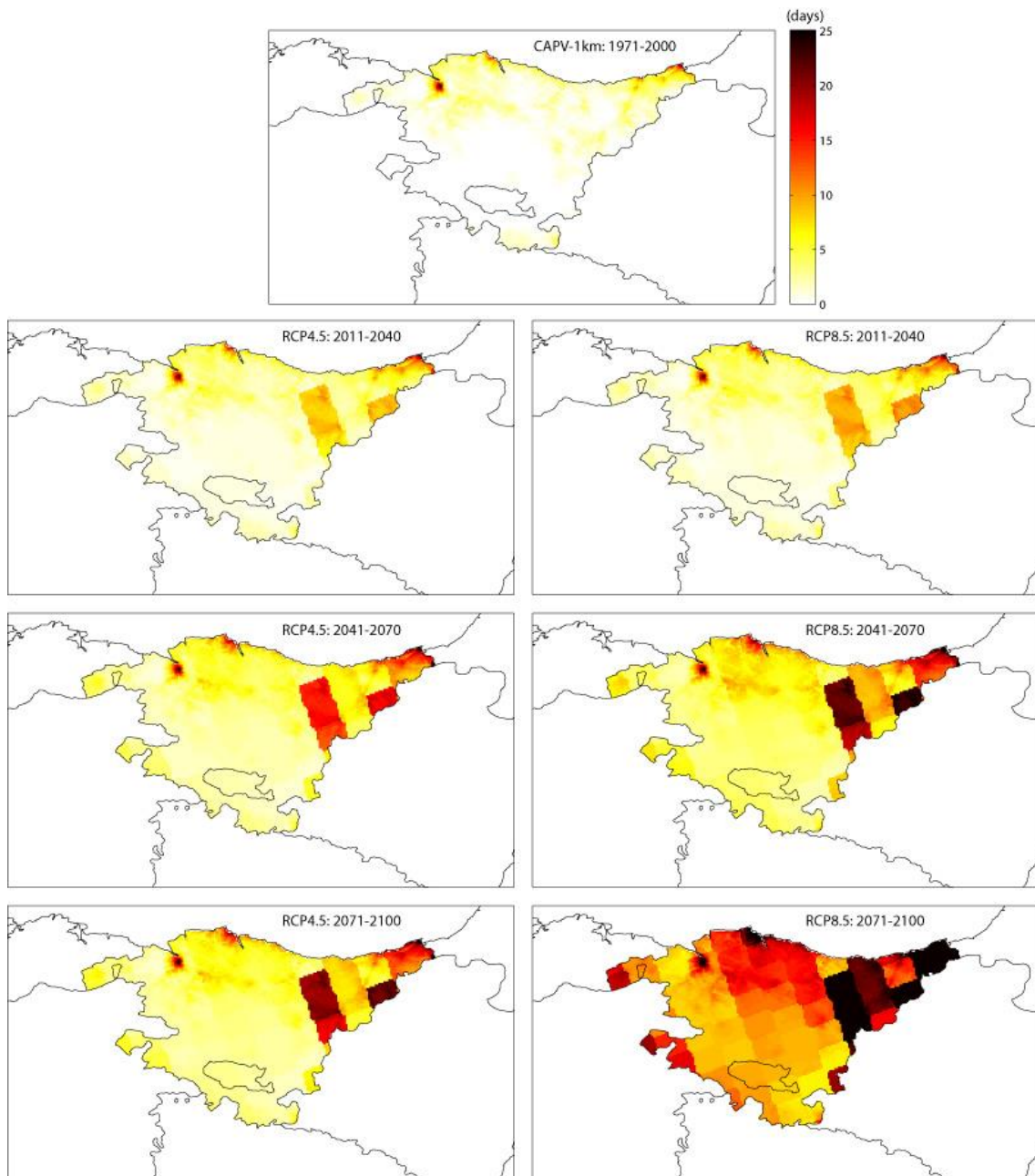


Figura 38. Índice de noches tropicales (TR): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

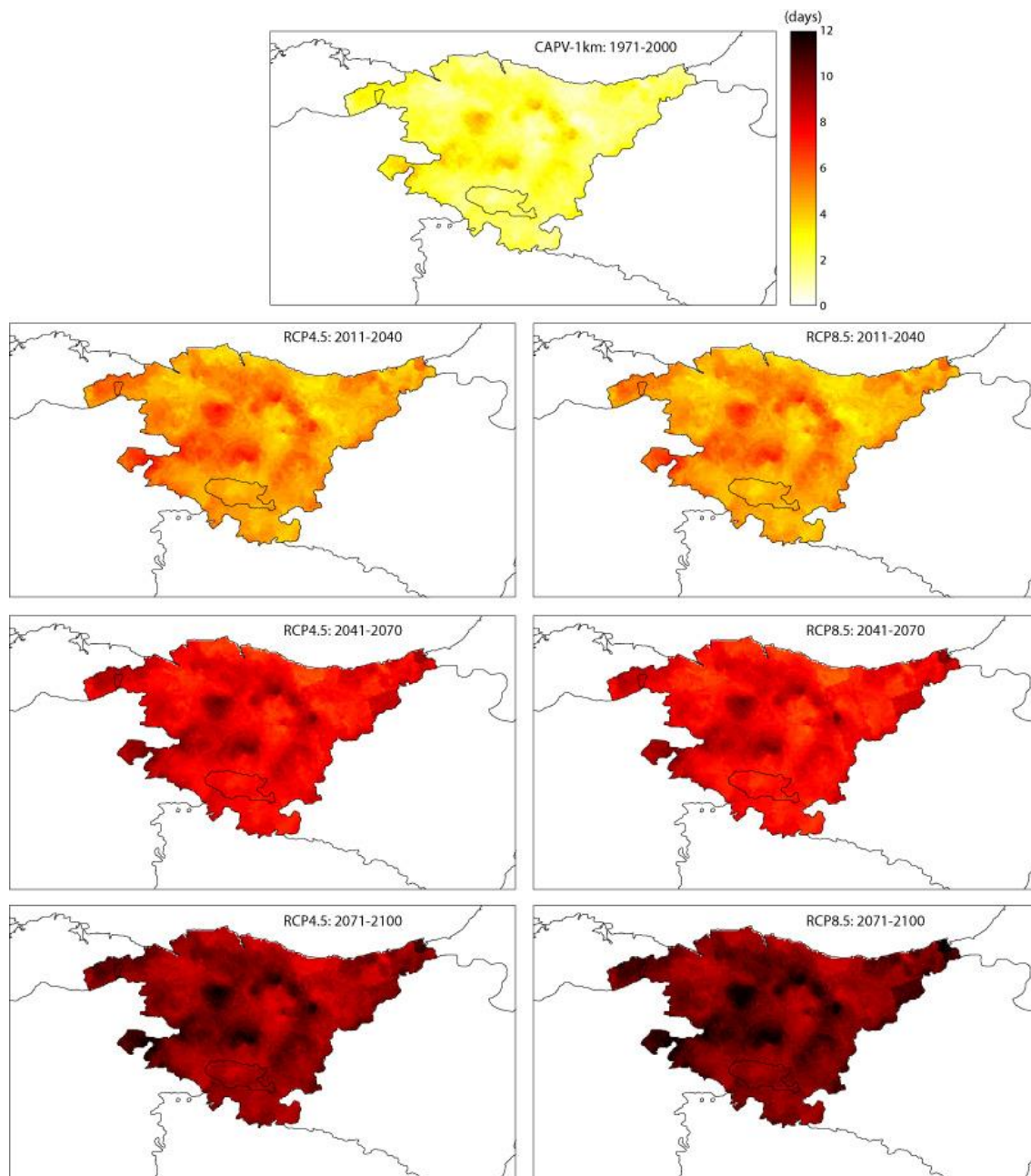


Figura 39. Duración media de las olas de calor (HWF): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

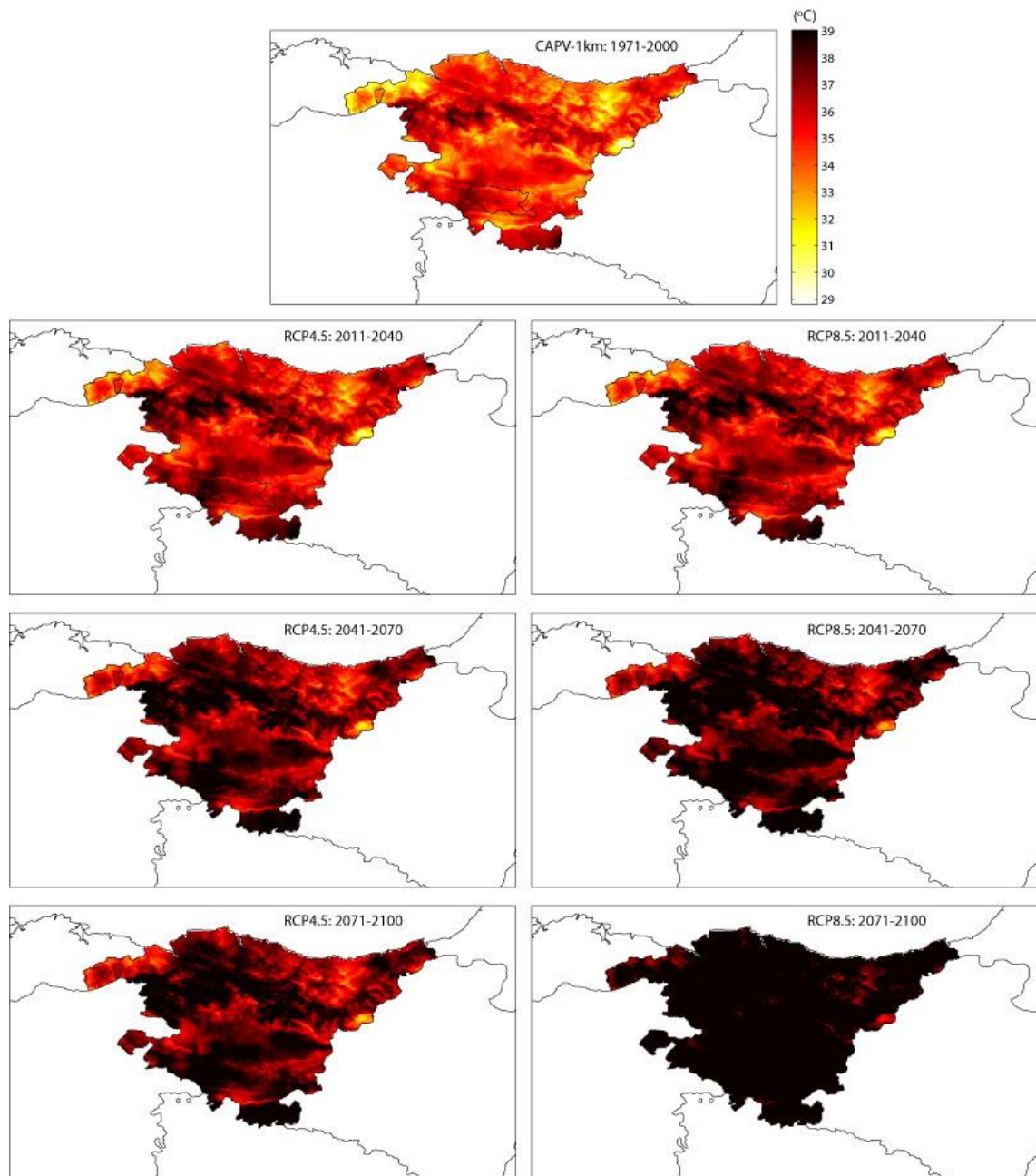


Figura 40. Índice de máximo diario de temperatura máxima (TXX): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

En la Figura 40, la Figura 41, la Figura 42 y la Figura 43 se observa cómo a medida que avanza el tiempo, y de forma más acusada para el escenario RCP8.5, se incrementarían las temperaturas (TXX, máximo de temperaturas máximas; TNX, máximo de temperaturas mínimas; TXN, mínima de temperaturas máximas; TNN, mínimo de temperaturas mínimas).

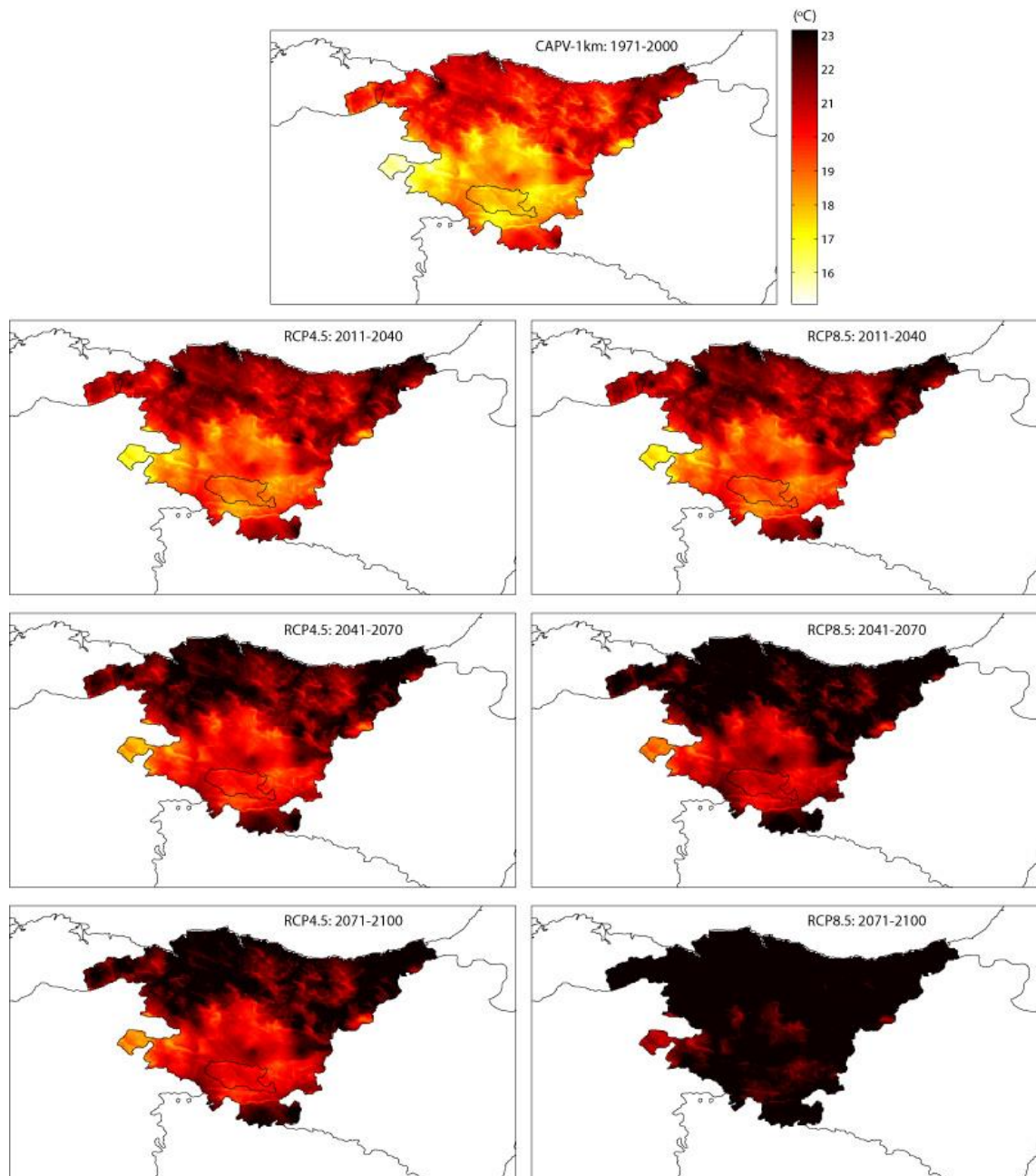


Figura 41. Índice de máximo diario de temperatura mínima (TNX): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

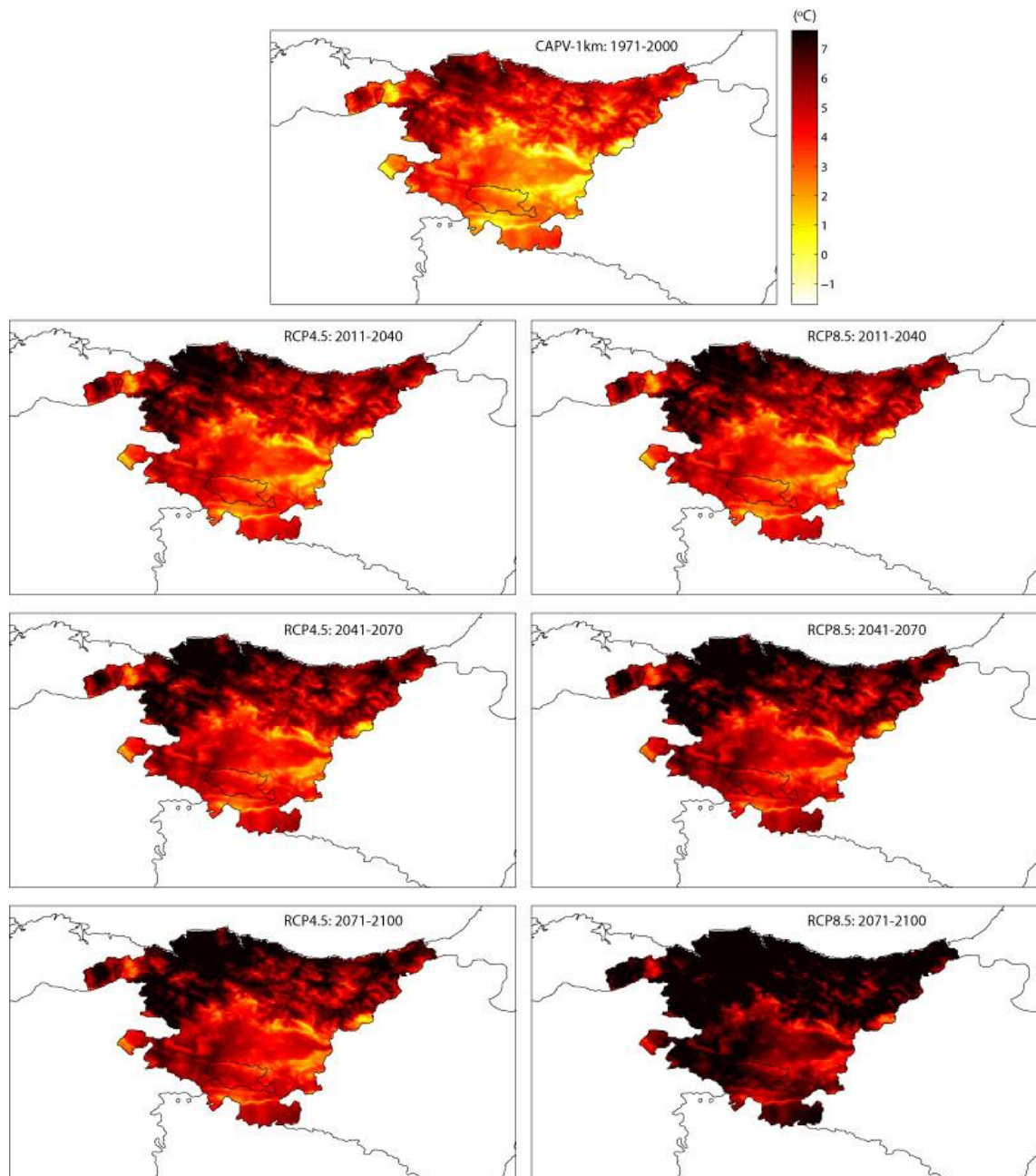


Figura 42. Índice de mínimo diario de temperatura máxima (TXN): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

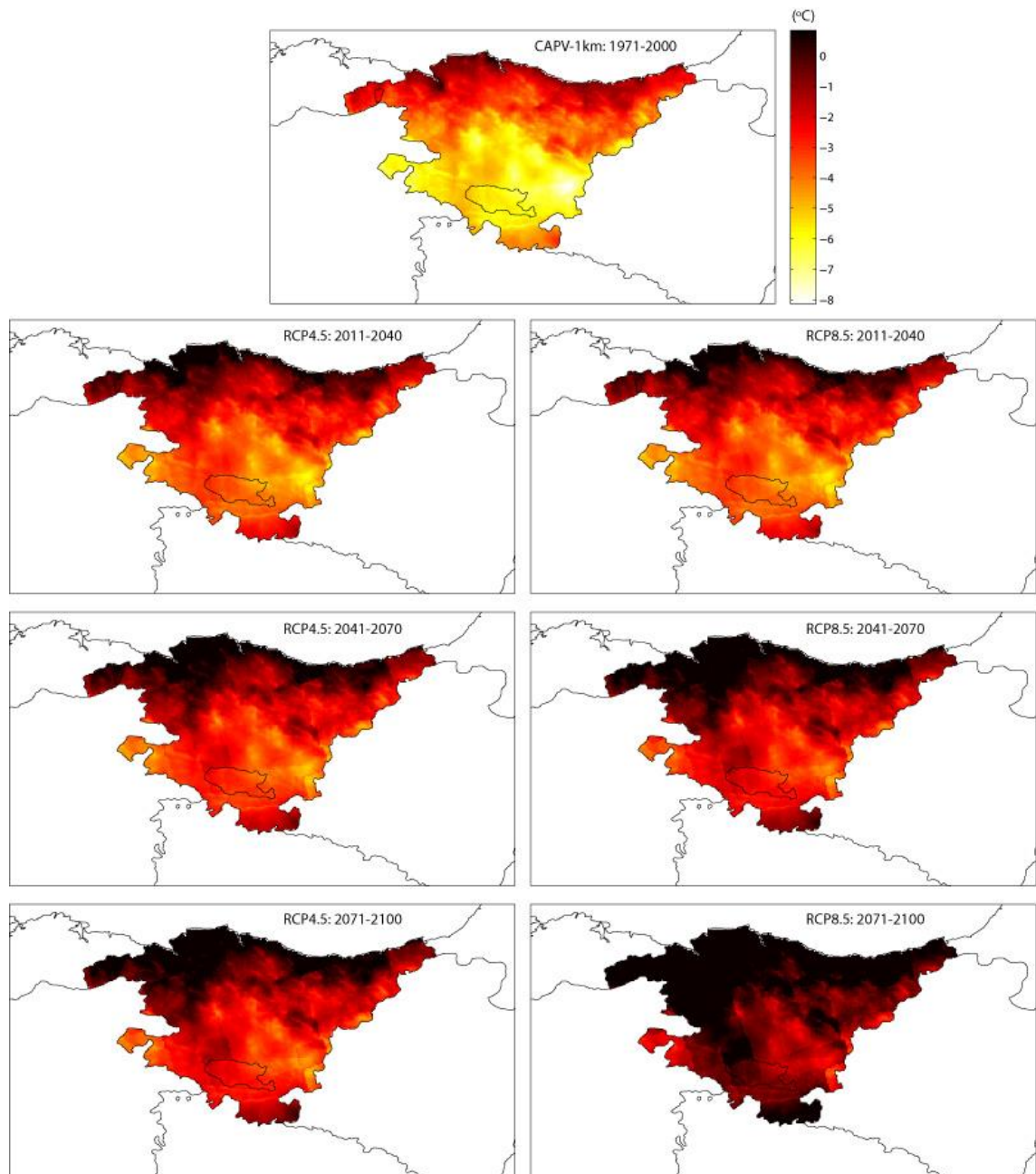


Figura 43. Índice de mínimo diario de temperatura mínima (TNN): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

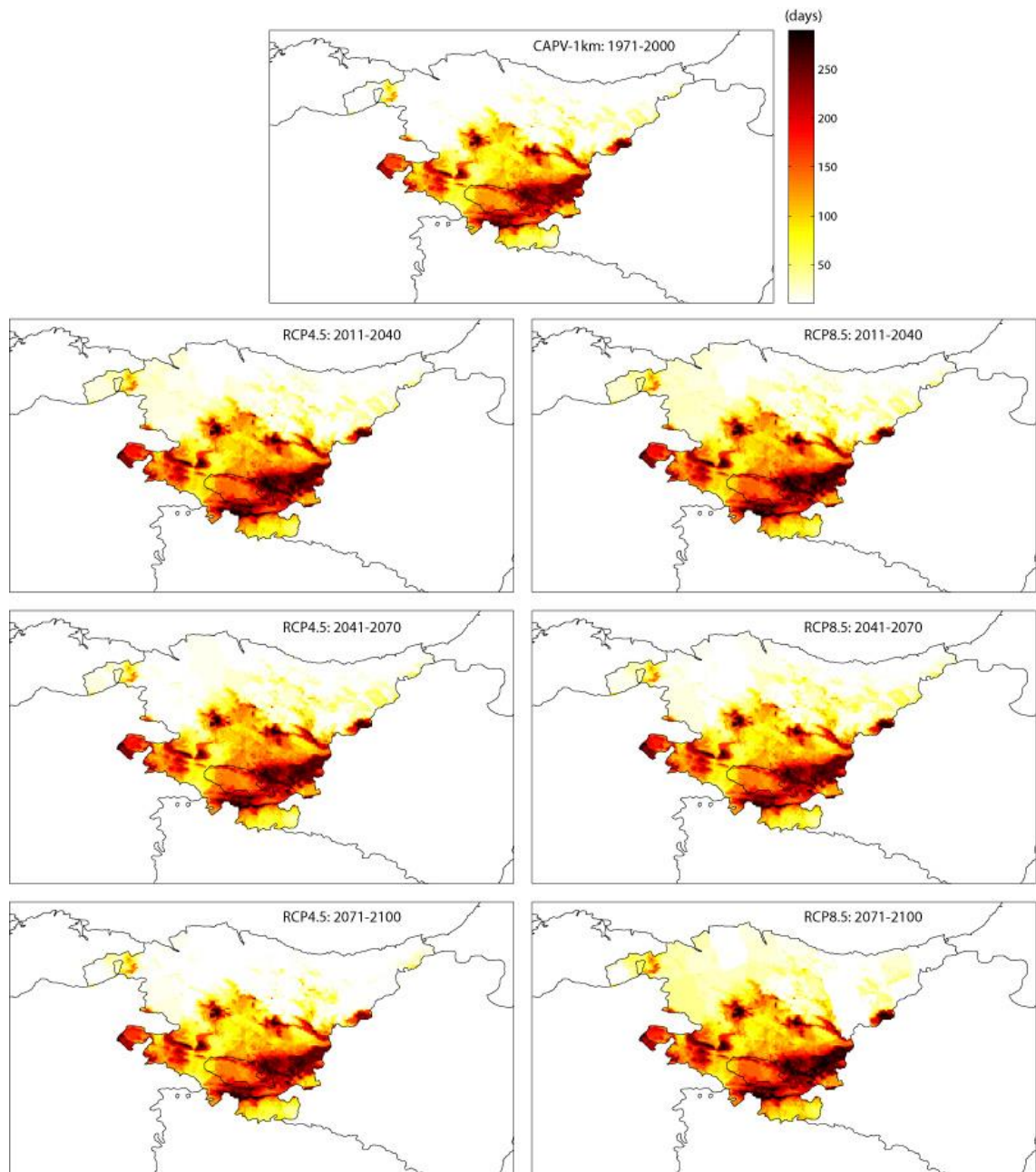


Figura 44. Índice de longitud de la estación de crecimiento (GSL): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

De acuerdo a la Figura 44, aumentaría la longitud de la estación de crecimiento (gsl), que se asocia al incremento en la temperatura media, que daría lugar a un mayor número de días con temperaturas medias moderadas. También incrementaría levemente el rango diario de temperaturas (dtr) asociado a un mayor aumento en la temperatura máxima que en la mínima (Figura 45).

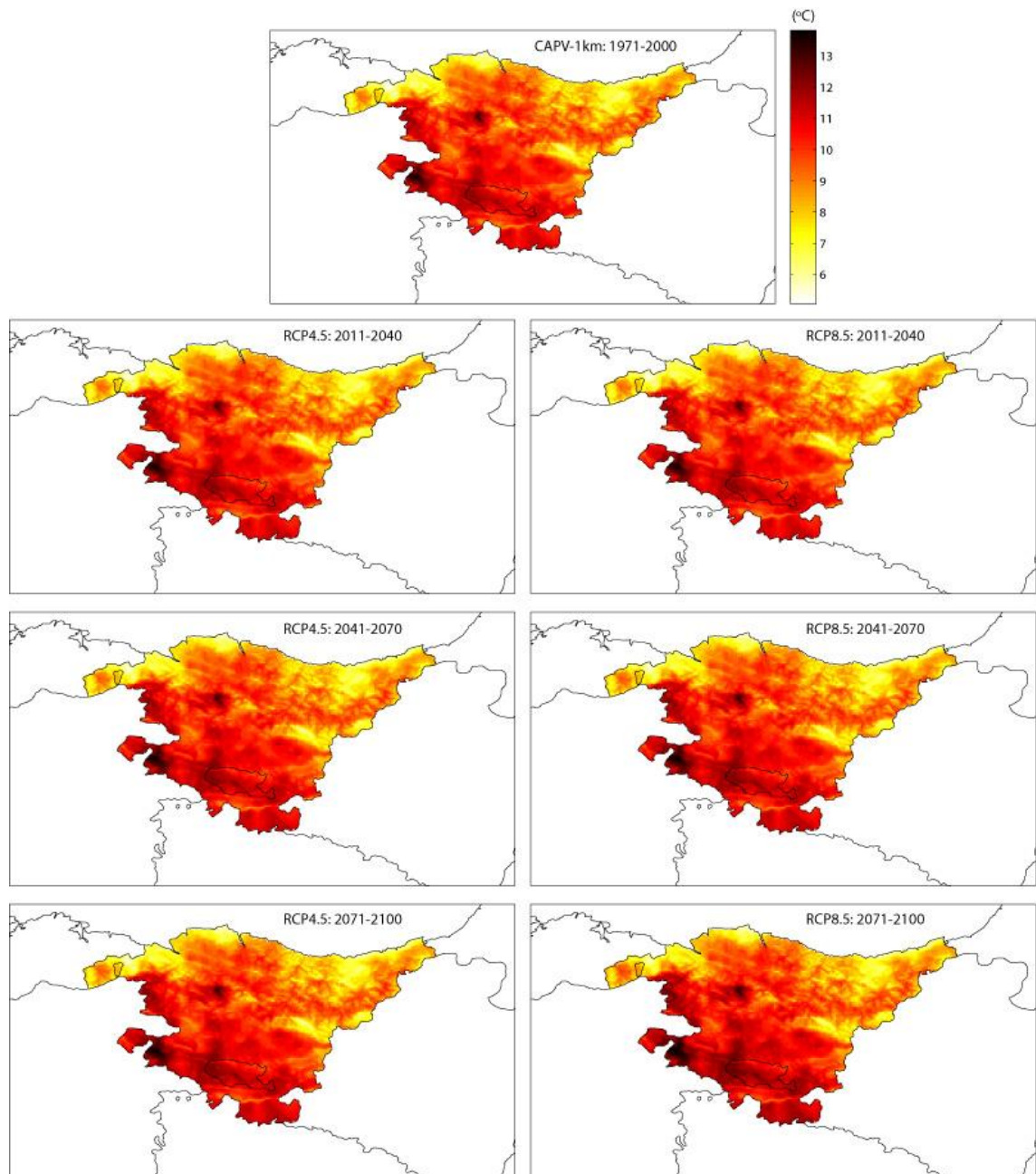


Figura 45. Índice de rango diario de temperaturas (DTR): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

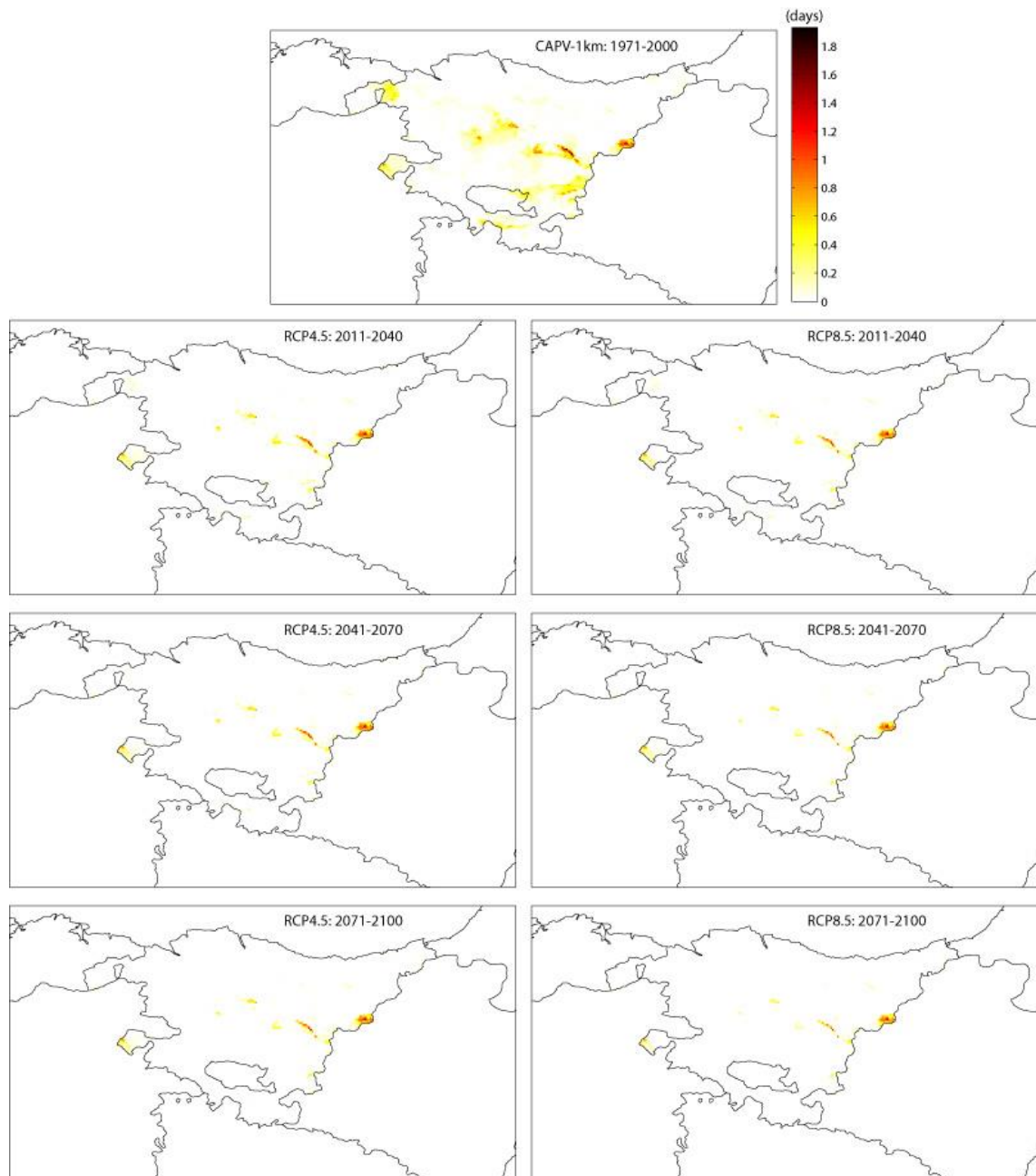


Figura 46. Índice de días de lluvia helada (FRD): climatologías proyectadas por los RCMs de Euro-CORDEX (Tabla 2) bajo los escenarios RCP4.5 (izquierda) y RCP8.5 (derecha) para los tres periodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

En la Figura 46 se muestra cómo descendería el índice frd, que está asociado a días con precipitaciones suaves y temperaturas máximas negativas. Este descenso se debería a la disminución en la frecuencia de días de precipitación (rr1) y al incremento de la temperatura máxima.

7. PRODUCTOS GENERADOS

Como resultado del presente proyecto se han generado diferentes productos con el objetivo de facilitar su uso y aplicación a diversos perfiles de usuario, con mayor o menor grado de especialización:

- ✓ **Climatología base:** se ha generado una rejilla diaria de alta resolución espacial ($\sim 0.00833^\circ$, $\sim 1 \times 1 \text{ km}^2$) de precipitación y temperaturas máxima, mínima y media, para el periodo 1971-2015.

A partir de las variables anteriores, también se obtuvo la variable ET_0 (serie diaria 1971-2015, con resolución espacial de $\sim 1 \times 1 \text{ km}^2$).

El dato diario de la climatología base se ha generado en dos formatos:

- 1) formato [NetCDF](#), para usuarios familiarizados con dicho formato, ya que es un estándar en la comunidad de clima, y
- 2) formato CSV considerando las unidades hidrológicas de la CAPV.

- ✓ **Proyecciones de Euro-CORDEX:** se han proporcionado, en formato CSV, los datos diarios de precipitación y temperatura (máxima, mínima y media) de los modelos regionales de Euro-CORDEX considerados para el desarrollo de las proyecciones (ver Tabla 1) en los 80 puntos mostrados en la Figura 7 que engloban la CAPV ($\sim 12 \times 12 \text{ km}^2$).
- ✓ **Indicadores:** a partir del dato diario de las proyecciones de Euro-CORDEX ($\sim 12 \text{ km}$) y de la climatología base ($\sim 1 \text{ km}$), se han generado las proyecciones de los diferentes indicadores definidos en el marco del proyecto (ver el “ANEXO I. DESCRIPCIÓN DE INDICADORES CLIMÁTICOS”).

Por un lado, en formato CSV y a una resolución espacial de $12 \times 12 \text{ km}^2$ (para los 80 puntos mostrados en la Figura 7) se han generado las series mensual, estacional y anual de los indicadores para cada uno de los modelos regionales de Euro-CORDEX (ver Tabla 1).

Por otro lado, en formato ASCII y a una resolución espacial de $1 \times 1 \text{ km}^2$, aplicando el método delta (ver Sección 5), se han generado las climatologías y la señal de cambio (delta) para el periodo de referencia y los diferentes periodos futuros de los indicadores definidos en el marco del proyecto (ver “ANEXO I. DESCRIPCIÓN DE INDICADORES CLIMÁTICOS”). Se trata del promedio, tanto anual como mensual, de todos los RCMs de la Tabla 1, así como de estadísticos que reflejan su dispersión³.

³ En el contexto del presente proyecto, se entiende que:

- STD (desviación estándar): es la raíz cuadrada de la varianza de la variable. A mayor STD, mayor es la incertidumbre sobre la señal de cambio que dan los modelos.
- CV (coeficiente de variación) = $100 \cdot \text{STD} / \text{media}$. A mayor CV, menor es la variabilidad explicada por la señal y mayor es la incertidumbre.
- SNR (ratio señal/ruido, *signal-to-noise ratio*) = $100 \cdot \text{media} / \text{STD}$. A mayor SNR, mayor confianza se tiene en la señal de cambio.

El CV y el SNR, al ser cocientes, a veces pueden presentar problemas con los valores del denominador muy bajos, próximos a 0.

Hay que subrayar que, puesto que se ha aplicado el método delta, no se han generado proyecciones futuras diarias a una resolución espacial de $1 \times 1 \text{ km}^2$, ni para las variables básicas (precipitación y temperaturas) ni para los indicadores. A fin de obtener series diarias para las proyecciones a la misma resolución espacial que las observaciones de referencia (1km), sería necesario un post-proceso de las series diarias de los RCMs para corregir sus respectivos sesgos.

8. CONCLUSIONES

A continuación se resumen las principales conclusiones obtenidas en el presente informe:

- Se ha seleccionado una base de datos a partir de las observaciones recogidas por AEMET, EUSKALMET y URA, para la elaboración de una climatología (1971-2015) de alta resolución (~1km x 1km) de precipitación y temperaturas (máxima, mínima y media) sobre la CAPV.
- A partir de los datos interpolados de temperatura se ha obtenido, en base a la formulación utilizada por URA, la serie diaria de evapotranspiración de referencia ET_0 (1971-2015, a una resolución de 1km x 1km).
- Para la elaboración del estudio se ha considerado un conjunto de modelos regionales incluidos en la iniciativa Euro-CORDEX, que representa el actual estado del arte en el ámbito de la regionalización dinámica, en base a las conclusiones obtenidas en los experimentos de validación reflejados en la literatura reciente.
Se ha procedido, a partir de la iniciativa Euro-CORDEX (~12km x 12km), a la descarga de los experimentos *historical*, que sirve como referencia, y los escenarios RCP4.5 y RCP8.5, que proyectan la evolución climática hasta finales de siglo.
- Se ha considerado un subconjunto de los índices definidos por el ETCCDI para precipitación y temperatura como indicadores del efecto del cambio climático en los regímenes medio y extremo de las variables de interés.
Además, se han calculado otros indicadores a propuesta de diversos grupos de investigación e instituciones de la CAPV.
- A partir de las series diarias de precipitación y temperatura de los RCMs considerados, se han obtenido los indicadores (a escala anual, estacional y mensual) y se han estimado las deltas para los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, representando la señal asociada al cambio climático proyectada por cada uno de los RCMs.
- Se ha realizado inicialmente un análisis del efecto del cambio climático en la CAPV, según el cual aumentarían de forma generalizada y significativa las temperaturas a lo largo de todo el siglo, y descendería levemente la precipitación anual.
- Toda la información y datos generados durante el desarrollo del presente proyecto se han publicado y puesto a disposición de la comunidad a través del servidor del Gobierno Vasco.

En el transcurso del presente proyecto, algunos grupos de investigación de la CAPV han mostrado su interés por disponer de proyecciones de cambio climático no solo de alta resolución espacial, sino también de alta resolución temporal (series diarias), ya que resultarían necesarios para muchos estudios de impacto climático (p.e. sanidad, turismo, energía, simulación de crecimiento de cultivos, etc.).

En este sentido, cabe resaltar que el método delta no permite la obtención de series diarias de alta resolución (~1 x 1 km²) a partir de las proyecciones de cambio climático de los modelos regionales (~12 x 12 km²). A pesar de la disponibilidad de series diarias de los modelos regionales, éstos presentan sesgos sistemáticos que limitan su utilización en estudios de

impacto y sería necesario un post-proceso que corrigiera dichos sesgos y regionalizara las proyecciones a la escala de las observaciones de referencia ($\sim 1 \times 1 \text{ km}^2$).

Aunque éste no ha sido el objetivo del presente proyecto, existen trabajos de este tipo. En el marco de la iniciativa Europea COST-Action VALUE (<http://www.value-cost.eu/>) y CORDEX-ESD (<http://www.cordex.org/>) se han desarrollado, comparado y validado diferentes técnicas de regionalización estadística, las cuales se han aplicado tanto a modelos globales como a modelos regionales del clima, obteniendo series diarias a escala regional a partir de las proyecciones de cambio climático dadas por dichos modelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen R.G., Pereira L. S., Raes D. and Smith M. 1998. FAO, Irrigation and Drainage Paper 56. Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements). Rome, Italy, 300 pp.
- Atkinson P.M. y Lloyd C.D. 1998. Mapping precipitation in Switzerland with ordinary and indicator kriging, *J. Geogr. Inf. Decis. Anal.*, 2, 65–76.
- Biau G., Zorita E., von Storch H. y Wackernagel H. 1999. Estimation of precipitation by kriging in the EOF space of the sea level pressure field. *J. Climate*, 12, 1070–1085.
- Casanueva A., Herrera S., Fernández J. y Gutiérrez J.M. 2016. Towards a fair comparison of statistical and dynamical downscaling in the framework of the EURO-CORDEX initiative. *Climate Change*, 137 (3), 411-426, doi: 10.1007/s10584-016-1683-4.
- Casanueva A., Kotlarski S., Herrera S., Fernández J., Gutiérrez J.M., Boberg F., Colette A., Christensen O.B., Goergen K., Jacob D., Keuler K., Nikulin G., Teichmann C. y Vautard R. 2015. Daily precipitation statistics in a EURO-CORDEX RCM ensemble: added value of raw and bias-corrected high-resolution simulations. *Climate Dynamics*, 47 (3), 719-737, doi: 10.1007/s00382-015-2865-x
- Christensen, J. H., T. R. Carter, M. Rummukainen and G. Amanatidis. 2007a. Evaluating the performance and utility of regional climate models: The PRUDENCE project, *Clim. Change*, 81, 1–6, doi:10.1007/s10584-006-9211-6.
- Christensen, J. H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kolli, W. T. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C. G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr and P. Whetton. 2007b. Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Giorgi F., Jones C. y Asrar G. 2009. Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. *WMO Bulletin* 58(3), 175-183.
- Gutiérrez, J. M., *et al.* 2010. Escenarios Regionales Probabilísticos de cambio climático en Cantabria: Termopluiometría. Gobierno de Cantabria-Consejería de Medio Ambiente y Universidad de Cantabria, Santander, Spain, URL. Disponible en: <http://www.meteo.unican.es/projects/escenariosCantabria>
- Haylock, M., N. Hofstra, A. Klein-Tank, E. J. Klok, P. Jones and M. New M. 2008. A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. *J. Geophys. Res.*, 113, D20119, doi: 10.1029/2008JD010201.
- Herrera, S. 2011. Desarrollo, validación y aplicaciones de Spain02: Una rejilla de alta resolución de observaciones interpoladas para precipitación y temperatura en España. PhD thesis, Universidad de Cantabria, Cantabria, España. <http://www.meteo.unican.es/tesis/herrera>

- Herrera, S., J. M. Gutiérrez, R. Ancell, M. R. Pons, M. D. Frías and J. Fernández. 2012. Development and analysis of a 50-year high-resolution daily gridded precipitation dataset over Spain (Spain02). *Int. J. Climatology*, 32, 74-85, doi: 10.1002/joc.2256.
- Herrera, S., J. Fernández and J. M. Gutiérrez. 2016. Update of the Spain02 Gridded Observational Dataset for Euro-CORDEX evaluation: Assessing the Effect of the Interpolation Methodology. *Int. J. Climatology*, 36, 900-908, doi: 10.1002/joc.4391
- Krige, D. G. 1951. A statistical approach to some basic mine valuation problems on the witwatersrand. *J. Chem. Metallurg. Mining Soc. S. Afr.*, 52 (6), 119-139.
- van der Linden, P. and J. F. B. Mitchell. 2009. ENSEMBLES: Climate change and its impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160pp.
- Zahn, M. and H. von Storch. 2010. Decreased frequency of North Atlantic polar lows associated with future climate warming. *Nature*, 467, 309–312.

ANEXO I. DESCRIPCIÓN DE INDICADORES CLIMÁTICOS

Contenido

A. INDICADORES QUE COMBINAN VARIAS VARIABLES BÁSICAS (“COMBO”)-----	64
CD	64
CW	64
DTR	64
ETR.....	64
FRD	64
FTD	65
WD.....	65
WW.....	65
B. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA -----	66
ET0.....	66
C. INDICADORES CALCULADOS A PARTIR DE PRECIPITACIONES -----	68
CDD.....	68
CWD.....	68
PRCPR95	68
PRCPR99	68
PRCPTOT.....	68
R10mm	68
R20mm	68
R95p	68
R95pTOT.....	69
R99pTOT.....	69
RR1	69
RV10year	69
RV25year	69
RV50year	69
RV100year	70
Rx1day.....	70
Rx5day.....	70
SDII	70
D. INDICADORES CALCULADOS A PARTIR DE TEMPERATURAS MEDIAS-----	71
GSL.....	71
TG	71
TG05A.....	71
TG05B.....	71
TG10A.....	71
TG10B.....	71
E. INDICADORES CALCULADOS A PARTIR DE TEMPERATURAS MÁXIMAS-----	72
HWA	72
HWF.....	72

ID	72
PRCTX10	72
PRCTX90	72
PRCTX95	72
SU	72
SU30	72
SU30EX	72
SU33	73
SU33EX	73
SU34	73
SU34EX	73
SU35	73
SU35EX	73
SU36	73
SU36EX	73
SU37	73
SU37EX	73
SU38	74
SU38EX	74
SU39	74
SU39EX	74
SU40	74
SU40EX	74
TX	74
TX10p.....	74
TX90P.....	74
TXn.....	75
TXx.....	75
WSDI.....	75
F. INDICADORES CALCULADOS A PARTIR DE TEMPERATURAS MÍNIMAS-----	76
CFD	76
CSDI	76
FD	76
PRCTN10.....	76
TN	76
TN10p.....	76
TN90p.....	76
TNn	77
TNx	77
TR	77

A continuación se describen someramente todos los indicadores calculados en el marco del proyecto titulado “Elaboración de escenarios regionales de cambio climático de alta resolución sobre el País Vasco” (proyecto con el acrónimo ESCENARIOS en la convocatoria Klimatek 2016).

Muchos de los indicadores calculados corresponden a las definiciones del ETCCDI (*Expert Team on Climate Change Detection and Indices*) y su descripción detallada se puede encontrar en la web <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>. No obstante, algunos de los índices se han calculado por requerimiento expreso de grupos de investigación de la CAPV.

A. INDICADORES QUE COMBINAN VARIAS VARIABLES BÁSICAS (“COMBO”)

CD

Descripción: número de días fríos/secos (TG < percentil 25 y RR < percentil 25) (días).

Número de días en los que se cumplen las dos condiciones siguientes simultáneamente:

- Temperatura media diaria (TG) < percentil 25 de la temperatura media diaria, y
- Cantidad de precipitación diaria (RR) < percentil 25 de las cantidades diarias.

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

CW

Descripción: Número de días fríos y húmedos (TG < percentil 25 y RR > percentil 75) (días).

Número de días en los que se dan simultáneamente las dos condiciones siguientes:

- La temperatura media diaria (TG) < percentil 25 de las TG, y
- La precipitación diaria (RR) > percentil 75 de las RR.

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

DTR

Descripción: rango diario de temperatura (°C).

Es el valor promedio, para un periodo j , de la diferencia entre la temperatura máxima diaria (TX_{ij}) y la temperatura mínima diaria (TN_{ij}).

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

ETR

Descripción: Rango de temperatura extrema intra-periodo (°C).

Siendo TX_{ij} y TN_{ij} las temperaturas diarias máxima y mínima en el día i del periodo j , entonces, el rango de temperatura extrema del periodo j es:

$$ETR_j = \max(TX_{ij}) - \min(TN_{ij})$$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

FRD

Descripción: Número de días con lluvia helada (TX < 0°C y RR > 0.5 mm).

Número de días en los que se cumplen las dos condiciones siguientes simultáneamente:

- Temperatura máxima diaria (TX) < 0°C, y
- Cantidad de precipitación diaria (RR) > 0.5 mm.

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

FTD

Descripción: Número de días con temperaturas cruzando los 0°C (TN < 0°C y TX > 0°C) (días). Son los días en los que se traspasa el umbral de 0°C a lo largo del día, porque:

- la temperatura mínima diaria (TN) es menor que 0°C y
- la temperatura máxima diaria (TX) es mayor que 0°C.

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

WD

Descripción: Número de días cálidos/secos.

Número de días en los que se cumplen las dos condiciones siguientes simultáneamente:

- Temperatura media diaria (TG) > percentil 75 de la temperatura media diaria, y
- Cantidad de precipitación diaria (RR) < percentil 25 de las cantidades diarias.

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

WW

Descripción: número de días cálidos y húmedos (TG > percentil 75 y RR > percentil 75) (días).

Número de días en los que se dan simultáneamente las dos condiciones siguientes:

- La temperatura media diaria (TG) > percentil 75 de las TG, y
- La precipitación diaria (RR) > percentil 75 de las RR.

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

B. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA

ETO

Descripción: evapotranspiración de referencia (mm).

Es la evapotranspiración de referencia calculada mediante la formulación propuesta por Ur Agentzia, que está basada en el método FAO Penman-Monteith (⁴Allen *et al.*, 1998) y resumida en la ecuación siguiente (Ecuación 6, de Allen *et al.*, 1998):

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

Donde:

ET_0 = evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹).

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹) (Ecuación 13 de Allen *et al.*, 1998).

T = temperatura media del aire a 2 m de altura (°C).

u_2 = velocidad del viento a 2 m de altura (m s⁻¹), que se asumió igual a 2 m s⁻¹.

e_s = presión de vapor de saturación (kPa) (Ecuación 11 de Allen *et al.*, 1998).

e_a = presión real de vapor (kPa). Al aplicar la ecuación 14 de Allen *et al.* (1998), se asumió que la temperatura de rocío es igual a la temperatura mínima.

$e_s - e_a$ = déficit de presión de vapor (kPa).

γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹) (Ecuación 16 de Allen *et al.*, 1998).

G = flujo del calor de suelo (MJ m⁻² día⁻¹). Se asumió que era despreciable en comparación con la R_n .

R_n = radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻² día⁻¹). Es la diferencia entre la radiación neta de onda corta (R_{ns}) y la radiación neta de onda larga (R_{nl}) (Ecuación 40 de Allen *et al.*, 1998).

A la hora de calcular la radiación neta (R_n), se aplicó:

- La Ecuación 38 de Allen *et al.* (1998), para estimar la R_{ns} (asumiendo un albedo = 0.25).
- La ecuación 39 de Allen *et al.* (1998), para estimar la R_{nl} (asumiendo que la constante de Stefan-Boltzmann = $4.903 \cdot 10^{-9}$ MJ K⁻⁴ m⁻² día⁻¹).

En ambos casos es necesario estimar la radiación solar incidente (R_s), que fue calculada mediante la ecuación desarrollada por Hargreaves y Samani (Ecuación 50 de Allen *et al.*, 1998):

$$R_s = k_{RS} \times R_a \times \sqrt{TX - TN}$$

Donde

R_s = radiación solar diaria (MJ m⁻² d⁻¹).

R_a = radiación extraterrestre diaria (MJ m⁻² d⁻¹) (Ecuación 21 de Allen *et al.*, 1998).

TX = temperatura máxima del aire (°C).

TN = temperatura mínima del aire (°C).

k_{RS} = coeficiente de ajuste (°C^{-0.5}). Es un coeficiente empírico que oscila entre 0.162 y 0.19. En zonas de interior se utilizó un valor de $k_{RS} = 0.16$, mientras que en las zonas costeras se utilizó un valor de $k_{RS} = 0.19$. Se introdujo una modificación, respecto a la formulación propuesta por Ur Agentzia, en cuanto a la consideración de localizaciones de interior y de costa. Estas localizaciones se definieron en base a la distancia a costa y la existencia de

⁴ Allen R.G., Pereira L. S., Raes D. and Smith M. 1998. FAO, Irrigation and Drainage Paper 56. Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements). Rome, Italy, 300 pp.

bloqueos orográficos hacia el norte que limitaban la influencia de las masas de aire provenientes del Mar Cantábrico. En la Figura 47 se muestran los puntos de rejilla resultantes definidos como “costa” según los criterios anteriores.

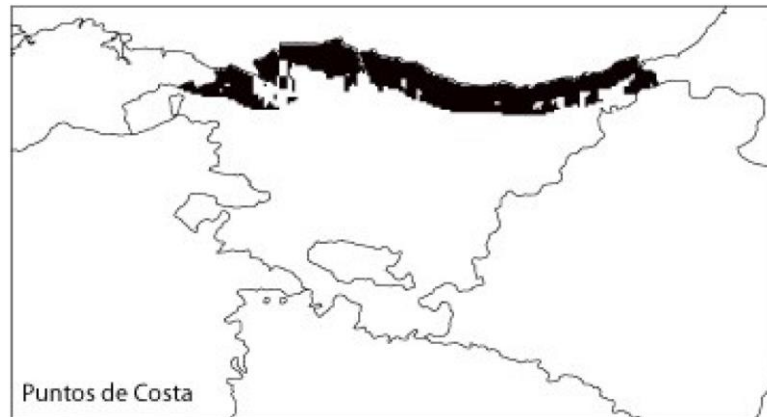


Figura 47. Zona considerada costera en la CAPV a efectos de cálculo de la evapotranspiración de referencia, siguiendo las directrices de la metodología propuesta por la FAO (Cuaderno nº 56, Allen *et al.*, 1998).

C. INDICADORES CALCULADOS A PARTIR DE PRECIPITACIONES

CDD

Descripción: Máximo del número de días secos consecutivos ($RR < 1$ mm) (días).

Es la longitud máxima de rachas secas. Es el mayor número de días consecutivos en los cuales: $RR_{ij} < 1$ mm (siendo RR_{ij} es la cantidad de precipitación diaria para el día i del periodo j).

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

CWD

Descripción: Número máximo de días húmedos consecutivos (días).

El indicador contabiliza, para el periodo j , el mayor número de días consecutivos con:

$RR_{ij} \geq 1$ mm (siendo RR_{ij} es la cantidad de precipitación diaria para el día i del periodo j).

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

PRCPR95

Descripción: Percentil 95 de la precipitación ($RR > 1.0$ mm) (mm).

Se entiende por precipitación aquella precipitación diaria que supera 1 mm ($RR > 1.0$ mm), es decir, la de días húmedos.

PRCPR99

Descripción: Percentil 99 de la precipitación ($RR > 1.0$ mm) (mm).

Se entiende por precipitación aquella precipitación diaria que supera 1 mm ($RR > 1.0$ mm), es decir, la de días húmedos.

PRCPTOT

Descripción: Precipitación total de días húmedos ($RR \geq 1$ mm) (mm).

Es la suma de las precipitaciones ocurridas en los días húmedos de un periodo j .

Se entiende por día húmedo aquél en el que la precipitación es igual o superior a 1 mm ($RR \geq 1.0$ mm).

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R10mm

Descripción: Número de días con precipitaciones fuertes (precipitación ≥ 10 mm) (días).

Es el número de días con:

$RR_{ij} \geq 10$ mm (donde RR_{ij} es la precipitación diaria para el día i del periodo j).

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R20mm

Descripción: Número de días con precipitaciones muy fuertes (precipitación ≥ 20 mm) (días).

Es el número de días con:

$RR_{ij} \geq 20$ mm (donde RR_{ij} es la precipitación diaria para el día i del periodo j).

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R95p

Descripción: Número de días muy húmedos (días).

Número de días con precipitación (RR) $>$ percentil 95 de las cantidades diarias.

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R95pTOT

Descripción: Proporción de la precipitación debida a días muy húmedos (> percentil 95) (%). Porcentaje de la precipitación total asociada a los días con precipitaciones superiores al percentil 95 (%).

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

R99pTOT

Descripción: Proporción de la precipitación debida a días extremadamente húmedos (> percentil 99) (%). Porcentaje de la precipitación total asociada a los días con precipitaciones superiores al percentil 99 (%).

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

RR1

Descripción: Número de días húmedos ($RR \geq 1$ mm) (días).
Número de días con precipitación igual o superior a 1 mm:
 $RR_{ij} \geq 1$ mm (donde RR_{ij} es la precipitación diaria para el día i del periodo j).

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

RV10year

Descripción: precipitación media máxima asociada a un periodo de retorno de 10 años (mm). Se calcula ajustando una distribución Generalizada de Valores Extremos (GEV) a los valores de precipitación máxima anuales. Dicho ajuste asume que los valores máximos anuales de precipitación son independientes e igualmente distribuidos. Para cada punto (observación, punto de grid o punto de la malla de Euro-CORDEX) se calcula la serie de máximos anuales de precipitación y se obtienen los tres parámetros de la GEV: localización, escala y forma. En función del parámetro de forma se distinguen tres tipos de distribución, Gumbel (forma=0), Frèchet (forma>0) y Weibull (forma<0), en función de que la probabilidad de valores altos decaiga de forma exponencial, polinomial o exista una cota a partir de la cual la probabilidad de ocurrencia es 0, respectivamente.

Los parámetros se ajustan para maximizar la verosimilitud. En el caso de que el intervalo de confianza al 95% del parámetro de forma contenga el valor 0, éste parámetro se define como 0 y se re-estiman el resto con esta restricción.

Finalmente, una vez estimados los parámetros de la función de distribución GEV (F), ésta puede ser utilizada para calcular los valores de retorno a cualquier periodo dado (T), sin más que obtener el cuartil (q) el cual se sobrepasa con probabilidad $1/T$, es decir $F(q)=1-1/T$. En este caso, el valor de T viene dado en años y se corresponderá con $T=10$.

RV25year

Descripción: precipitación media máxima asociada a un periodo de retorno de 25 años (mm). (Ver "RV10year" para más información).

RV50year

Descripción: precipitación media máxima asociada a un periodo de retorno de 50 años (mm). (Ver "RV10year" para más información).

RV100year

Descripción: precipitación media máxima asociada a un periodo de retorno de 100 años (mm).
(Ver “RV10year” para más información).

Rx1day

Descripción: Máximo de la precipitación acumulada en 1 día (mm).
Es la precipitación máxima acumulada en un día para el periodo j :
 $RX1day_j = \max(RR_{ij})$

Donde, RR_{ij} es la precipitación diaria para el día i del periodo j .

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

Rx5day

Descripción: Máximo de la precipitación acumulada en 5 días (mm).
Es la precipitación máxima acumulada de cinco días para el periodo j :
 $RX5day_j = \max(RR_{kj})$

Donde, RR_{kj} es la cantidad de precipitación para un intervalo k de cinco días del periodo j , donde k viene definido por el último día.

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

SDII

Descripción: Índice de intensidad diaria simple (mm/día húmedo).
Es el valor promedio de la cantidad de precipitación ocurrida en los días húmedos ($RR \geq 1.0$ mm) de un periodo j .

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

D. INDICADORES CALCULADOS A PARTIR DE TEMPERATURAS MEDIAS

GSL

Descripción: duración o longitud de la estación de crecimiento (días).

Es el número de días que transcurren entre:

- el primer episodio con al menos 6 días consecutivos con:
 $TG_{ij} > 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (donde, TG_{ij} es la temperatura media para el día i del periodo j)
- y el primer episodio después del 1 de julio con al menos 6 días consecutivos con:
 $TG_{ij} < 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TG

Descripción: media de temperaturas medias diarias ($^{\circ}\text{C}$).

Es el valor promedio de las temperaturas medias diarias (TG_{ij}) de un periodo j .

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TG05A

Descripción: Número de días con temperatura media superior a 5°C ($TG_{ij} > 5$) (días).

TG05B

Descripción: Número de días con temperatura media inferior a 5°C ($TG_{ij} < 5$) (días).

TG10A

Descripción: Número de días con temperatura media superior a 10°C ($TG_{ij} > 10$) (días).

TG10B

Descripción: Número de días con temperatura media inferior a 10°C ($TG_{ij} < 10$) (días).

E. INDICADORES CALCULADOS A PARTIR DE TEMPERATURAS MÁXIMAS

HWA

Descripción: Temperatura máxima media durante la ola de calor (°C).

Es el promedio de las temperaturas máximas diarias durante un evento de ola de calor.

La ola de calor se define como WSDI, es decir, rachas de al menos 6 días consecutivos con TX > percentil 90 (donde, TX es la temperatura máxima diaria).

HWF

Descripción: Duración de olas de calor (días/ola).

Es la longitud de los eventos de ola de calor, concretamente, el promedio del número de días que componen una ola de calor.

La ola de calor se define como WSDI, es decir, rachas de al menos 6 días consecutivos con TX > percentil 90 (donde, TX es la temperatura máxima diaria).

ID

Descripción: Número de días con helada (TX < 0°C) (días).

Es, para el período j , el número de días con una temperatura máxima diaria (TX_{ij}) inferior a 0°C: TX_{ij} < 0°C.

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

PRCTX10

Descripción: Percentil 10 de las temperaturas máximas diarias (TX) (°C).

Se entiende por TX_{ij} la temperatura máxima diaria del día i en del periodo j .

PRCTX90

Descripción: Percentil 90 de las temperaturas máximas diarias (TX) (°C).

Se entiende por TX_{ij} la temperatura máxima diaria del día i en del periodo j .

PRCTX95

Descripción: Percentil 95 de las temperaturas máximas diarias (TX) (°C).

Se entiende por TX_{ij} la temperatura máxima diaria del día i en del periodo j .

SU

Descripción: número de días de verano (TX > 25°C) (días).

Es el número de días en los cuales se superan los 25°C:

TX_{ij} > 25°C (donde, TX_{ij} es la temperatura máxima diaria el día i del periodo j .)

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

SU30

Descripción: número de días con TX > 30°C (días).

Es el número de días en los cuales se superan los 30°C:

TX_{ij} > 30°C (donde, TX_{ij} es la temperatura máxima diaria el día i del periodo j .)

SU30EX

Descripción: magnitud media de las temperaturas que exceden de una TX = 30°C.

Sea TX la temperatura máxima diaria. Este indicador es el valor promedio de la diferencia entre la TX en los días en que se supera el umbral de 30°C y dicho umbral (30°C).

SU33

Descripción: número de días con $TX > 33^{\circ}\text{C}$ (días).

Es el número de días en los cuales se superan los 33°C:

$TX_{ij} > 33^{\circ}\text{C}$ (donde, TX_{ij} es la temperatura máxima diaria el día i del periodo j .)

SU33EX

Descripción: magnitud media de las temperaturas que exceden de una $TX = 33^{\circ}\text{C}$.

Sea TX la temperatura máxima diaria. Este indicador es el valor promedio de la diferencia entre la TX en los días en que se supera el umbral de 33°C y dicho umbral (33°C).

SU34

Descripción: número de días con $TX > 34^{\circ}\text{C}$ (días).

Es el número de días en los cuales se superan los 34°C:

$TX_{ij} > 34^{\circ}\text{C}$ (donde, TX_{ij} es la temperatura máxima diaria el día i del periodo j .)

SU34EX

Descripción: magnitud media de las temperaturas que exceden de una $TX = 34^{\circ}\text{C}$.

Sea TX la temperatura máxima diaria. Este indicador es el valor promedio de la diferencia entre la TX en los días en que se supera el umbral de 34°C y dicho umbral (34°C).

SU35

Descripción: número de días con $TX > 35^{\circ}\text{C}$ (días).

Es el número de días en los cuales se superan los 35°C:

$TX_{ij} > 35^{\circ}\text{C}$ (donde, TX_{ij} es la temperatura máxima diaria el día i del periodo j .)

SU35EX

Descripción: magnitud media de las temperaturas que exceden de una $TX = 35^{\circ}\text{C}$.

Sea TX la temperatura máxima diaria. Este indicador es el valor promedio de la diferencia entre la TX en los días en que se supera el umbral de 35°C y dicho umbral (35°C).

SU36

Descripción: número de días con $TX > 36^{\circ}\text{C}$ (días).

Es el número de días en los cuales se superan los 36°C:

$TX_{ij} > 36^{\circ}\text{C}$ (donde, TX_{ij} es la temperatura máxima diaria el día i del periodo j .)

SU36EX

Descripción: magnitud media de las temperaturas que exceden de una $TX = 36^{\circ}\text{C}$.

Sea TX la temperatura máxima diaria. Este indicador es el valor promedio de la diferencia entre la TX en los días en que se supera el umbral de 36°C y dicho umbral (36°C).

SU37

Descripción: número de días con $TX > 37^{\circ}\text{C}$ (días).

Es el número de días en los cuales se superan los 37°C:

$TX_{ij} > 37^{\circ}\text{C}$ (donde, TX_{ij} es la temperatura máxima diaria el día i del periodo j .)

SU37EX

Descripción: magnitud media de las temperaturas que exceden de una $TX = 37^{\circ}\text{C}$.

Sea TX la temperatura máxima diaria. Este indicador es el valor promedio de la diferencia entre la TX en los días en que se supera el umbral de 37°C y dicho umbral (37°C).

SU38

Descripción: número de días con $TX > 38^{\circ}\text{C}$ (días).

Es el número de días en los cuales se superan los 38°C:

$TX_{ij} > 38^{\circ}\text{C}$ (donde, TX_{ij} es la temperatura máxima diaria el día i del periodo j .)

SU38EX

Descripción: magnitud media de las temperaturas que exceden de una $TX = 38^{\circ}\text{C}$.

Sea TX la temperatura máxima diaria. Este indicador es el valor promedio de la diferencia entre la TX en los días en que se supera el umbral de 38°C y dicho umbral (38°C).

SU39

Descripción: número de días con $TX > 39^{\circ}\text{C}$ (días).

Es el número de días en los cuales se superan los 39°C:

$TX_{ij} > 39^{\circ}\text{C}$ (donde, TX_{ij} es la temperatura máxima diaria el día i del periodo j .)

SU39EX

Descripción: magnitud media de las temperaturas que exceden de una $TX = 39^{\circ}\text{C}$.

Sea TX la temperatura máxima diaria. Este indicador es el valor promedio de la diferencia entre la TX en los días en que se supera el umbral de 39°C y dicho umbral (39°C).

SU40

Descripción: número de días con $TX > 40^{\circ}\text{C}$ (días).

Es el número de días en los cuales se superan los 40°C:

$TX_{ij} > 40^{\circ}\text{C}$ (donde, TX_{ij} es la temperatura máxima diaria el día i del periodo j .)

SU40EX

Descripción: magnitud media de las temperaturas que exceden de una $TX = 40^{\circ}\text{C}$.

Sea TX la temperatura máxima diaria. Este indicador es el valor promedio de la diferencia entre la TX en los días en que se supera el umbral de 40°C y dicho umbral (40°C).

TX

Descripción: media de temperaturas máximas diarias ($^{\circ}\text{C}$).

Es el valor promedio de las temperaturas máximas diarias (TX_{ij}) de un periodo j .

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TX10p

Descripción: Número de días fríos ($TX <$ percentil 10 de las TX).

Es el número de días en los que la temperatura máxima diaria de un periodo j (TX_{ij}) es inferior al percentil 10 (TX_{in10}):

$TX_{ij} < TX_{in10}$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TX90P

Descripción: Número de días cálidos ($TX >$ percentil 90 de las TX).

Es el número de días en los que la temperatura máxima diaria de un periodo j (TX_{ij}) es superior al percentil 90 (TX_{in90}):

$TX_{ij} > TX_{in90}$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TXn

Descripción: Mínimo de las temperaturas máximas diarias (°C).

Es el valor mínimo, para el periodo j , de las temperaturas máximas diarias (TX_{ij}):

$TX_n = \min(TX_{ij})$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TXx

Descripción: Máximo de las temperaturas máximas diarias (°C).

Es el valor máximo, para el periodo j , de las temperaturas máximas diarias (TX_{ij}):

$TX_x = \max(TX_{ij})$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

WSDI

Descripción: Índice de número de rachas cálidas u “olas de calor” (eventos).

Este indicador define la ola de calor como una racha de al menos 6 días consecutivos con temperaturas máximas diarias (TX_{ij}) superiores al percentil 90 (TX_{in90}):

$TX_{ij} > TX_{in90}$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

F. INDICADORES CALCULADOS A PARTIR DE TEMPERATURAS MÍNIMAS

CFD

Descripción: número máximo de días de helada consecutivos ($TN < 0^{\circ}C$) (días).

Es, en un periodo j , el mayor número de días consecutivos en los cuales la temperatura mínima diaria (TN_{ij}) es inferior a $0^{\circ}C$:

$$TN_{ij} < 0^{\circ}C$$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

CSDI

Descripción: Índice de duración de rachas frías u “olas de frío” (días).

Es el número de días para un periodo j donde, en intervalos de al menos 6 días consecutivos, la temperatura mínima diaria (TN_{ij}) es inferior al percentil 10 (TN_{in10}):

$$TN_{ij} < TN_{in10}$$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

FD

Descripción: Número de días de helada ($TN < 0^{\circ}C$) (días).

Es, para el periodo j , el número de días con temperaturas mínimas diarias (TN_{ij}) inferiores a $0^{\circ}C$:

$$TN_{ij} < 0^{\circ}C$$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

PRCTN10

Descripción: Percentil 10 de las temperaturas mínimas diarias (TN) ($^{\circ}C$).

Se entiende por TN_{ij} la temperatura mínima diaria del día i en del periodo j .

TN

Descripción: media de temperaturas mínimas diarias ($^{\circ}C$).

Es el valor promedio de las temperaturas mínimas diarias (TN_{ij}) de un periodo j .

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TN10p

Descripción: Número de noches frías (días con $TN >$ percentil 10 de las TN) (días).

Es, para un periodo j , el número de días en los que la temperatura mínima diaria (TN_{ij}) es inferior al percentil 10 (TN_{in10}):

$$TN_{ij} < TN_{in10}$$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TN90p

Descripción: Número de noches cálidas (días con $TN >$ percentil 90 de las TN) (días).

Es, para un periodo j , el número de días en los que la temperatura mínima diaria (TN_{ij}) es superior al percentil 90 (TN_{in90}):

$$TN_{ij} > TN_{in90}$$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TNn

Descripción: Mínimo de las temperaturas mínimas diarias (°C).

Es, para el periodo j , el valor mínimo de las temperaturas mínimas diarias (TN_{ij}):

$$TNn_j = \min(TN_{ij})$$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TNx

Descripción: Máximo de las temperaturas mínimas diarias (°C).

Es, para el periodo j , el valor máximo de las temperaturas mínimas diarias (TN_{ij}):

$$TNx_j = \max(TN_{ij})$$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

TR

Descripción: Número de noches tropicales ($TN > 20^\circ\text{C}$) (días).

Es, para el periodo j , el número de días en los cuales la temperatura mínima diaria (TN_{ij}) supera los 20°C :

$$TN_{ij} > 20^\circ\text{C}$$

(ver: <http://eca.knmi.nl/indicesextremes/indicesdictionary.php>)

ANEXO II. ESTACIONES METEOROLÓGICAS

En el presente anexo se identifican las estaciones meteorológicas de las cuales se dispuso, así como las que finalmente se utilizaron para obtener el atlas climático de referencia a una resolución espacial de $\sim 1\text{km}^2$.

Tabla 3. Identificación de estaciones meteorológicas con datos disponibles para el presente estudio.

Código	Nombre	Longitud (°, WGS84)	Latitud (°, WGS84)	Altitud (m)	Fuente
1001	ZUGARRAMURDI	-1.5492	43.2922	120	AEMET
1002E	SEÑORIO DE BERTIZ	-1.6122	43.1389	146	AEMET
1006	SANTESTEBAN	-1.6639	43.1294	131	AEMET
1007	SUMBILLA	-1.6728	43.1644	120	AEMET
1009	ETXALAR	-1.6431	43.2342	93	AEMET
1010U	VERA DE BIDASOA	-1.6758	43.2806	35	AEMET
1011I	LESACA	-1.7042	43.2453	75	AEMET
1012	LESAKA (PRESA DE SAN ANTON)	-1.7742	43.2722	225	AEMET
1014	FUENTERRABIA (AEROPUERTO)	-1.7903	43.3567	8	AEMET
1016	OYARZUN (ARDITURRI)	-1.8047	43.2847	280	AEMET
1020	GOIZUETA	-1.8536	43.1686	320	AEMET
1020I	ARANO (C. ARRAMBIDE)	-1.8769	43.2083	70	AEMET
1021	ARTICUTZA	-1.7967	43.2133	305	AEMET
1021E	RENTERIA (PRESA DEL ANARBE)	-1.8797	43.2111	120	AEMET
1024	SAN SEBASTIAN (ATEGORRIETA)	-1.9506	43.3222	8	AEMET
1024E	SAN SEBASTIAN (IGUELDO)	-2.0394	43.3075	252	AEMET
1025N	ARRIARAN (PRESA)	-2.2381	43.0728	255	AEMET
1026A	ORDIZIA-CENTRAL AGUAS	-2.1858	43.0564	195	AEMET
1026B	LAREO	-2.1097	42.9758	745	AEMET
1029C	AZPIROZ-CASA CIA	-1.9219	43.0225	545	AEMET
1029E	BETELU	-1.9769	43.0242	237	AEMET
1031	ELDUAYEN	-2.0019	43.1389	256	AEMET
1032V	LEIZA (LUIS EMBORDA)	-1.8853	43.0892	670	AEMET
1033E	ARESO-GUERENOENEA	-1.9494	43.0861	520	AEMET
1033U	URNIETA (VIVERO)	-1.9903	43.2319	75	AEMET
1035	LASARTE-MICHELIN	-2.0211	43.2742	85	AEMET
1035U	AYA-LAURGAIN	-2.1669	43.2486	320	AEMET
1036O	LEGAZPIA (BARRENDIOLA)	-2.3428	43.0125	501	AEMET
1037	LEGAZPIA	-2.3344	43.0583	402	AEMET
1037O	AZCOITIA	-2.3300	43.1692	114	AEMET
1041	ZUMAYA-CARMELITAS	-2.2583	43.2972	200	AEMET
1044D	ARAMAYONA ECHAGUEN	-2.5894	43.0653	619	AEMET
1046	ARANZAZU (NUESTRA SENORA)	-2.3964	42.9792	770	AEMET
1048	ARETXABALETA-URKULU	-2.4711	43.0244	335	AEMET
1049	BERGARA (ALBITXU)	-2.4261	43.1306	205	AEMET
1049O	ELGUETA (AIXOLA)	-2.5072	43.1639	262	AEMET
1049U	ERMUA	-2.5081	43.1911	240	AEMET
1050	EIBAR-BANCO DE PRUEBAS	-2.4706	43.1856	121	AEMET
1050L	ELGOIBAR-SANTA CLARA	-2.4183	43.2158	50	AEMET
1055A	LEKEITIO-AGUSTINAS	-2.5061	43.3639	15	AEMET

1057E	BAKIO	-2.8158	43.4236	40	AEMET
1059	PUNTA GALEA (GOLF)	-3.0194	43.3750	90	AEMET
1060	AMURRIO (INSTITUTO)	-3.0061	43.0514	219	AEMET
1070	ABADIANO (MENDIOLA)	-2.6131	43.1417	160	AEMET
1075E	ARANZAZU	-2.7894	43.1486	98	AEMET
1077P	VILLASANA DE MENA (E.F.P.)	-3.2839	43.0986	312	AEMET
1078E	BALMASEDA	-3.1894	43.2028	320	AEMET
1081U	DERIO-NEIKER	-2.8669	43.3008	67	AEMET
1082	BILBAO (AEROPUERTO)	-2.9058	43.2981	39	AEMET
1083	ARCENTALES	-3.2186	43.2400	220	AEMET
1083G	ONTON	-3.1742	43.3556	80	AEMET
1083I	CASTRO URDIALES	-3.2158	43.3861	16	AEMET
1084F	GURIEZO (G.C.)	-3.3269	43.3556	77	AEMET
1086	LAREDO	-3.4103	43.4056	80	AEMET
1087	LIMPIAS	-3.4269	43.3611	29	AEMET
1089	ARREDONDO	-3.5958	43.2736	140	AEMET
1089A	ARREDONDO (G.C.)	-3.6019	43.2722	160	AEMET
1090E	FRESNEDO DE SOBA	-3.4742	43.1889	521	AEMET
1092A	RAMALES DE LA VICTORIA (G.C.)	-3.4658	43.2528	84	AEMET
1093	CARRANZA	-3.3597	43.2217	220	AEMET
1093A	CARRANZA GC	-3.3547	43.2361	239	AEMET
1095C	UDALLA	-3.4547	43.3167	80	AEMET
1095E	COTERILLO DE AMPUERO	-3.4325	43.3375	25	AEMET
1096U	TRETO	-3.4686	43.4000	1	AEMET
1097	SANTONA	-3.4603	43.4417	7	AEMET
9036V	BARCINA DE LOS MONTES IBERD	-3.3222	42.7136	840	AEMET
9037	ONA-IBERDUERO	-3.4131	42.7306	598	AEMET
9044	MINON	-3.5006	42.9450	595	AEMET
9046	ESPINOSA DE LOS MONTEROS(IB)	-3.5567	43.0758	762	AEMET
9047C	REVILLA DE PIENZA IBERD	-3.4833	43.0147	660	AEMET
9048	CASTROBARTO	-3.3936	43.0411	693	AEMET
9048A	CASTROBARTO2	-3.3844	43.0422	690	AEMET
9048O	OTEO DE LOSA IBERD	-3.3158	43.0000	736	AEMET
9051	MEDINA DE POMAR (IBERDUERO)	-3.4781	42.9275	601	AEMET
9051U	CEBOLLEROS IBERD	-3.4219	42.8611	598	AEMET
9052	NOFUENTES	-3.4172	42.8403	559	AEMET
9052U	TRESPADERNE IBERD	-3.3908	42.8022	551	AEMET
9054	QUINCOCES DE YUSO (IBERDUERO)	-3.2472	42.9919	653	AEMET
9054A	SAN LLORENTE DE LOSA	-3.2417	42.9708	630	AEMET
9055	VILLANO DE LOSA IBERD	-3.1228	42.9672	800	AEMET
9055O	SAN MARTIN DE LOSA IBERD	-3.1875	42.9583	703	AEMET
9056	CRIALES DE LOSA	-3.3303	42.9178	645	AEMET
9058U	FRIAS IBERD	-3.2956	42.7619	580	AEMET
9059O	QUINTANA MARTIN GALINDEZ (CENTRAL IBERDUERO)	-3.2617	42.7861	520	AEMET
9060	HERRAN DE TOBALINA	-3.2297	42.8236	697	AEMET
9060D	LALASTRA (P.N. VALDEREJO)	-3.2300	42.8783	911	AEMET
9062O	SAN MILLAN S.ZADORNIL (IBERDUERO)	-3.1397	42.8525	603	AEMET
9062V	VILLANUEVA DE VALDEGOVIA	-3.1028	42.8486	590	AEMET
9063I	BERBERANA IBERD	-3.0603	42.9183	624	AEMET
9063O	OSMA DE ALAVA IBERD	-3.0644	42.8908	575	AEMET
9064	SALINAS DE A/ANA	-2.9881	42.8019	566	AEMET
9064A	SALINAS DE ANANA (MONASTERIO)	-2.9836	42.7978	620	AEMET
9064I	ESPEJO	-3.0489	42.8092	500	AEMET

9065I	PUNTELARRA IBERD	-3.0472	42.7500	473	AEMET
9065M	SANTA GADEA DEL CID IBERD	-3.0589	42.7158	507	AEMET
9067U	CUBO DE BUREBA IBERD	-3.2058	42.6403	684	AEMET
9069	MIRANDA DE EBRO	-2.9556	42.6783	520	AEMET
9072G	IZARRA (DFA)	-2.9031	42.9542	634	AEMET
9072I	SENDADIANO	-2.9094	42.8894	604	AEMET
9072X	MIRANDA DE EBRO-MONTEFIBRE	-2.9297	42.6833	458	AEMET
9073I	OPACUA	-2.3592	42.8269	674	AEMET
9074A	SALVATIERRA COL CLARET	-2.3931	42.8536	590	AEMET
9074C	ARRIOLA	-2.3928	42.9122	638	AEMET
9074O	AUDICANA (IBERDUERO)	-2.4869	42.8825	580	AEMET
9076	ULLIVARRI GAMBOA (PRESA)	-2.6097	42.9297	570	AEMET
9076G	DURANA (AMVISA)	-2.6358	42.9000	540	AEMET
9077E	OCHANDIANO IBERDUERO	-2.6561	43.0406	559	AEMET
9078	ALBINA (EMBALSE)	-2.6297	42.9925	600	AEMET
9080	URRUNAGA (PRESA)	-2.6508	42.9583	540	AEMET
9081	RETANA AMVISA	-2.6508	42.9025	527	AEMET
9082T	GAUNA (LA ILARRA)	-2.5000	42.8250	599	AEMET
9084U	ESCALMENDI	-2.6414	42.8797	515	AEMET
9085C	ARACA (AMVISA)	-2.6728	42.8889	563	AEMET
9085I	GAMIZ	-2.6186	42.8186	575	AEMET
9086	ARCAUTE	-2.6247	42.8522	515	AEMET
9088O	KRISPIJANA (AMVISA)	-2.7347	42.8561	500	AEMET
9089C	MURUA (AMVISA)	-2.7372	42.9769	618	AEMET
9092C	MARTIODA	-2.7806	42.8758	521	AEMET
9094U	ARMINON	-2.8728	42.7231	467	AEMET
9095	BAJAURI BUSTURIA	-2.5675	42.6531	785	AEMET
9095E	ARLUCEA	-2.5436	42.7269	774	AEMET
9097O	ARRIETA	-2.7261	42.7667	640	AEMET
9103	PENACERRADA	-2.7142	42.6439	744	AEMET
9103I	BERGANZO IBERD	-2.7833	42.6492	578	AEMET
9103X	ZAMBRANA	-2.8797	42.6611	459	AEMET
9113I	SAN MILLAN DE YECORA IBERD	-3.0964	42.5472	675	AEMET
9113U	LEIVA	-3.0478	42.5028	578	AEMET
9115I	CUZCURRITA RIO TIRON	-2.9603	42.5403	519	AEMET
9118	SANTO DOMINGO DE LA CALZADA	-2.9214	42.4406	638	AEMET
9118E	CASTANARES DE RIOJA	-2.9303	42.5117	540	AEMET
9121	HARO	-2.8519	42.5750	479	AEMET
9121B	HARO IBERD	-2.8561	42.5811	479	AEMET
9121E	ZARRATON IBERD	-2.8811	42.5161	563	AEMET
9138Z	BANOS DE RIO TOBIA	-2.7589	42.3322	575	AEMET
9139	CAMPROVIN	-2.7233	42.3519	690	AEMET
9145	CENICERO BODEGA	-2.6467	42.4817	437	AEMET
9145A	CENICERO INDUSTRIAL	-2.6425	42.4822	430	AEMET
9145E	ELCIEGO	-2.6194	42.5167	460	AEMET
9145F	LEZA (DFA2)	-2.6367	42.5675	575	AEMET
9146	SOTES	-2.6208	42.4008	650	AEMET
9146I	LAGUARDIA	-2.5828	42.5542	620	AEMET
9146V	LA PUEBLA DE LA BARCA	-2.5728	42.4936	400	AEMET
9147M	LOGRONO 'GEOFISICO'	-2.5033	42.4578	445	AEMET
9148	LOGRONO-AGROMETEOROLOGICA (LOGRONO-OBSERVATORIO)	-2.4575	42.4750	379	AEMET
9160	VAREA (VIVEROS PROVEDO)	-2.4058	42.4658	370	AEMET
9160I	VIANA	-2.3739	42.5125	430	AEMET

9170	LOGRONO-AGONCILLO	-2.3308	42.4517	352	AEMET
9171C	CABREGA	-2.2525	42.6206	594	AEMET
9171I	LOS ARCOS	-2.1947	42.5692	446	AEMET
9175	LAGRAN (VILLAVERDE)	-2.5856	42.6250	756	AEMET
9176	BERNEDO	-2.4975	42.6258	740	AEMET
9176U	GENEVILLA	-2.3925	42.6431	630	AEMET
9178	ALDA	-2.3336	42.7528	816	AEMET
9178C	SANTA CRUZ CAMPEZO D F A	-2.3447	42.6717	578	AEMET
9178H	GALBARRA	-2.2503	42.7111	579	AEMET
9178O	IGUZQUIZA	-2.0831	42.6464	522	AEMET
9179	LARRAONA	-2.2528	42.7789	771	AEMET
9179U	AMILLANO	-2.0725	42.7175	495	AEMET
9180E	ESTELLA (AUTOMATICA)	-2.0389	42.6750	490	AEMET
9182E	URBASA	-2.1678	42.8219	888	AEMET
9182I	ARRONIZ	-2.0883	42.5919	572	AEMET
9269	ALSASUA	-2.1817	42.8889	525	AEMET
9271A	ALLI-LARRAUN	-1.8981	42.9931	580	AEMET
9274U	IRURZUN	-1.8328	42.9186	442	AEMET
9275B	GONI	-1.9033	42.8522	865	AEMET
C037	VENTA ALTA	-2.8998	43.2165	162	EUSKALMET
E000	OLABARRIA	-2.7411	43.0783	218	EUSKALMET
C068	ILARDUIA	-2.2862	42.8740	596	EUSKALMET
C038	GALINDO	-2.9988	43.3062	5	EUSKALMET
G0E7	ESTANDA (ESTANDA)	-2.2188	43.0520	195	EUSKALMET
G0E9	ALEGIA (ORIA)	-2.1049	43.1018	90	EUSKALMET
G0EA	BELAUNTZA (BERASTEGI)	-2.0485	43.1424	105	EUSKALMET
G0F0	EREÑOZU (URUMEA)	-1.9392	43.2420	25	EUSKALMET
G0F4	OIARTZUN (OIARTZUN)	-1.8846	43.3087	53	EUSKALMET
G0E5	AGAUNTZA (AGAUNTZA)	-2.1775	43.0179	180	EUSKALMET
G0B6	BERNA (IBAIZABAL)	-2.6724	43.1871	95	EUSKALMET
G0C1	ARANGUREN (KADAGUA)	-3.1276	43.2137	92	EUSKALMET
G0C2	BALMASEDA (KADAGUA)	-3.2191	43.1771	178	EUSKALMET
G0D0	URKULU (EMBALSE)	-2.4724	43.0130	340	EUSKALMET
G0D1	ZUBILLAGA (OÑATI)	-2.4376	43.0621	195	EUSKALMET
G0D2	SAN PRUDENTZIO (DEBA)	-2.4475	43.0835	175	EUSKALMET
G0D3	AIXOLA (EMBALSE)	-2.5012	43.1547	320	EUSKALMET
G0DC	IBAI EDER (IBAI EDER)	-2.2560	43.1751	90	EUSKALMET
G0B4	OROZKO (ALTUBE)	-2.9154	43.0864	200	EUSKALMET
G0DD	AIZARNAZABAL (UROLA)	-2.2422	43.2553	25	EUSKALMET
G071	JAIZKIBEL (REPETIDOR)	-1.8597	43.3446	545	EUSKALMET
G072	ORDUÑA (REPETIDOR)	-3.0373	42.9837	934	EUSKALMET
G077	ANDOAIN (LEITZARAN)	-2.0156	43.2109	52	EUSKALMET
G078	ALTZOLA (DEBA)	-2.3978	43.2419	17	EUSKALMET
G079	AMOREBIETA (IBAIZABAL)	-2.7330	43.2185	65	EUSKALMET
G0B1	ABUSU (NERBIOI)	-2.9136	43.2474	23	EUSKALMET
G0B2	ZARATAMO (NERBIOI)	-2.8794	43.2200	65	EUSKALMET
G0B3	URKIZU (ARRATIA)	-2.7721	43.1849	75	EUSKALMET
G070	ZALDIARAN (REPETIDOR)	-2.7364	42.7966	980	EUSKALMET
G055	OZAETA (BARRUNDIA)	-2.4931	42.9130	548	EUSKALMET
G056	ALEGRÍA (CANAL)	-2.5240	42.8447	545	EUSKALMET
G057	MUNGIA (DEPURADORA)	-2.8470	43.3630	22	EUSKALMET
G058	BIDANIA (DEPÓSITO)	-2.1550	43.1460	592	EUSKALMET
G059	ORDUNTE (EMBALSE)	-3.2840	43.1623	300	EUSKALMET
G063	MUXIKA (OKA)	-2.6891	43.2897	16	EUSKALMET

G064	ZARAUTZ (CAMPING)	-2.1454	43.2930	80	EUSKALMET
G067	GARDEA (NERBIOI)	-2.9803	43.1272	141	EUSKALMET
G054	OTXANDIO (URKIOLA)	-2.6576	43.0423	556	EUSKALMET
G047	KAPILDUI (REPETIDOR)	-2.5379	42.7680	1173	EUSKALMET
G048	HERRERA (PUERTO)	-2.6762	42.5978	1188	EUSKALMET
G049	SUBIJANA (PEAJE)	-2.8933	42.8196	537	EUSKALMET
G050	ZAMBRANA (PEAJE)	-2.8869	42.6751	470	EUSKALMET
G051	SARATXO (NERBIOI)	-3.0040	43.0342	230	EUSKALMET
G052	LEITZARAN (CENTRAL)	-1.9509	43.1417	285	EUSKALMET
G053	BARAZAR (PUERTO)	-2.7105	43.0703	608	EUSKALMET
G046	OIZ (REPETIDOR)	-2.5954	43.2304	980	EUSKALMET
G035	ALTUBE (PEAJE)	-2.8680	42.9661	618	EUSKALMET
G040	GASTEIZ (LAKUA)	-2.6890	42.8604	546	EUSKALMET
G041	NAVARRETE	-2.5232	42.6380	689	EUSKALMET
G042	PUNTA GALEA (FARO)	-3.0361	43.3752	61	EUSKALMET
G043	ORDIZIA (OIANGU)	-2.1776	43.0484	243	EUSKALMET
G044	GORBEA (EMBALSE)	-2.7352	42.9995	662	EUSKALMET
G045	LA GARBEA (REPETIDOR)	-3.1937	43.2170	717	EUSKALMET
G033	IGORRE (DEPÓSITO)	-2.7842	43.1686	150	EUSKALMET
G001	ARKAUTE I (GRANJA)	-2.6270	42.8538	517	EUSKALMET
G003	DERIO (GRANJA)	-2.8734	43.2931	30	EUSKALMET
G022	URKIOLA (PUERTO)	-2.6466	43.1020	709	EUSKALMET
G023	ARRASATE - MONDRAGÓN	-2.4931	43.0715	318	EUSKALMET
G024	ITURRIETA (GRANJA)	-2.3458	42.7955	987	EUSKALMET
G027	LLODIO (DEPURADORA)	-2.9508	43.1423	207	EUSKALMET
G030	SALVATIERRA (DEPURADORA)	-2.3954	42.8582	589	EUSKALMET
G0C4	SODUPE-HERRERIAS	-3.0446	43.2024	70	EUSKALMET
G080	AÑARBE	-1.8498	43.2276	184	EUSKALMET
G0DB	AITZU (ALTO UROLA)	-2.3230	43.1141	312	EUSKALMET
G037	BILBAO-BASURTO	-2.9522	43.2643	47	EUSKALMET
G028	ZEGAMA	-2.2985	42.9588	520	EUSKALMET
G029	GRANJA FRAISORO	-2.0618	43.1901	149	EUSKALMET
G026	BERASTEGI	-1.9817	43.1248	379	EUSKALMET
G074	ELORRIO	-2.5585	43.1306	170	EUSKALMET
G0EC	LASARTE	-2.0211	43.2527	18	EUSKALMET
G065	CERROJA-KARRANTZA	-3.4071	43.2112	677	EUSKALMET
G076	ABETXUKO	-2.6688	42.8755	510	EUSKALMET
G0C3	SODUPE-CADAGUA	-3.0493	43.2045	80	EUSKALMET
G098	PERFILADOR DE VIENTOS (VIENTO)	-3.0363	43.3753	61	EUSKALMET
G099	PERFILADOR DE VIENTOS (Tª)	-3.0363	43.3753	61	EUSKALMET
G036	IURRETA	-2.6220	43.1769	175	EUSKALMET
G039	DEUSTO	-2.9679	43.2834	3	EUSKALMET
G0BA	OLETA	-2.5088	43.3448	14	EUSKALMET
G0BE	BERRIATUA	-2.4762	43.3063	25	EUSKALMET
G0E1	AMUNDARAIN	-2.1509	43.0335	111	EUSKALMET
G0DE	MATXINBENTA	-2.2351	43.1135	250	EUSKALMET
B096	BOYA DE PASAIA	-1.9275	43.3390	0	EUSKALMET
G069	ALMIKE	-2.7323	43.4137	106	EUSKALMET
G0B7	MAÑARIA (IZURTZA)	-2.6466	43.1437	168	EUSKALMET
B093	PUERTO DE ONDARROA	-2.4157	43.3277	0	EUSKALMET
B091	PUERTO DE ARMINTZA	-2.8992	43.4377	0	EUSKALMET
B090	PUNTA LUCERO	-3.0847	43.3794	0	EUSKALMET
C065	CERROJA-KARRANTZA	-3.4071	43.2112	677	EUSKALMET
C047	KAPILDUI (REPETIDOR)	-2.5379	42.7680	1173	EUSKALMET

C040	GASTEIZ (LAKUA)	-2.6890	42.8604	546	EUSKALMET
C063	MUXIKA (OKA)	-2.6891	43.2897	16	EUSKALMET
C021	ROITEGI	-2.3710	42.7837	980	EUSKALMET
C053	BARAZAR (PUERTO)	-2.7105	43.0703	608	EUSKALMET
C030	SALVATIERRA (DEPURADORA)	-2.3954	42.8582	589	EUSKALMET
C060	PÁGANOS	-2.6006	42.5605	577	EUSKALMET
C043	ORDIZIA (OIANGU)	-2.1776	43.0484	243	EUSKALMET
C076	ABETXUKO	-2.6688	42.8755	510	EUSKALMET
C0EA	BELAUNTZA (BERASTEGI)	-2.0485	43.1424	105	EUSKALMET
C026	BERASTEGI	-1.9817	43.1248	379	EUSKALMET
C028	ZEGAMA	-2.2985	42.9588	520	EUSKALMET
C0E7	ESTANDA (ESTANDA)	-2.2188	43.0520	195	EUSKALMET
C034	ESPEJO	-3.0410	42.8078	504	EUSKALMET
C0D0	URKULU (EMBALSE)	-2.4724	43.0130	340	EUSKALMET
C074	ELORRIO	-2.5585	43.1306	170	EUSKALMET
C042	PUNTA GALEA (FARO)	-3.0361	43.3752	61	EUSKALMET
B092	ROMPEOLAS (BERMEO)	-2.7098	43.4243	0	EUSKALMET
B097	BOYA DE HONDARRIBIA	-1.7896	43.3901	0	EUSKALMET
B094	GETARIA	-2.1968	43.3075	0	EUSKALMET
G060	PÁGANOS	-2.6006	42.5605	577	EUSKALMET
G061	ARBOLEDA	-3.0675	43.2967	329	EUSKALMET
G034	ESPEJO	-3.0410	42.8078	504	EUSKALMET
C020	VENTAS DE ARMENTIA	-2.7014	42.7199	578	EUSKALMET
C064	ZARAUTZ (CAMPING)	-2.1454	43.2930	80	EUSKALMET
C025	BELUNTZA	-2.8936	42.9635	687	EUSKALMET
C041	NAVARRETE	-2.5232	42.6380	689	EUSKALMET
C071	JAIZKIBEL (REPETIDOR)	-1.8597	43.3446	545	EUSKALMET
C048	HERRERA (PUERTO)	-2.6762	42.5978	1188	EUSKALMET
C054	OTXANDIO	-2.6576	43.0423	556	EUSKALMET
C019	MATXITXAKO (REPETIDOR)	-2.7636	43.4395	433	EUSKALMET
C056	ALEGRÍA (CANAL)	-2.5240	42.8447	545	EUSKALMET
C070	ZALDIARAN (REPETIDOR)	-2.7364	42.7966	980	EUSKALMET
C023	ARRASATE - MONDRAGÓN	-2.4931	43.0715	318	EUSKALMET
C001	ARKAUTE I (GRANJA)	-2.6270	42.8538	517	EUSKALMET
C045	LA GARBEA (REPETIDOR)	-3.1937	43.2170	717	EUSKALMET
C033	IGORRE (DEPÓSITO)	-2.7842	43.1686	150	EUSKALMET
C036	IURRETA	-2.6220	43.1769	175	EUSKALMET
C0D1	ZUBILLAGA (OÑATI)	-2.4376	43.0621	195	EUSKALMET
C051	SARATXO (NERBIOI)	-3.0040	43.0342	230	EUSKALMET
C0F4	OIARTZUN	-1.8846	43.3087	53	EUSKALMET
C072	ORDUÑA (REPETIDOR)	-3.0373	42.9837	934	EUSKALMET
C0C1	ARANGUREN (KADAGUA)	-3.1276	43.2137	92	EUSKALMET
C029	GRANJA FRAISORO	-2.0618	43.1901	149	EUSKALMET
C069	ALMIKE	-2.7323	43.4137	106	EUSKALMET
C046	OIZ (REPETIDOR)	-2.5954	43.2304	980	EUSKALMET
C0F0	EREÑOZU (URUMEA)	-1.9392	43.2420	25	EUSKALMET
C035	ALTUBE (PEAJE)	-2.8680	42.9661	618	EUSKALMET
C0E9	ALEGIA (ORIA)	-2.1049	43.1018	90	EUSKALMET
C058	BIDANIA (DEPÓSITO)	-2.1550	43.1460	592	EUSKALMET
C0EC	LASARTE	-2.0211	43.2527	18	EUSKALMET
C080	AÑARBE	-1.8498	43.2276	184	EUSKALMET
C0BE	BERRIATUA	-2.4762	43.3063	25	EUSKALMET
C0B4	OROZKO (ALTUBE)	-2.9154	43.0864	200	EUSKALMET
C0E1	AMUNDARAIN	-2.1509	43.0335	111	EUSKALMET

C061	ARBOLEDA	-3.0675	43.2967	329	EUSKALMET
C0C2	BALMASEDA (KADAGUA)	-3.2191	43.1771	178	EUSKALMET
C0C3	SODUPE-CADAGUA	-3.0493	43.2045	80	EUSKALMET
C079	AMOREBIETA (IBAIZABAL)	-2.7330	43.2185	65	EUSKALMET
C0DD	AIZARNAZABAL (UROLA)	-2.2422	43.2553	25	EUSKALMET
C0BA	OLETA	-2.5088	43.3448	14	EUSKALMET
C0E5	AGAUNTZA (AGAUNTZA)	-2.1775	43.0179	180	EUSKALMET
C0B3	URKIZU (ARRATIA)	-2.7721	43.1849	75	EUSKALMET
C022	URKIOLA (PUERTO)	-2.6466	43.1020	709	EUSKALMET
C044	GORBEA (EMBALSE)	-2.7352	42.9995	662	EUSKALMET
C0DC	IBAI EDER (IBAI EDER)	-2.2560	43.1751	90	EUSKALMET
C050	ZAMBRANA (PEAJE)	-2.8869	42.6751	470	EUSKALMET
C027	LLODIO (DEPURADORA)	-2.9508	43.1423	207	EUSKALMET
C003	DERIO (GRANJA)	-2.8734	43.2931	30	EUSKALMET
C0B7	MAÑARIA (IZURTZA)	-2.6466	43.1437	168	EUSKALMET
C039	DEUSTO	-2.9679	43.2834	3	EUSKALMET
C055	OZAETA (BARRUNDIA)	-2.4931	42.9130	548	EUSKALMET
C057	MUNGIA (DEPURADORA)	-2.8470	43.3630	22	EUSKALMET
C049	SUBIJANA (PEAJE)	-2.8933	42.8196	537	EUSKALMET
C067	GARDEA (NERBIOI)	-2.9803	43.1272	141	EUSKALMET
C024	ITURRIETA (GRANJA)	-2.3458	42.7955	987	EUSKALMET
C077	ANDOAIN (LEITZARAN)	-2.0156	43.2109	52	EUSKALMET
C0DB	AITZU (ALTO UROLA)	-2.3230	43.1141	312	EUSKALMET
C018	HIGER	-1.7962	43.3933	43	EUSKALMET
C0D2	SAN PRUDENTZIO (DEBA)	-2.4475	43.0835	175	EUSKALMET
C059	ORDUNTE (EMBALSE)	-3.2840	43.1623	300	EUSKALMET
C0D3	AIXOLA (EMBALSE)	-2.5012	43.1547	320	EUSKALMET
C0C4	SODUPE-HERRERIAS	-3.0446	43.2024	70	EUSKALMET
C017	MIRAMON	-1.9712	43.2888	113	EUSKALMET
C0B1	ABUSU (NERBIOI)	-2.9136	43.2474	23	EUSKALMET
C078	ALTZOLA (DEBA)	-2.3978	43.2419	17	EUSKALMET
C0B2	ZARATAMO (NERBIOI)	-2.8794	43.2200	65	EUSKALMET
C0B6	BERNA (IBAIZABAL)	-2.6724	43.1871	95	EUSKALMET
C0DE	MATXINBENTA	-2.2351	43.1135	250	EUSKALMET
C002	ARTEAGA	-2.6571	43.3490	19	EUSKALMET
C052	AMERAUN	-1.9509	43.1417	285	EUSKALMET
C0E8	ARAXES	-2.0477	43.1148	141	EUSKALMET
C0B8	LARRAINAZUBI	-2.9993	43.3463	7	EUSKALMET
C0BD	IRUZUBIETA	-2.5260	43.2584	110	EUSKALMET
C0AA	ETURA	-2.5036	42.8878	549	EUSKALMET
C0B0	LA MERCED	-2.9268	43.2596	680	EUSKALMET
C031	MOREDA	-2.4102	42.5303	490	EUSKALMET
C032	ARETA	-2.9353	43.1394	122	EUSKALMET
C085	EIBAR	-2.4542	43.1921	106	EUSKALMET
C008	ZEANURI	-2.7499	43.1005	170	EUSKALMET
C006	MARKINA	-2.4957	43.2675	83	EUSKALMET
C00A	KM	-2.3415	42.6754	550	EUSKALMET
C0A0	SARRIA	-2.8302	42.9798	655	EUSKALMET
C075	EITZAGA	-2.5010	43.1761	270	EUSKALMET
C007	SANTA CLARA	-1.9983	43.3238	48	EUSKALMET
C0B9	SANGRONIZ	-2.9308	43.2893	10	EUSKALMET
C082	TXOMIN ENEA	-1.9620	43.3076	17	EUSKALMET
C081	MARTUTENE	-1.9563	43.2970	38	EUSKALMET
C083	JAIZUBIA	-1.8214	43.3402	122	EUSKALMET

C084	BEHOBIA	-1.7612	43.3460	5	EUSKALMET
C004	BAKIO	-2.8124	43.4188	12	EUSKALMET
C005	GATIKA	-2.9083	43.3743	11	EUSKALMET
C066	UNTZUETA	-2.9071	43.1392	764	EUSKALMET
E001	EMBALSE DE UNDURRUGA	-2.7411	43.0783	218	EUSKALMET

Tabla 4. Identificación de estaciones meteorológicas finalmente utilizadas para la obtención del atlas climático de temperaturas (máxima, mínima y media) de la CAPV de alta resolución espacial (~1km²).

Código	Longitud (°, WGS84)	Latitud (°, WGS84)	Altitud (m)	Fuente
1001	-1.5492	43.2922	120	AEMET
1002E	-1.6122	43.1389	146	AEMET
1006	-1.6639	43.1294	131	AEMET
1007	-1.6728	43.1644	120	AEMET
1009	-1.6431	43.2342	93	AEMET
1010U	-1.6758	43.2806	35	AEMET
1011I	-1.7042	43.2453	75	AEMET
1012	-1.7742	43.2722	225	AEMET
1014	-1.7903	43.3567	8	AEMET
1016	-1.8047	43.2847	280	AEMET
1020	-1.8536	43.1686	320	AEMET
1020I	-1.8769	43.2083	70	AEMET
1021	-1.7967	43.2133	305	AEMET
1021E	-1.8797	43.2111	120	AEMET
1024	-1.9506	43.3222	8	AEMET
1024E	-2.0394	43.3075	252	AEMET
1026A	-2.1858	43.0564	195	AEMET
1026B	-2.1097	42.9758	745	AEMET
1029C	-1.9219	43.0225	545	AEMET
1029E	-1.9769	43.0242	237	AEMET
1032V	-1.8853	43.0892	670	AEMET
1033E	-1.9494	43.0861	520	AEMET
1033U	-1.9903	43.2319	75	AEMET
1035	-2.0211	43.2742	85	AEMET
1035U	-2.1669	43.2486	320	AEMET
1036O	-2.3428	43.0125	501	AEMET
1037	-2.3344	43.0583	402	AEMET
1046	-2.3964	42.9792	770	AEMET
1048	-2.4711	43.0244	335	AEMET
1049	-2.4261	43.1306	205	AEMET
1049O	-2.5072	43.1639	262	AEMET
1049U	-2.5081	43.1911	240	AEMET
1050	-2.4706	43.1856	121	AEMET
1059	-3.0194	43.375	90	AEMET
1060	-3.0061	43.0514	219	AEMET
1070	-2.6131	43.1417	160	AEMET
1075E	-2.7894	43.1486	98	AEMET
1077P	-3.2839	43.0986	312	AEMET
1078E	-3.1894	43.2028	320	AEMET
1081U	-2.8669	43.3008	67	AEMET
1082	-2.9058	43.2981	39	AEMET
1083	-3.2186	43.24	220	AEMET
1083G	-3.1742	43.3556	80	AEMET
1083I	-3.2158	43.3861	16	AEMET
1086	-3.4103	43.4056	80	AEMET
1087	-3.4269	43.3611	29	AEMET
1089	-3.5958	43.2736	140	AEMET
1092A	-3.4658	43.2528	84	AEMET

1093	-3.3597	43.2217	220	AEMET
1095C	-3.4547	43.3167	80	AEMET
1096U	-3.4686	43.4	1	AEMET
1097	-3.4603	43.4417	7	AEMET
9037	-3.4131	42.7306	598	AEMET
9044	-3.5006	42.945	595	AEMET
9046	-3.5567	43.0758	762	AEMET
9051	-3.4781	42.9275	601	AEMET
9060D	-3.23	42.8783	911	AEMET
9062V	-3.1028	42.8486	590	AEMET
9069	-2.9556	42.6783	520	AEMET
9072G	-2.9031	42.9542	634	AEMET
9072X	-2.9297	42.6833	458	AEMET
9074A	-2.3931	42.8536	590	AEMET
9082T	-2.5	42.825	599	AEMET
9084U	-2.6414	42.8797	515	AEMET
9085C	-2.6728	42.8889	563	AEMET
9086	-2.6247	42.8522	515	AEMET
9103	-2.7142	42.6439	744	AEMET
9115I	-2.9603	42.5403	519	AEMET
9118	-2.9214	42.4406	638	AEMET
9121	-2.8519	42.575	479	AEMET
9138Z	-2.7589	42.3322	575	AEMET
9139	-2.7233	42.3519	690	AEMET
9145	-2.6467	42.4817	437	AEMET
9145A	-2.6425	42.4822	430	AEMET
9145F	-2.6367	42.5675	575	AEMET
9146	-2.6208	42.4008	650	AEMET
9146I	-2.5828	42.5542	620	AEMET
9148	-2.4575	42.475	379	AEMET
9160I	-2.3739	42.5125	430	AEMET
9170	-2.3308	42.4517	352	AEMET
9171C	-2.2525	42.6206	594	AEMET
9171I	-2.1947	42.5692	446	AEMET
9176U	-2.3925	42.6431	630	AEMET
9178C	-2.3447	42.6717	578	AEMET
9178H	-2.2503	42.7111	579	AEMET
9178O	-2.0831	42.6464	522	AEMET
9179	-2.2528	42.7789	771	AEMET
9179U	-2.0725	42.7175	495	AEMET
9180E	-2.0389	42.675	490	AEMET
9182E	-2.1678	42.8219	888	AEMET
9182I	-2.0883	42.5919	572	AEMET
9269	-2.1817	42.8889	525	AEMET
9271A	-1.8981	42.9931	580	AEMET
9274U	-1.8328	42.9186	442	AEMET
9275B	-1.9033	42.8522	865	AEMET
9091O	-2.7228	42.8839	508	AEMET
C037	-2.89976	43.2165	162	EUSKALMET
C038	-2.99878	43.3062	5	EUSKALMET
C065	-3.40713	43.2112	677	EUSKALMET
C063	-2.68914	43.2897	16	EUSKALMET
C021	-2.371	42.7837	980	EUSKALMET
C053	-2.71048	43.0703	608	EUSKALMET

C030	-2.39538	42.8582	589	EUSKALMET
C043	-2.17755	43.0484	243	EUSKALMET
C076	-2.66879	42.8755	510	EUSKALMET
C0EA	-2.04845	43.1424	105	EUSKALMET
C026	-1.98168	43.1248	379	EUSKALMET
C028	-2.29852	42.9588	520	EUSKALMET
C0E7	-2.21877	43.052	195	EUSKALMET
C0D0	-2.47239	43.013	340	EUSKALMET
C074	-2.55853	43.1306	170	EUSKALMET
G060	-2.60055	42.5605	577	EUSKALMET
G034	-3.04103	42.8078	504	EUSKALMET
C020	-2.70141	42.7199	578	EUSKALMET
C025	-2.89361	42.9635	687	EUSKALMET
C041	-2.52321	42.638	689	EUSKALMET
C054	-2.65763	43.0423	556	EUSKALMET
C019	-2.7636	43.4395	433	EUSKALMET
C056	-2.52402	42.8447	545	EUSKALMET
C023	-2.49308	43.0715	318	EUSKALMET
C001	-2.62701	42.8538	517	EUSKALMET
C045	-3.19368	43.217	717	EUSKALMET
C033	-2.7842	43.1686	150	EUSKALMET
C036	-2.622	43.1769	175	EUSKALMET
C0D1	-2.43755	43.0621	195	EUSKALMET
C051	-3.00398	43.0342	230	EUSKALMET
C0F4	-1.88459	43.3087	53	EUSKALMET
C0C1	-3.12755	43.2137	92	EUSKALMET
C029	-2.06181	43.1901	149	EUSKALMET
C069	-2.73229	43.4137	106	EUSKALMET
C0F0	-1.93922	43.242	25	EUSKALMET
C035	-2.86795	42.9661	618	EUSKALMET
C0E9	-2.10488	43.1018	90	EUSKALMET
C058	-2.15502	43.146	592	EUSKALMET
C0EC	-2.02109	43.2527	18	EUSKALMET
C080	-1.84981	43.2276	184	EUSKALMET
C0B4	-2.91543	43.0864	200	EUSKALMET
C0E1	-2.15086	43.0335	111	EUSKALMET
C061	-3.06747	43.2967	329	EUSKALMET
C0C2	-3.21913	43.1771	178	EUSKALMET
C079	-2.73304	43.2185	65	EUSKALMET
C0DD	-2.24219	43.2553	25	EUSKALMET
C0E5	-2.17748	43.0179	180	EUSKALMET
C0B3	-2.7721	43.1849	75	EUSKALMET
C022	-2.64658	43.102	709	EUSKALMET
C044	-2.73515	42.9995	662	EUSKALMET
C0DC	-2.25601	43.1751	90	EUSKALMET
C050	-2.8869	42.6751	470	EUSKALMET
C027	-2.95079	43.1423	207	EUSKALMET
C003	-2.87342	43.2931	30	EUSKALMET
C0B7	-2.64657	43.1437	168	EUSKALMET
C039	-2.96791	43.2834	3	EUSKALMET
C055	-2.49313	42.913	548	EUSKALMET
C057	-2.84702	43.363	22	EUSKALMET
C049	-2.89328	42.8196	537	EUSKALMET
C067	-2.98025	43.1272	141	EUSKALMET

C024	-2.34575	42.7955	987	EUSKALMET
C077	-2.01559	43.2109	52	EUSKALMET
C0DB	-2.323	43.1141	312	EUSKALMET
C018	-1.79615	43.3933	43	EUSKALMET
C0D2	-2.44745	43.0835	175	EUSKALMET
C059	-3.28404	43.1623	300	EUSKALMET
C0D3	-2.50123	43.1547	320	EUSKALMET
C0C4	-3.04461	43.2024	70	EUSKALMET
C017	-1.97121	43.2888	113	EUSKALMET
C0B1	-2.91364	43.2474	23	EUSKALMET
C078	-2.39784	43.2419	17	EUSKALMET
C0B2	-2.87935	43.22	65	EUSKALMET
C0B6	-2.67238	43.1871	95	EUSKALMET
C0DE	-2.23513	43.1135	250	EUSKALMET
C002	-2.65714	43.349	19	EUSKALMET
C052	-1.95085	43.1417	285	EUSKALMET
C0E8	-2.04772	43.1148	141	EUSKALMET
C0AA	-2.50361	42.8878	549	EUSKALMET
C031	-2.41023	42.5303	490	EUSKALMET
C032	-2.93531	43.1394	122	EUSKALMET
C0A0	-2.8302	42.9798	655	EUSKALMET
C007	-1.99834	43.3238	48	EUSKALMET
C0B9	-2.9308	43.2893	10	EUSKALMET
C084	-1.76117	43.346	5	EUSKALMET

Tabla 5. Identificación de estaciones meteorológicas finalmente utilizadas para la obtención del atlas climático de precipitación de la CAPV de alta resolución espacial (~1km²).

Código	Longitud (°, WGS84)	Latitud (°, WGS84)	Altitud (m)	Fuente
1001	-1.5492	43.2922	120	AEMET
1002E	-1.6122	43.1389	146	AEMET
1006	-1.6639	43.1294	131	AEMET
1007	-1.6728	43.1644	120	AEMET
1009	-1.6431	43.2342	93	AEMET
1010U	-1.6758	43.2806	35	AEMET
1011I	-1.7042	43.2453	75	AEMET
1012	-1.7742	43.2722	225	AEMET
1014	-1.7903	43.3567	8	AEMET
1016	-1.8047	43.2847	280	AEMET
1020	-1.8536	43.1686	320	AEMET
1020I	-1.8769	43.2083	70	AEMET
1021	-1.7967	43.2133	305	AEMET
1021E	-1.8797	43.2111	120	AEMET
1024	-1.9506	43.3222	8	AEMET
1024E	-2.0394	43.3075	252	AEMET
1025N	-2.2381	43.0728	255	AEMET
1026A	-2.1858	43.0564	195	AEMET
1026B	-2.1097	42.9758	745	AEMET
1029C	-1.9219	43.0225	545	AEMET
1029E	-1.9769	43.0242	237	AEMET
1031	-2.0019	43.1389	256	AEMET
1032V	-1.8853	43.0892	670	AEMET
1033E	-1.9494	43.0861	520	AEMET
1033U	-1.9903	43.2319	75	AEMET
1035	-2.0211	43.2742	85	AEMET
1035U	-2.1669	43.2486	320	AEMET
1036O	-2.3428	43.0125	501	AEMET
1037	-2.3344	43.0583	402	AEMET
1041	-2.2583	43.2972	200	AEMET
1044D	-2.5894	43.0653	619	AEMET
1046	-2.3964	42.9792	770	AEMET
1048	-2.4711	43.0244	335	AEMET
1049	-2.4261	43.1306	205	AEMET
1049O	-2.5072	43.1639	262	AEMET
1049U	-2.5081	43.1911	240	AEMET
1050	-2.4706	43.1856	121	AEMET
1050L	-2.4183	43.2158	50	AEMET
1055A	-2.5061	43.3639	15	AEMET
1057E	-2.8158	43.4236	40	AEMET
1059	-3.0194	43.3750	90	AEMET
1060	-3.0061	43.0514	219	AEMET
1070	-2.6131	43.1417	160	AEMET
1075E	-2.7894	43.1486	98	AEMET
1077P	-3.2839	43.0986	312	AEMET
1078E	-3.1894	43.2028	320	AEMET
1081U	-2.8669	43.3008	67	AEMET
1082	-2.9058	43.2981	39	AEMET
1083	-3.2186	43.2400	220	AEMET

1083G	-3.1742	43.3556	80	AEMET
1083I	-3.2158	43.3861	16	AEMET
1084F	-3.3269	43.3556	77	AEMET
1086	-3.4103	43.4056	80	AEMET
1087	-3.4269	43.3611	29	AEMET
1089	-3.5958	43.2736	140	AEMET
1089A	-3.6019	43.2722	160	AEMET
1090E	-3.4742	43.1889	521	AEMET
1092A	-3.4658	43.2528	84	AEMET
1093	-3.3597	43.2217	220	AEMET
1095C	-3.4547	43.3167	80	AEMET
1095E	-3.4325	43.3375	25	AEMET
1096U	-3.4686	43.4000	1	AEMET
1097	-3.4603	43.4417	7	AEMET
9036V	-3.3222	42.7136	840	AEMET
9037	-3.4131	42.7306	598	AEMET
9044	-3.5006	42.9450	595	AEMET
9046	-3.5567	43.0758	762	AEMET
9047C	-3.4833	43.0147	660	AEMET
9048	-3.3936	43.0411	693	AEMET
9048A	-3.3844	43.0422	690	AEMET
9048O	-3.3158	43.0000	736	AEMET
9051	-3.4781	42.9275	601	AEMET
9051U	-3.4219	42.8611	598	AEMET
9052	-3.4172	42.8403	559	AEMET
9052U	-3.3908	42.8022	551	AEMET
9054	-3.2472	42.9919	653	AEMET
9054A	-3.2417	42.9708	630	AEMET
9055	-3.1228	42.9672	800	AEMET
9055O	-3.1875	42.9583	703	AEMET
9056	-3.3303	42.9178	645	AEMET
9058U	-3.2956	42.7619	580	AEMET
9059O	-3.2617	42.7861	520	AEMET
9060	-3.2297	42.8236	697	AEMET
9060D	-3.2300	42.8783	911	AEMET
9062O	-3.1397	42.8525	603	AEMET
9062V	-3.1028	42.8486	590	AEMET
9063I	-3.0603	42.9183	624	AEMET
9063O	-3.0644	42.8908	575	AEMET
9064	-2.9881	42.8019	566	AEMET
9064A	-2.9836	42.7978	620	AEMET
9064I	-3.0489	42.8092	500	AEMET
9065I	-3.0472	42.7500	473	AEMET
9065M	-3.0589	42.7158	507	AEMET
9067U	-3.2058	42.6403	684	AEMET
9069	-2.9556	42.6783	520	AEMET
9072G	-2.9031	42.9542	634	AEMET
9072I	-2.9094	42.8894	604	AEMET
9072X	-2.9297	42.6833	458	AEMET
9073I	-2.3592	42.8269	674	AEMET
9074A	-2.3931	42.8536	590	AEMET
9074C	-2.3928	42.9122	638	AEMET
9074O	-2.4869	42.8825	580	AEMET
9076G	-2.6358	42.9000	540	AEMET

9077E	-2.6561	43.0406	559	AEMET
9078	-2.6297	42.9925	600	AEMET
9080	-2.6508	42.9583	540	AEMET
9081	-2.6508	42.9025	527	AEMET
9082T	-2.5000	42.8250	599	AEMET
9084U	-2.6414	42.8797	515	AEMET
9085C	-2.6728	42.8889	563	AEMET
9085I	-2.6186	42.8186	575	AEMET
9086	-2.6247	42.8522	515	AEMET
9088O	-2.7347	42.8561	500	AEMET
9089C	-2.7372	42.9769	618	AEMET
9092C	-2.7806	42.8758	521	AEMET
9094U	-2.8728	42.7231	467	AEMET
9095	-2.5675	42.6531	785	AEMET
9095E	-2.5436	42.7269	774	AEMET
9097O	-2.7261	42.7667	640	AEMET
9103	-2.7142	42.6439	744	AEMET
9103I	-2.7833	42.6492	578	AEMET
9103X	-2.8797	42.6611	459	AEMET
9113I	-3.0964	42.5472	675	AEMET
9113U	-3.0478	42.5028	578	AEMET
9115I	-2.9603	42.5403	519	AEMET
9118	-2.9214	42.4406	638	AEMET
9118E	-2.9303	42.5117	540	AEMET
9121	-2.8519	42.5750	479	AEMET
9121B	-2.8561	42.5811	479	AEMET
9121E	-2.8811	42.5161	563	AEMET
9138Z	-2.7589	42.3322	575	AEMET
9139	-2.7233	42.3519	690	AEMET
9145	-2.6467	42.4817	437	AEMET
9145A	-2.6425	42.4822	430	AEMET
9145E	-2.6194	42.5167	460	AEMET
9145F	-2.6367	42.5675	575	AEMET
9146	-2.6208	42.4008	650	AEMET
9146I	-2.5828	42.5542	620	AEMET
9146V	-2.5728	42.4936	400	AEMET
9147M	-2.5033	42.4578	445	AEMET
9148	-2.4575	42.4750	379	AEMET
9160	-2.4058	42.4658	370	AEMET
9160I	-2.3739	42.5125	430	AEMET
9170	-2.3308	42.4517	352	AEMET
9171C	-2.2525	42.6206	594	AEMET
9171I	-2.1947	42.5692	446	AEMET
9175	-2.5856	42.6250	756	AEMET
9176	-2.4975	42.6258	740	AEMET
9176U	-2.3925	42.6431	630	AEMET
9178	-2.3336	42.7528	816	AEMET
9178C	-2.3447	42.6717	578	AEMET
9178H	-2.2503	42.7111	579	AEMET
9178O	-2.0831	42.6464	522	AEMET
9179	-2.2528	42.7789	771	AEMET
9179U	-2.0725	42.7175	495	AEMET
9180E	-2.0389	42.6750	490	AEMET
9182E	-2.1678	42.8219	888	AEMET

9182I	-2.0883	42.5919	572	AEMET
9269	-2.1817	42.8889	525	AEMET
9271A	-1.8981	42.9931	580	AEMET
9274U	-1.8328	42.9186	442	AEMET
9275B	-1.9033	42.8522	865	AEMET
9091O	-2.7228	42.8839	508	AEMET
C037	-2.8998	43.2165	162	EUSKALMET
C038	-2.9988	43.3062	5	EUSKALMET
C065	-3.4071	43.2112	677	EUSKALMET
C063	-2.6891	43.2897	16	EUSKALMET
C021	-2.3710	42.7837	980	EUSKALMET
C053	-2.7105	43.0703	608	EUSKALMET
C030	-2.3954	42.8582	589	EUSKALMET
C043	-2.1776	43.0484	243	EUSKALMET
C076	-2.6688	42.8755	510	EUSKALMET
C0EA	-2.0485	43.1424	105	EUSKALMET
C026	-1.9817	43.1248	379	EUSKALMET
C028	-2.2985	42.9588	520	EUSKALMET
C0E7	-2.2188	43.0520	195	EUSKALMET
C0D0	-2.4724	43.0130	340	EUSKALMET
C074	-2.5585	43.1306	170	EUSKALMET
G060	-2.6006	42.5605	577	EUSKALMET
G034	-3.0410	42.8078	504	EUSKALMET
C020	-2.7014	42.7199	578	EUSKALMET
C025	-2.8936	42.9635	687	EUSKALMET
C041	-2.5232	42.6380	689	EUSKALMET
C054	-2.6576	43.0423	556	EUSKALMET
C019	-2.7636	43.4395	433	EUSKALMET
C056	-2.5240	42.8447	545	EUSKALMET
C023	-2.4931	43.0715	318	EUSKALMET
C001	-2.6270	42.8538	517	EUSKALMET
C045	-3.1937	43.2170	717	EUSKALMET
C033	-2.7842	43.1686	150	EUSKALMET
C036	-2.6220	43.1769	175	EUSKALMET
C0D1	-2.4376	43.0621	195	EUSKALMET
C051	-3.0040	43.0342	230	EUSKALMET
C0F4	-1.8846	43.3087	53	EUSKALMET
C0C1	-3.1276	43.2137	92	EUSKALMET
C029	-2.0618	43.1901	149	EUSKALMET
C069	-2.7323	43.4137	106	EUSKALMET
C0F0	-1.9392	43.2420	25	EUSKALMET
C035	-2.8680	42.9661	618	EUSKALMET
C0E9	-2.1049	43.1018	90	EUSKALMET
C058	-2.1550	43.1460	592	EUSKALMET
C0EC	-2.0211	43.2527	18	EUSKALMET
C080	-1.8498	43.2276	184	EUSKALMET
C0B4	-2.9154	43.0864	200	EUSKALMET
C0E1	-2.1509	43.0335	111	EUSKALMET
C061	-3.0675	43.2967	329	EUSKALMET
C0C2	-3.2191	43.1771	178	EUSKALMET
C079	-2.7330	43.2185	65	EUSKALMET
C0DD	-2.2422	43.2553	25	EUSKALMET
C0E5	-2.1775	43.0179	180	EUSKALMET
C0B3	-2.7721	43.1849	75	EUSKALMET

C022	-2.6466	43.1020	709	EUSKALMET
C044	-2.7352	42.9995	662	EUSKALMET
C0DC	-2.2560	43.1751	90	EUSKALMET
C050	-2.8869	42.6751	470	EUSKALMET
C027	-2.9508	43.1423	207	EUSKALMET
C003	-2.8734	43.2931	30	EUSKALMET
C0B7	-2.6466	43.1437	168	EUSKALMET
C039	-2.9679	43.2834	3	EUSKALMET
C055	-2.4931	42.9130	548	EUSKALMET
C057	-2.8470	43.3630	22	EUSKALMET
C049	-2.8933	42.8196	537	EUSKALMET
C067	-2.9803	43.1272	141	EUSKALMET
C024	-2.3458	42.7955	987	EUSKALMET
C077	-2.0156	43.2109	52	EUSKALMET
C0DB	-2.3230	43.1141	312	EUSKALMET
C018	-1.7962	43.3933	43	EUSKALMET
C0D2	-2.4475	43.0835	175	EUSKALMET
C059	-3.2840	43.1623	300	EUSKALMET
C0D3	-2.5012	43.1547	320	EUSKALMET
C0C4	-3.0446	43.2024	70	EUSKALMET
C017	-1.9712	43.2888	113	EUSKALMET
C0B1	-2.9136	43.2474	23	EUSKALMET
C078	-2.3978	43.2419	17	EUSKALMET
C0B2	-2.8794	43.2200	65	EUSKALMET
C0B6	-2.6724	43.1871	95	EUSKALMET
C0DE	-2.2351	43.1135	250	EUSKALMET
C002	-2.6571	43.3490	19	EUSKALMET
C052	-1.9509	43.1417	285	EUSKALMET
C0E8	-2.0477	43.1148	141	EUSKALMET
C0AA	-2.5036	42.8878	549	EUSKALMET
C031	-2.4102	42.5303	490	EUSKALMET
C032	-2.9353	43.1394	122	EUSKALMET
C0A0	-2.8302	42.9798	655	EUSKALMET
C007	-1.9983	43.3238	48	EUSKALMET
C0B9	-2.9308	43.2893	10	EUSKALMET
C084	-1.7612	43.3460	5	EUSKALMET



Herri-baltzua

Sociedad Pública del

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

INGURUMEN, LURRALDE PLANGINTZA
ETA ETXEBIZITZA SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y VIVIENDA

www.ihobe.eus

www.ingurumena.eus